

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ШИ ЮНЦЗИН

**ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
ТРУДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИТАЯ**

**Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика:
Экономика народонаселения и экономика труда**

**ДИССЕРТАЦИЯ НА СОИСКАНИЕ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ЭКОНОМИЧЕСКИХ НАУК**

**Научный руководитель
Кандидат экономических наук, доцент
Скачкова Л.С.**

Ростов-на-Дону – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	18
1.1 Основные понятия.....	18
1.1.1 Определение и показатели измерения цифровых технологий.....	18
1.1.2 Понятие и показатели измерения эффективности распределения трудовых ресурсов.....	21
1.1.3 Понятие и показатели измерения производительности труда.....	22
1.1.4 Понятие и показатели измерения цифровой трансформации предприятий.....	22
1.2 Смежные теории.....	25
1.2.1 Теория спроса и предложения рабочей силы.....	25
1.2.2 Теория поиска и подбора рабочей силы.....	26
1.2.3 Теория технологических дивидендов.....	27
1.2.4 Теория технологических инноваций.....	29
1.2.5 Цифровая трансформация предприятий.....	31
1.3 Обзор литературы.....	37
1.3.1 Влияние цифровых технологий.....	37
1.3.2 Литература, посвящённая вопросам производительности труда.....	42
1.3.3 Цифровизация и производительность труда.....	52
1.3.4 Цифровая трансформация малых и средних предприятий (МСП).....	59
1.3.5 Цифровая трансформация листинговых компаний.....	62
1.3.6 Анализ механизма влияния цифровых технологий на производительность труда.....	66
ГЛАВА 2: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА.....	75
2.1 Факторы, показатели и методика расчета.....	75
2.1.1 Факторы, влияющие на цифровые технологии.....	75
2.1.2 Инфраструктура цифровых технологий.....	75
2.1.3 Факторы производства цифровых технологий.....	76

2.1.4	Технология применения цифровых технологий.....	77
2.1.5	Определение веса и метод комплексной оценки индекса цифровых технологий	78
2.1.6	Этапы расчета индекса цифровых технологий.....	79
2.2	Современное состояние цифровых технологий в промышленности Китая ..	82
2.2.1	Описание данных и метод измерения	82
2.2.2	Развитие цифровых технологий.....	83
2.2.3	Анализ состояния цифровых технологий на уровне провинций.....	90
2.3	Анализ текущей производительности труда в китайской промышленности	97
2.3.1	Описание данных и метод измерения	101
2.3.2	Анализ национальной производительности труда.....	101
2.3.3	Анализ региональной производительности труда	104
ГЛАВА 3: ЭМПИРИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА.....		108
3.1	Влияние цифровых технологий на производительность труда на уровне провинции	108
3.1.1	Выбор переменных и статистическое описание	110
3.1.2	Эмпирический анализ базовой модели	112
3.1.3	Тестирование эффекта опосредования.....	117
3.1.4	Анализ гетерогенности	121
3.1.5	Выводы	125
3.2	Влияние цифровой трансформации на производительность труда листинговых компаний	130
3.2.1	Теоретический анализ и гипотезы исследования.....	131
3.2.2	Разработка исследования	135
3.2.3	Анализ эмпирических результатов	137
3.2.4	Расширенный анализ: цифровая трансформация и производительность труда с точки зрения внутренней и внешней поддержки.....	145
3.2.5	Выводы	148
3.3	Влияние цифровой трансформации на производительность труда в малых и средних предприятиях (МСП)	149
3.3.1	Механизмы воздействия и гипотезы исследования	152
3.3.2	Разработка исследования	156
3.3.3	Эмпирические результаты	163

3.3.4 Выводы	173
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	176
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	181

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. К настоящему времени Китай быстро превратился во вторую экономику мира, воспользовавшись преимуществами низкой стоимости рабочей силы и наличия огромного трудового потенциала. Однако в последние годы стоимость рабочей силы в Китае постоянно растет; в то же время страна сталкивается с такими проблемами старения населения, снижения доходности капитала, избытка производственных мощностей и экологическими рисками. В этой связи, прежняя модель развития, обусловленная факторами роста (дешевая рабочая сила, заниженный курс юаня, политика «технология в обмен на рынок», устойчивость политического курса и др.) и способствующая подъему Китая, уже не может характеризоваться как устойчивая. Следовательно, необходим переход к совершенно новой модели развития, связанной с повышением качества экономического роста и основанной на инновациях. Решительно поддерживая новую стратегию развития, правительство Китая посредством политических мер предпринимает успешные попытки направлять и поощрять интеграцию цифровой экономики с традиционной реальной экономикой. Среди таких инициатив: проект «Интернет+», включённый в отчет о работе правительства, разработка плана развития цифровой экономики на национальном уровне. В 2019 году масштабы цифровой экономики Китая выросли в 16 раз по сравнению с 2005 годом, а ее доля в ВВП в 2,5 раза превысила показатель 2005 года.

В трудах отечественных и зарубежных учёных проблеме взаимосвязи цифровых технологий и производительности труда было уделено существенное внимание, тем не менее, единого мнения выработано не было. Существует теория, согласно которой цифровые технологии способны создать новый импульс для экономического развития за счет реорганизации факторов производства, не получившая, однако, подтверждения эмпирическими данными. Некоторые учёные, в том числе Р. Солоу утверждают, что влияние технологий на производительность

труда снижается¹. Другие объясняют это тем, что простое приобретение или инвестирование в цифровые технологии не являются обязательным условием роста производительности труда. Тем не менее, есть исследователи, которые придерживаются позитивной точки зрения, полагая, что цифровые технологии способствуют экономическому росту, и, убедительно доказывая, их содействие повышению производительности труда за счет улучшения организационных возможностей и снижения операционных расходов.

Производительность труда имеет решающее значение для социального благосостояния, обеспечения средств к существованию населения и экономического развития страны. С точки зрения распределения доходов, производительность труда тесно связана с доходами городских и сельских жителей и напрямую влияет на долю их трудовых доходов. В этой связи повышение производительности труда становится насущной необходимостью для достижения качественного экономического и социального развития Китая.

В последние годы, благодаря стремительному развитию цифровой экономики, цифровые технологии стали основной движущей силой экономического и социального развития Китая. Традиционные предприятия используют цифровые технологии для ускорения трансформации в сторону сетевых, интеллектуальных и автоматизированных операций, что вызвало значительную волну цифровизации во всех отраслях. Стремительное развитие цифровизации предприятий привлекает исследователей, разворачиваются жаркие дискуссии об экономических и социальных последствиях цифровизации. Результаты существующих исследований показывают, что цифровая трансформация значительно повышает экономические показатели предприятий и оказывает положительное влияние на долгосрочное финансовое финансирование за счет государственных субсидий, способствует децентрализации, снижению общих и относительных затрат на рабочую силу, повышению эффективности производства и корпоративной социальной

¹ Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // The Quarterly Journal of Economics, 70 (1), 65—94.

ответственности. Как следствие, возникают вопросы относительно того, способствует ли цифровизация предприятий повышению производительности труда, и какие механизмы следует задействовать. В научной литературе данные проблемы не получили однозначного освещения.

Степень разработанности. В настоящее время существует значительный объем исследований, посвященных производительности труда; при этом многие ученые уделяют особое внимание влиянию структуры промышленности на производительность труда в стране и общей факторной производительности. По сравнению с исследованиями общей факторной производительности в исследованиях производительности труда более существенное внимание уделяется структуре рабочей силы. В основных исследованиях структурных преобразований рассматриваются такие аспекты, как технологический прогресс, углубление капитала и потребительские предпочтения. В. Херрендорф и А. Валентини² пришли к выводу, что на общую производительность труда в разных странах оказывают значительное влияние доля занятости в трех основных секторах экономики. Ученые также отмечают замедление роста производительности труда в Китае, сопровождающееся увеличением доли третичного сектора экономики. На примере трехсекторной модели Т. Ян и Х. Цзян³ попытались продемонстрировать, что медленный рост производительности труда в третичном секторе экономики способствовал замедлению роста производительности труда в Китае. Ю. Го и Дж. Ван⁴ обнаружили, что инвестиции в инфраструктуру сдерживают рост доли сектора сферы услуг при увеличении темпов роста производительности труда.

Различных точек зрения придерживаются учёные относительно взаимосвязи между цифровой экономикой и производительностью труда. Так, Э. Лабайе и Ж. Ремес⁵ утверждают, что стремительное развитие цифровых технологий и их

² Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? Journal of the European Economic Association, 10(2), 323-341.

³ Yang, T., & Jiang, X. (2015). Changes in Industrial Structure, Labor Market Distortions, and the Slowdown of China's Labor Productivity Growth. Economic Theory and Economic Management, 292(4), 57-67.

⁴ Guo, Y., & Wang, J. (2019). Infrastructure investment and the change in China's industrial structure. China Economic Review, 58, 101339.

⁵ Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

повсеместное применение в бизнесе, правительстве и частными лицами способствуют последующему росту производительности труда. А. Метляхин и др.⁶ использовали два набора цифровых показателей в построении моделей для разных периодов (2011-2017 гг. и 2006-2017 гг.) и обнаружили, что цифровые факторы не оказывают значимого влияния на производительность труда в регионах в краткосрочном периоде, но большинство цифровых факторов оказывают значимое положительное влияние на производительность труда в долгосрочном периоде.

В научных кругах существуют разные мнения относительно взаимосвязи между технологиями и производительностью труда. Как было отмечено, группа ученых во главе с Р. Солоу⁷, проанализировав конкретные данные, пришли к выводу, что технологии не повышают производительность труда, а скорее оказывают на нее уменьшающееся и постоянно снижающееся влияние. Т. Пол⁸ объяснил это тем, что развитие технологий приводит к появлению новых товаров, изменяя тем самым скорость оборота товаров и в итоге занижая производительность труда. В. А. Мухана и М. Д. Стоел⁹ утверждают, что простая покупка или инвестирование в цифровые технологии не приводят к росту производительности. А. Гамбарделла, П. Джури, А. Луцци¹⁰, однако, утверждают, что цифровые технологии способствуют экономическому росту. Это происходит за счет эффективной организации и координации ресурсов информационных технологий и других ресурсов. В условиях негативных демографических трендов многие страны, особенно развитые, наблюдают спад производительности труда. Д. Чжу, Ю. Лай, Х. Кси¹¹ утверждают, что цифровые технологии стали «панацеей» для стимулирования экономического роста во всем мире. В производстве цифровые технологии позволяют искусно управлять несколькими этапами, сокращать расходы, повышать

⁶ Metlyakhin, A., Serebryakova, A., Shadrina, A., & Tsvetkova, A. (2020). Digitalization and labor productivity: Evidence from Russia. *Problems of Economic Transition*, 63(7), 441-464.

⁷ Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65—94.

⁸ Paul, T. (1999). Does information technology enhance productivity? Federal Reserve Bank of New York, 6(11), 177-185

⁹ Muhanna, W. A., & Stoel, M. D. (2010). Does IT pay to build organizational capabilities? A study of IT-Intensive firms. *MIS Quarterly*, 34(1), 85-102.

¹⁰ Gambardella, A., Giuri, P., & Luzzi, A. (1998). The market for patents in Europe. *Research Policy*, 27(9), 961-976.

¹¹ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

эффективность производства и распределения товаров. С. Чжун, К. Лю, Ю. Ли¹² пришли к выводу, что, с точки зрения транзакций, цифровизация сокращает расходы на связь и логистику, способствуя сближению людей и облегчая беспрепятственную межрегиональную торговлю. Э. Лабайе, Ж. Ремес¹³ отмечали, что развитие цифровых технологий создаёт новые отрасли и перспективы трудоустройства, повышая занятость и стимулируя рост производительности труда. Различия во взглядах на связь между технологиями и производительностью труда продиктованы, прежде всего, временными и пространственными различиями в воздействии технологий на производительность труда. На разных этапах и в разных экономических регионах механизмы влияния технологий на производительность труда отличаются.

Д. Чжу, Ю. Лай, Х. Кси¹⁴ указывают на то, что прямое влияние цифровых технологий на производительность труда заключается в рационализации производственных процессов, оптимизации структур и снижении затрат. В производстве цифровые технологии позволяют предоставлять услуги по обработке данных до и после производства, позволяя, к примеру, отслеживать рыночные тенденции в режиме реального времени до начала производства и улучшая понимание характеристик продукции после его завершения, что позволяет привести выпуск продукции в соответствие с потребностями рынка, минимизировать потери ресурсов и ускорить оборот. В. Дай, Ю. Лю, М. Ляо¹⁵ считают, что цифровые технологии способствуют технологическому прогрессу, повышают производительность и снижают транзакционные издержки, обеспечивая беспрепятственную трансграничную торговлю. Дж. Янг¹⁶ отмечает, что влияние цифровых технологий на производительность труда заключается в их роли в накоплении капитала и совершенствовании специализации труда, что подчеркивает

¹² Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.

¹³ Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

¹⁴ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹⁵ Dai, W. Q., Liu, Y., & Liao, M. Q. (2016). Halo effect: Who is "neglecting their duties" in private enterprises? *Management World*, (5), 87-97

¹⁶ Yang, J. (2018). Including data capital in growth accounting. *Economic Research Journal*, 53(9), 134-147.

их значимость в системе учета экономического роста. Г. Чен, М. Ли, Дж. Лю¹⁷ полагают, что в геометрической прогрессии как информационный капитал продолжают расти данные, ускоряя накопление капитала и способствуя повышению производительности труда на основе интеллекта. Однако важно отметить, что сами по себе данные не способствуют непосредственному повышению производительности; большое значение имеет их эффективное распространение и использование. Р. Гордон¹⁸ заключает, что накопление капитала, обусловленное цифровыми технологиями, распространяется и на традиционные формы, такие как цифровая инфраструктура и компьютерное оборудование.

Неоднозначность результатов исследования влияния цифровых технологий на производительность труда обусловила мотивацию к проведению авторского исследования.

Цель и задачи. Цель диссертации состоит в исследовании влияния цифровых технологий на производительность труда в промышленности Китая на уровне провинций, листинговых компаний, малых и средних частных предприятий. В соответствии с целью были сформулированы следующие задачи:

1) определить и обобщить понятия цифровой технологии и производительности труда;

2) провести обзор существующих исследований в области взаимосвязи цифровых технологий и производительности труда в качестве основы для последующих исследований;

3) проанализировать современное положение дел с цифровыми технологиями и производительностью труда для всестороннего обзора текущей ситуации в Китае;

4) провести эмпирическое исследование взаимосвязи между производительностью труда и цифровизацией, проверить связь между ними на разных уровнях, используя данные китайских провинций, листинговых компаний¹⁹, малых и средних частных предприятий (МСП).

¹⁷ Chen, G., Li, M., & Liu, J. (2019). Data capital and labor productivity. *China Economic Quarterly*, 18(2), 529-552.

¹⁸ Gordon, R. J. (2001). Has the "new economy" rendered the productivity slowdown obsolete? *Economic Policy Review*, 7(1), 21-29.

¹⁹ Листинговая компания — это компания (открытые акционерные общества), акции которой торгуются на публичной фондовой

Объект и предмет. Объектом исследования являются экономические и управленческие аспекты производительности труда в промышленности Китая. Предметом исследования является воздействие цифровых технологий на динамику и рост производительности труда в китайской промышленности.

Область исследований. Работа выполнена в соответствии с паспортом специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика: экономика народонаселения и экономика труда, п. 8.15. Производительность и эффективность труда: сущность, динамика, методы измерения, факторы и резервы повышения. Стимулирование и оплата труда работников.

Научная новизна. В данной работе предлагается новый подход к мониторингу и анализу производительности труда, связанный с учетом влияния цифровых технологий на развитие трудовых ресурсов в Китае. Научная новизна воплощается в следующих положениях:

Во-первых, обнаружен и продемонстрирован рост производительности труда во всех трех регионах Китая (восточном, центральном и западном), коррелирующий с их цифровым развитием. При этом авторский вклад в выявлении этого тренда связан с предложением новой метрики расчета уровня цифровизации, а именно индекса цифровых технологий.

Во-вторых, на основе панельных данных 31 провинции Китая доказано заметное положительное влияние инвестиций в цифровые технологии на производительность труда в промышленности Китая. А именно при каждом увеличении применения цифровых технологий на 1% производительность труда в промышленности соответственно повышается на 3,63%.

В-третьих, на основе экономических данных о деятельности листинговых китайских компаний за период 2007–2020 гг. доказано, что внедрение цифровых технологий значительно повышает производительность труда в государственных структурах, высокотехнологичных фирмах и компаниях, находящихся на стадии роста. При этом цифровая трансформация повышает производительность труда в

бирже. Получение листинга означает, что эти компании выполнили особые требования биржи и предложили хотя бы часть своих акций для публичного обращения.

этих компаниях по двум основным каналам: за счет смягчения финансовых ограничений и укрепления механизмов внутреннего управления.

В-четвертых, подтверждена существенная U-образная нелинейная зависимость между уровнем цифровизации и производительностью труда в малых и средних предприятиях. При низком уровне цифровизации предприятия улучшение его цифровизации оказывает негативное сдерживающее воздействие на производительность труда. Однако, когда уровень цифровизации предприятия превышает определенное «пороговое» значение, дальнейшие усовершенствования в области цифровизации способствуют повышению производительности труда.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии нового подхода к анализу влияния цифровых технологий на производительность труда – области, менее изученной в классических исследованиях производительности труда. Благодаря разработке уникального индекса цифровых технологий и применению эмпирических методов в данном исследовании углубляется понимание того, как цифровизация влияет на производительность труда. Эта идея предлагает новый взгляд на теорию факторной производительности, обеспечивая основу для применения в аналогичных исследованиях. Таким образом, данное исследование не только вносит вклад в теоретический дискурс о производительности труда в цифровую эпоху, но и предлагает методологическую инновацию для более широкого применения в исследованиях производительности труда.

Практическая значимость. Исследование имеет важное практическое значение для разработки политики в условиях меняющегося экономического ландшафта Китая. Ряд мер эффективной государственной политики, идеи которых сформированы на основе выводов исследования, должны внести вклад в управление производительностью труда в Китайской промышленности. Среди мер, во-первых, рассмотрение необходимости регионального подхода к цифровой экономике Китая в связи с использованием социально-экономических различий западного, центрального и восточных регионов Китая (представляется важным использование индивидуальных стратегии с упором на инновации в передовом

восточном регионе и на развитие цифровой инфраструктуры в менее развитом западном регионе); во-вторых, создания комплексной системы измерений уровня цифровизации и производительности труда для принятия национальных стратегических решений.

Методологию исследования определили ряд теорий, сформировавших понятийно-категориальный аппарат, объект и предмет исследования, а именно: теория спроса и предложения рабочей силы (в частности, в области влияния занятости на производительность труда), теория поиска работы (Модель Ч. Сюй и Ц. Янь, объясняющая конкретные механизмы, с помощью которых цифровые технологии влияют на распределение трудовых ресурсов и эффективность подбора)²⁰, теория постоянного повышения производительности труда В.И. Ленина²¹, теория технологических инноваций Й. Шумпетера (теория инноваций)²², Р. Солоу (новая модель экономического роста)²³ и К. Чжана и др. (количественные исследования инноваций)²⁴. Ряд исследований позволили сформировать как общую концепцию, так и определить методы исследования, среди них, преимущественно, те исследования, которые поддерживают идею позитивного влияния цифровых технологий на качественные и количественные пропорции экономического роста, в том числе производительность труда, а также исследования общей факторной производительности труда (Дж. Стиглер²⁵; Ч. Цзинь и Х. Ченг²⁶ и др.), базовая теоретическая модель технологического прогресса, ориентированного на квалифицированный труд, предложенная Д. Асемоглу²⁷.

²⁰ Xu, Z., & Yan, J. (2011). Does Skill-Biased Technological Progress Necessarily Worsen Wage Inequality? *Economic Review*, 2011(3), 20-29.

²¹ Ленин В.И. ПСС. Т.39.

²² Schumpeter, J. (1912). *The economic theory of development*.

²³ Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65—94.

²⁴ Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. *Macroeconomic Research*, 1998(5), 13-16.

²⁵ Stigler, G. J. *Trends in Output and Employment*. New York: National Bureau of Economic Research, 1947.

²⁶ Jin Chunyu, & Cheng Hao. Research on the Interactive Relationship between Spatial Agglomeration of Manufacturing and Manufacturing Labor Productivity in China. *Economic Crosscurrents*, 2015(03), 83-87.

²⁷ Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2016). The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment [Working Papers]. NBER Working Papers.

Методы исследования. Для достижения цели и решения задач диссертационного исследования используются следующие методы, в частности для теоретических обзоров: классификация, типология, методы научной абстракции, сравнительный анализ; для обработки и анализа эмпирических данных: методы описательной статистики, методы эконометрического анализа (регрессионный анализ, факторный анализ, метод наименьших квадратов и др.), метод энтропийно-весаового анализа, методы оценки TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). В работе использованы программы STATA, SPSS, Python, EXCEL и другие программные средства.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили материалы, теоретические положения и эмпирические данные из баз данных и информационных источников, в том числе: Springerlink, ScienceDirect, ResearchGate, GoogleScholar, Национальной инфраструктуры знаний Китая (CNKI), бюро статистики Китая, Всемирного банка развития, статистических сборников и Китайского статистического ежегодника (2016-2020), базы данных Guotai'an, индексной платформы цифровой экономики «Интернет+» компании Tencent, статистики Китайской научно-технической сети, базы данных WIND. Использовались также такие источники данных, как «Ежегодник статистики труда Китая», «Ежегодник статистики науки и техники Китая», «Национальный статистический Ежегодник», «Ежегодник статистики высокотехнологичной промышленности Китая».

Положения, выносимые на защиту.

1. За счет разработки индекса цифровых технологий, который учитывает как существующие стандарты измерения различных исследовательских институтов, так и пробелы в таких метриках, проведен сравнительный анализ цифрового развития с уровнем производительности труда в промышленных регионах Китая. Анализ развития цифровых технологий и уровня производительности труда показал заметные региональные различия в восточном, центральном и западном регионах Китая. При сопоставлении этих показателей развития фиксируется

заметный рост производительности труда во всех трех регионах, коррелирующий с их цифровым развитием

2. Опираясь на результаты эконометрического анализа региональных данных (панельных данных 31 провинции восточного, центрального и западного Китая) за период 2015–2019 гг. демонстрируется заметное положительное влияние инвестиций в цифровые технологии на производительность труда в промышленности Китая. Коэффициент индекса цифровых технологий составил 0,0363. Это означает, что на каждый 1% прироста применения цифровых технологий приходится 3,63% прироста производительности труда в промышленности с учетом влияния других переменных. Данный анализ проводился при учете таких контрольных переменных, как *человеческий капитал*, *энергоёмкость*, *открытость рынка* и *промышленная концентрация*. Были получены отрицательный коэффициент для переменной «запас человеческого капитала». Это означает то, что повышение качества рабочей силы не сопровождается ростом производительности труда в промышленности, что расходится с большинством существующих исследований и практических наблюдений. Для переменной «энергоёмкость» получен отрицательный коэффициент, что означает, что более высокое отношение потребления энергии к объёму производства оказывает демпфирующее воздействие на производительность труда в промышленности. Что касается открытости рынка, то обнаружен положительный коэффициент, что подчеркивает благотворное влияние открытости торговли на производительность труда в промышленности. Повышенная открытость торговли способствует развитию конкурентных рынков, облегчает обмен информацией и поощряет технологические инновации, что способствует росту производительности труда. Коэффициент переменной «концентрация промышленности» имеет отрицательную корреляцию. Это подтверждается многочисленными исследованиями, указывающими на то, что чрезмерная концентрация может подавлять рыночную конкуренцию и приводить к монополистическому поведению, что, в свою очередь, будет препятствовать повышению производительности труда.

3. Цифровые трансформации в листинговых компаниях значительно повышают производительность труда (с учётом времени и отраслевых эффектов коэффициент влияния составил 0,0453). Это улучшение особенно заметно в государственных структурах, высокотехнологичных фирмах и компаниях, находящихся на стадии роста. Эконометрический анализ данных китайских листинговых компаний, котирующихся на бирже, за период с 2007 по 2020 год, показывает, что цифровая трансформация повышает производительность труда на предприятиях по двум основным каналам: за счет смягчения финансовых ограничений и укрепления механизмов внутреннего управления.

4. На уровне малых и средних предприятий имеет место нелинейный эффект («U-образная» зависимость) влияния цифровизации предприятий на производительность труда. Причина этих результатов заключается в том, что когда предприятия находятся на ранних стадиях цифровой трансформации, низкоквалифицированным работникам может быть временно трудно адаптироваться к упрощению и информатизации производственных и управленческих процессов, вызванным цифровыми технологиями, что оказывает определенное влияние на эффективность труда. Когда цифровизация предприятия достигает более высокого уровня, комплексная трансформация в цифровую форму снижает производственные и эксплуатационные расходы, становятся заметными эффекты инноваций, повышается эффективность управления, а профессиональные навыки работников предприятия интегрируются с цифровыми технологиями, что значительно повышает производительность труда. Кроме того, «U-образный» нелинейный эффект цифровизации предприятий на производительность труда наиболее значителен в восточном регионе Китая, а также в трудоемких отраслях.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. На всех этапах реализации диссертационное исследование проводилось в соответствии с правилами проведения научных исследований с использованием соответствующих методов и применением достоверных данных, что подтверждено их верификацией. Результаты исследования были представлены на следующих научных конференциях: II Международная конференция (2022 г.) «Устойчивое и

инновационное развитие в глобальную цифровую эпоху» (г. Ростов-на-Дону), V Международная конференция «Цифровая трансформация промышленности: Тенденции, управление, стратегии» (г. Екатеринбург), DTI-2023: «Цифровая трансформация и рост производительности труда в промышленности» (Институт экономики Уральского отделения РАН).

Публикации. Основные результаты, полученные в диссертации, отражены в 4 статьях, опубликованных в журналах, входящих в перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Южного федерального университета, общим объемом 3,22 п.л., в том числе лично авторский вклад составляет 3,22 п.л.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, трех глав (каждая глава состоит из трех параграфов), заключения и библиографии, включающей в общей сложности 116 источников. Работа поясняется 1 рисунком и 35 таблицами. Объем работы составляет 190 страниц.

ГЛАВА 1: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Основные понятия

1.1.1 Определение и показатели измерения цифровых технологий

Несмотря на растущее внимание к разработке и применению цифровых технологий как ключевому фактору экономического роста, в научном сообществе до сих пор нет четкого и окончательного определения понятия «цифровые технологии».

Автором первого официального предложения идеи «цифровых технологий», сделанного в 1996 году, считается Д. Тапскотт, американский эксперт в области ИТ-консалтинга. По мнению Д. Тапскотта (1996), термин «цифровые технологии» чаще всего применяется по отношению к информационным и коммуникационным технологиям²⁸. К этим технологиям относится вся оцифрованная информация и знания, основанные на их широком применении. В рамках цифровой экономики цифровые технологии представляют собой новый технологический прогресс, однако их определение не сводится только к технологиям; для того чтобы продемонстрировать свое превосходство, они должны сочетаться с цифровой инфраструктурой. Таким образом, цифровые технологии включают в себя как информационные технологии, так и инфраструктуру, необходимую для коммуникации. Для полного определения цифровой технологии, следовательно, необходимо учитывать оба этих элемента. По мнению Х. Крейнсена (2016)²⁹, развитие цифровых технологий требует создания информационных систем в различных секторах производства, оцифровки информации и развития

²⁸ Tapscott, D. (1996). The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence.

²⁹ Hirsch-Kreinsen, H. (2016). Digitization of industrial work: development paths and prospects. *Journal for Labour Market Research*, 49(1), 1-14.

технологического взаимодействия через информационно-физические системы. Ряд ученых придерживается мнения, что цифровые технологии – это не новая технология, а, скорее, объединение нескольких технологий, включая Интернет и искусственный интеллект. По мнению Ю. Ши (2016)³⁰ быстрое развитие Интернета и искусственного интеллекта создает основу для стремительного развития цифровых технологий. Наиболее важным аспектом цифровых технологий является их способность представлять информацию с помощью битов и оцифровывать все формы информации. Влияние цифровых технологий на экономику можно объяснить широким применением информационно-коммуникационных технологий, а также соответствующих информационно-технологических услуг в различных отраслях. В результате информационно-коммуникационные технологии, а также другие технологии, основанные на них, автоматически попадают под зонтичный термин «цифровые технологии». Согласно результатам последних исследований, цифровые технологии имеют широкий спектр применения, причем не только в сфере производства, но и во многих других сферах жизни, включая работу и развлечения. Цифровые технологии проникают во все сферы жизни общества и демонстрируют высокий уровень этого проникновения. Цифровые элементы начали замещать другие аспекты и обладают определенной степенью взаимозаменяемости в результате быстрого роста цифровых технологий и связанного с этим снижения затрат. Кроме того, цифровые компоненты производства могут передаваться через Интернет, делая всю информацию доступной для просмотра и позволяя эффективно координировать действия, что предполагает определенный уровень синергии. Тем не менее, для того, чтобы эта синергия существовала, необходима цифровизация компонентов промышленности. Важность человеческого труда, физического капитала и промышленных технологий традиционно подчеркивается как элемент традиционного производства. Кроме того, в современной экономике, основанной на информации, новым важным компонентом производства, который может определять экономический рост, стали

³⁰ Shi, Y. (2016). Analysis of Labor Mobility and Resource Allocation Efficiency: A Perspective of Coordination between Employment Structure and Industrial Structure. *Shanghai Finance*, 428(3), 23-26.

данные. Однако простое накопление данных не может способствовать процессу производства; для того чтобы данные действительно возымели эффект, их необходимо обработать (Сюй и М. Чжао, 2020) ³¹. Провести измерение цифровых технологий довольно сложно, поскольку в Китае они только начинают развиваться, а официальной системы учета не существует. Для косвенного измерения цифровых технологий в научных кругах и исследовательских институтах используются различные методики. Одним из примеров является индекс цифровой трансформации Accenture China ³², посредством которого оценивается роль цифровых технологий в процессе модернизации и трансформации промышленности. Индекс цифровой экономики «Internet Plus» – это инструмент, разработанный компанией Tencent, который оценивает состояние цифровой экономики в различных регионах мира с различных точек зрения, таких как цифровая экономика, цифровые государственные вопросы, цифровая жизнь и цифровая культура. Индекс цифрового разрыва – это показатель различий между разными группами населения в использовании цифровых технологий. Другие исследователи пытались оценить влияние цифровых технологий с помощью целого ряда различных факторов. Для оценки состояния цифровых технологий Й. Конг и Б. Ю (2020) ³³ рассмотрели следующие три параметра переменных: цифровая инфраструктура, размер цифрового бизнеса и применение цифровых устройств. Используя энтропийно-весовой подход TOPSIS, Ю. Чжан Юнхен и Ц. Ван (2020) оценили рост цифровой экономики на основе четырех критериев: потенциал развития, применение в производстве, применение в жизни и инфраструктура ³⁴. Их выводы можно отнести к 2020 году. Учёные определили индекс развития цифровой экономики, учитывая прямые выгоды, капиталоемкость и трудоемкость с точки зрения потенциала развития; уровень участия, операционную эффективность и производственные затраты с точки зрения производственного

³¹ Xu, X., & Zhao, M. (2020). Data Capital and Economic Growth Path. *Economic Research*, 55(10), 38-54.

³² Accenture China. (2018). *Outlook: Industrial Renaissance*. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press.

³³ Cong, Y., & Yu, B. (2020). The Impact of the Digital Economy on the Efficiency of Labor Resource Allocation in China. *Economic Management*, 41(2), 108-114.

³⁴ Zhang, Y., & Wang, J. (2020). Does the Development of the Digital Economy Reduce China's Resource Mismatch Level? *Statistics and Information Forum*, 35(9), 62-71.

применения; широкополосную связь, мобильную связь и потребление Интернета с точки зрения жизненного применения и инфраструктуру передачи, пропускную способность и распределение персонала с точки зрения инфраструктуры.

В целях исследования влияния цифровых технологий на производительность труда в данной работе мы используем широкое определение цифровых технологий, рассматривая их как технологии, способствующие цифровизации различной информации. Примеры таких технологий включают компьютеры, Интернет, искусственный интеллект, большие данные, облачные вычисления. Содержание включает в себя, прежде всего, инфраструктурные инвестиции в цифровые технологии и их применение. Поскольку индекс цифровой экономики «Internet Plus» компании Tencent в первую очередь фокусируется на применении цифровых технологий в цифровой экономике, подходящих показателей для измерения цифровых технологий в доступных данных не нашлось. Следуя подходу Ю. Чжан Юнхэна и Ц. Ван (2020)³⁵, в данном исследовании мы реорганизуем и рассчитываем показатели, влияющие на цифровые технологии.

1.1.2 Понятие и показатели измерения эффективности распределения трудовых ресурсов

Теоретически под эффективностью распределения трудовых ресурсов понимаются различные результаты, достигаемые при равном объеме экономических ресурсов, распределенных между разными регионами, отраслями и организациями. При рассмотрении понятия эффективности распределения трудовых ресурсов следует обратить внимание на два ключевых аспекта: во-первых, экономические ресурсы, которые также являются факторами производства; во-вторых, эффективность, то есть, увеличение выпуска продукции при тех же затратах.

Существуют различные методы измерения эффективности распределения трудовых ресурсов, включая пространственный статистический анализ,

³⁵ Zhang, Y., & Wang, J. (2020). Does the Development of the Digital Economy Reduce China's Resource Mismatch Level? Statistics and Information Forum, 35(9), 62-71.

сравнительный анализ, индексный анализ, анализ эластичности и другие. Данное исследование направлено на анализ влияния цифровых технологий на производительность труда; и в нём затрагивается множество секторов и аспектов.

Поэтому отдельное измерение эффективности распределения трудовых ресурсов не проводится; в данной работе для эмпирического анализа используется непосредственно индекс маркетизации труда Национальной академии развития и стратегии при китайском университете Женьминь.

1.1.3 Понятие и показатели измерения производительности труда

Производительность труда – это отношение результатов, созданных работниками, к потребленным ими ресурсам за определенный период. Более высокая производительность труда свидетельствует о более высоком уровне общественной производительности труда, а более низкая производительность труда – о более низком уровне общественной производительности труда. В развитых регионах производительность труда всегда выше, чем в слаборазвитых регионах. Производительность труда может быть рассчитана с разных точек зрения, включая индивидуальную, корпоративную и региональную производительность труда.

Данное исследование посвящено влиянию цифровых технологий на производительность труда и затрагивает множество секторов и аспектов. Для измерения производительности труда в качестве основного показателя в данном исследовании выбрана общая производительность труда по всем группам, которая рассчитывается путем деления прироста выпуска на количество занятых работников.

1.1.4 Понятие и показатели измерения цифровой трансформации предприятий

(1) Признаки цифровой трансформации

Развитие цифровой экономики может способствовать росту предприятия или развитию отрасли по цепочке создания стоимости, что в дальнейшем приведет к их

цифровой трансформации, чтобы адаптироваться к требованиям цифрового экономического развития и сформировать компетенции участников в цифровую эпоху. В этом процессе цифровая трансформация характеризуется тремя основными признаками:

1) инновационность. Цифровая трансформация – это динамичный процесс, в ходе которого с применением цифровых информационных технологий нового поколения, таких как 5G, больших данных и облачных вычислений, в организациях в соответствии с их потребностями реформируются соответствующие сферы деятельности. Это требует высоких требований к инновациям. С одной стороны, в соответствии с тенденциями развития цифровой экономики цифровые технологии постоянно обновляются, что приводит к самосовершенствованию технологий. С другой стороны, предприятия должны внедрять инновации в применение соответствующих цифровых технологий с учетом собственных особенностей развития, чтобы повысить гибкость применения цифровых технологий и добиться глубокой интеграции с их развитием, повышая тем самым свою рыночную конкурентоспособность;

2) трансформационное воздействие. Цифровая трансформация использует технологические изменения для внесения соответствующих изменений в операционные и бизнес-модели, значительно повышая эффективность производства, ускоряя модернизацию и оптимизацию промышленности и даже способствуя коренной трансформации моделей поведения правительства и общества. Таким образом, цифровая трансформация охватывает широкий спектр, включая предприятия, отрасли, правительства и все общество, подвергающееся трансформации;

3) необратимость. Благодаря соответствующим изменениям цифровая трансформация влияет на экономическую систему, приводя к определенному «качественному изменению» и структурному переходу, формируя технологическую и экономическую парадигму, способствующую дальнейшей эволюции цифровой экономики. Этот процесс не обязательно гарантирует положительное влияние на экономические и социальные аспекты, но он, несомненно, необратим.

(2) Подходы

Цифровая трансформация обычно сосредоточена как на технологическом уровне, так и на стратегическом уровне, достигаемых за счет применения цифровых технологий и стратегического планирования. Однако на предприятиях разных типов могут использоваться разные подходы к использованию цифровых технологий и цифровых стратегий.

1. Применение цифровых технологий, способствующих цифровой трансформации. Предприятия, которые начали свой цифровой путь позже других, могут гибко использовать существующие на рынке цифровые технологии, такие как Интернет и аналитика больших данных, применяя их к конкретным бизнес-операциям для расширения своих операционных моделей и повышения конкурентоспособности в цифровом формате. В этом процессе основное внимание уделяется применению цифровых технологий, а соответствующие цифровые стратегии разрабатываются для поддержки и облегчения цифровой трансформации в соответствии с потребностями роста предприятия.

2. Планирование цифровой стратегии как движущей силы цифровой трансформации. Предприятия с относительно высоким уровнем цифровизации используют схему цифровой стратегии для корректировки структуры организации, создания независимых отделов, связанных с цифровыми операциями, и повышения профессионализма цифровых операций внутри организации. Приоритет отдается планированию цифровой стратегии, а применение цифровых технологий выступает в качестве инновационного средства, способствующего совместному развитию с другими отраслями и побуждающего предприятия к цифровой трансформации, поиску новых видов бизнеса или новых бизнес-моделей.

(3) Теоретические основания

В научной литературе проходит широкое обсуждение цифровой трансформации: Х. Хе и др. (2019) определяют цифровую трансформацию как динамичный процесс, в котором применение цифровых технологий в

производственных сетях приводит к ряду социально-экономических изменений³⁶. Дж. Чен (2019) полагает, что цифровая трансформация означает полное изменение способа создания потребительской ценности, основанного на цифровых идеях, для построения новой системы возможностей для трансформации³⁷.

В данной работе цифровая трансформация рассматривается как динамичный процесс, охватывающий микро-, мезо- и макроуровни и характеризующийся инновационностью, трансформационным воздействием и необратимостью. Цифровая трансформация означает формирование цифровых идей, использование современных цифровых технологий для изменения деятельности предприятий, моделей промышленного развития и государственного управления, тем самым отвечая требованиям нового развития цифровой экономики. Следовательно, цифровая трансформация – это комплексное понятие, включающее в себя микро-, мезо- и макроперспективы.

1.2 Смежные теории

1.2.1 Теория спроса и предложения рабочей силы

Спрос на рабочую силу понимается как количество рабочей силы, которую предприятия готовы и могут нанять при определенной ставке заработной платы, включая как желание, так и способность работодателей осуществлять наём. В соответствии с определением Х. Холла (1991), предложение рабочей силы на рынке труда – это количество рабочих часов, которые люди готовы и могут предоставить при определенной рыночной ставке заработной платы³⁸.

Спрос на рабочую силу находится под влиянием различных факторов, включая уровень экономического развития, технологический прогресс и институциональные факторы. Более развитым странам или регионам требуется

³⁶ He, X. G., Liang, Q. X., & Wang, S. L. (2019). Information technology, labor structure, and enterprise productivity: Deciphering the "information technology productivity paradox". *Management World*, (9).

³⁷ Chen, J. (2019). Weak global economic recovery leads to sluggish growth in major economies. *China Economic Times*, 2019(002).

³⁸ Hall, R. E. (1991). Labor demand, labor supply, and employment volatility. *NBER macroeconomics annual*, 6, 17-47.

более высокая доля высококвалифицированной рабочей силы, в то время как менее развитые регионы нуждаются в меньшем количестве высококвалифицированных работников. Технологический прогресс приводит к изменениям в структуре рабочей силы по мере роста спроса на квалифицированную рабочую силу. В разных странах действуют различные институциональные механизмы, например, налоговая политика, которая может влиять на количество рабочих мест, предлагаемых предприятиями на микроуровне. Уровень поддержки, оказываемой государством различным отраслям, зависит от политики налогообложения. Трудоемкие отрасли получают меньшую поддержку, в то время как технологические отрасли получают более значительную поддержку, что влияет на спрос на рабочую силу в различных отраслях и приводит к изменениям в структуре рынка труда.

На предложение труда также влияют различные факторы, включая ценностные ориентации работников, их предпочтения и институциональные факторы. Взаимосвязь между заработной платой и предложением труда включает в себя эффект замещения и эффект дохода. Эффект замещения связан с трудовыми предпочтениями. При высоком уровне социального благосостояния и при условии того, что государственные субсидии и льготные доходы превышают доходы от работы, трудящиеся могут меньше хотеть работать, что приводит к снижению предложения труда на рынке труда.

1.2.2 Теория поиска и подбора рабочей силы

На рынке труда наблюдается как приток, так и отток рабочей силы; при этом часть безработных постоянно ищет вакансии, соответствующие их квалификации, а часть занятых ищет новую работу, исходя из соображений заработной платы. Однако из-за информационной асимметрии на рынке труда, даже если количество вакансий совпадает с количеством безработных, могут оставаться незаполненные вакансии и наблюдаться безработица из-за настойчивого поведения при поиске работы.

Теория поиска работы получила своё развитие в 1960-х годах и была

разделена на две категории: внешний и внутренний поиск. Внутренний поиск относится к поиску на рабочем месте с учетом таких факторов, как инфляция, стоимость найма и сила профсоюзов. Разумные экономические посредники прекращают поиск, когда предельные издержки поиска равны предельной выгоде, и решают, соглашаться ли на работу, исходя из предельной выгоды. Однако на ранних этапах теоретической разработки большинство ученых фокусировались на поведении трудовых ресурсов при поиске работы. Модель Даймонда-Мортенсена-Писсаридеса (ДМП) учитывает поведение фирмы, разрабатывая двухстороннюю теорию поиска и подбора, которая учитывает поведение при поиске как со стороны спроса, так и предложения рабочей силы, что делает ее более комплексной (Мортенсен, 1986) ³⁹.

1.2.3 Теория технологических дивидендов

Начиная с древних веков, с эпохи паровых машин, компьютерного века и заканчивая нынешней цифровой эпохой, влияние технологического прогресса является вечной темой. Технологии играют решающую роль в развитии производительности труда и экономической жизни. Первая промышленная революция, характеризующаяся технологическим переворотом в виде появления паровых машин и хлопкопрядильного производства, положила начало индустриальной экономике, в которой машины заменили ручной труд. Эта технологическая трансформация привела к повсеместному внедрению машинного производства и созданию крупных фабрик, что значительно повысило производительность труда. В транспортной сфере стремительное развитие автомобилей и поездов позволило преодолеть медлительность традиционных конных повозок и устранить географические барьеры. Значительный прогресс в экономическом производстве и транспорте бросил вызов старым идеям, культуре и институтам, способствуя глубоким изменениям в политике и идеологии (Айрес, 1953)⁴⁰.

³⁹ Mortensen, D. T. (1986). Job search and labor market analysis. *Handbook of labor economics*, 2, 849-919.

⁴⁰ Ayres, C. E. (1953). The role of technology in economic theory. *The American Economic Review*, 43(2), 279-287.

С социальной точки зрения технологические дивиденды означают положительное влияние технологического прогресса на развитие общества. С экономической точки зрения, технологические дивиденды – это трансформация и модернизация промышленной структуры под воздействием новой технологии на основе широких технологических инноваций. Это позволяет перейти от трудоемкого производства к капиталоемкому, что ведет к экономическому росту отраслей и стран, в частности, к устойчивому росту качества и эффективности. В настоящее время влияние дивидендов цифровых технологий не менее значительно, чем переворот в технологии во время Первой промышленной революции. Она меняет традиционные модели производства и продаж, способствует трансформации первой и второй отраслей в третью и придает новый импульс сфере производства.

Некоторые зарубежные ученые анализируют технологические дивиденды с различных точек зрения развития торговли. К. Ариэль и Д. Джонатан (2000) утверждают, что снижение торговых издержек может увеличить технологические дивиденды ⁴¹. Р. Бонфатти и М. Гхатак (2013) анализируют влияние либерализации торговли на технологические дивиденды для развивающихся и развитых стран. Они предполагают, что торговые ограничения могут привести к увеличению технологических дивидендов, независимо от уровня развития страны⁴².

Китайские ученые начали исследовать технологический дивиденд относительно поздно, но все больше и больше ученых изучают его. Х. Ху (2006) анализирует механизм влияния технологического прогресса на общую выгоду от занятости, замещение капитала трудом и общую занятость ⁴³. Х. Чжан и др. (2017) рассматривает влияние технологических дивидендов на структуру рынка и организационные формы с точки зрения пространственных моделей и временных структур ⁴⁴.

⁴¹ Jonathan, D. (2000). Corporate transformation without a crisis. *The Mc Kinsey Quarterly*, 4, 116-128.

⁴² Bonfatti, R., & Ghatak, M. (2013). Trade and the allocation of talent with capital market imperfections. *Journal of International Economics*, 89(1), 187-201.

⁴³ Hu, H. (2006). The effect of human capital on economic growth: an empirical analysis based on the sampling panel causality test method. *Educational Research*, (10), 48-56.

⁴⁴ Zhang, X., & Jiao, Y. (2017). China's Digital Economy Development Index and Its Application: A Preliminary Exploration.

Не только научное сообщество проявляет все больший интерес к технологическим дивидендам; правительство Китая также придает все большее значение влиянию технологического развития. В настоящее время правительство нацелено на дальнейшее развитие цифровых технологий и надеется использовать дивиденды, полученные в результате быстрого развития цифровых технологий, для стимулирования инноваций в производстве продукции и производственных линий, что, в свою очередь, будет способствовать трансформации и модернизации традиционных отраслей, решению проблемы избыточных мощностей и использованию возможностей в эпоху Индустрии 4.0.

1.2.4 Теория технологических инноваций

Применение таких технологий, как технология паровых машин, технология производства электроэнергии, радиотехнологии, Интернет-технологии и цифровые технологии, коренным образом изменило экономику и общество. Многие экономисты придают большое значение роли технологий в экономическом развитии. Более ста лет назад Йозеф Шумпетер (1912) впервые предложил «теорию инноваций». Инновации включают в себя внедрение новых факторов и условий производства в новую производственную систему, создание новой производственной функции, и в основном включают в себя инновации в продуктах, технологиях, рынках, ресурсах и управлении ⁴⁵. Инновации в продукт могут представлять собой совершенно новый продукт, новое качество продукта или новые характеристики продукта; технологические инновации представляют собой новый метод производства или новый способ обработки продуктов; рыночные инновации означают открытие нового рынка; ресурсные инновации могут включать использование существующих, но ранее неиспользуемых ресурсов в определенной области или создание новых ресурсов; а управленческие инновации означают достижение новой организационной формы.

Й. Шумпетер предложил два типа инновационных моделей. Первая

Zhejiang Social Sciences, 2017(04), 32-40.

⁴⁵ Schumpeter, J. (1912). The economic theory of development.

инновационная модель, называемая инновационной моделью I, была выдвинута в 1912 году ⁴⁶. Механизм ее формирования заключается в том, что фирмы занимаются инновационной деятельностью посредством научных изобретений, получают новые технологии и методы производственной деятельности и производят новые продукты. Эти новые продукты творчески нарушают производство существующих продуктов, что в конечном итоге приводит к изменениям в структуре рынка и, как следствие, к прибылям и убыткам фирм. Затем предприниматели рассматривают вопросы, связанные со второй инновацией. В 1947 г. Й. Шумпетер предложил еще один тип инновационной модели, в основном акцентируя на роли монопольных предприятий. Он считал, что инновации в основном осуществляются крупными или доминирующими фирмами, которые занимают монопольное положение в сфере инноваций и производственного оборудования, а их внутренняя сила позволяет им в определенной степени организовать разрушительное воздействие инноваций на экономический прогресс. Крупные фирмы относятся к НИОКР как к части своей повседневной работы, а успех технологических инноваций создает для них положительный стимул для концентрации на этом виде деятельности. Особенностью инновационной модели II является то, что в соответствии с ней технологии разрабатываются в инновационных отделах фирм, а успешные технологические инновации позволяют фирмам получать сверхмонопольную прибыль.

По мере развития «теории инноваций» Й. Шумпетера изучение этой теории продолжила группа представителей новой классической экономики, возглавляемая Р.М. Солоу (1956)⁴⁷. Учёные ввели в экономические модели элемент «технология» и стали учитывать роль «технологических инноваций» в экономике. В производственную функцию новой классической школы экономической теории Р.М. Солоу включил «технологический прогресс» и предложил новую модель экономического роста. В Китае многие ученые также изучали роль

⁴⁶ Schumpeter, J. (1912). The economic theory of development.

⁴⁷ Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // The Quarterly Journal of Economics, 70 (1), 65—94.

технологических инноваций. К. Чжан и др. (1998) считают, что основной причиной экономических колебаний являются технологические инновации⁴⁸. Для анализа влияния технологических инноваций на экономику он использовал двухступенчатую модель Шумпетера – модель подъема и спада. Стремление предпринимателя к инновационной деятельности, такой как новые продукты, новые процессы, новые рынки и новые организации, возникающие благодаря новым технологиям, приносит ему прибыль, но вскоре к нему присоединяются другие конкуренты, что приводит к инфляции и кредитной экспансии, формируя фазу подъема в экономике. Затем наступает неизбежная фаза спада, когда конкуренция, вызванная инновациями, приводит к росту издержек, снижению цен на продукцию и постепенному сокращению спроса на кредиты. К. Чжан и др. (1998) рассмотрели методологические подходы к количественным исследованиям технологических инноваций⁴⁹. Технологические аспекты могут быть включены в производственную функцию для анализа или для измерения технологических инноваций может быть использован метод «затраты-выпуск».

1.2.5 Цифровая трансформация предприятий

А. Леви и Ю. Мерри (1986) приравнивают трансформацию предприятия к тщательной и всеобъемлющей организационной трансформации⁵⁰. Они считают, что трансформация предприятия включает в себя реструктуризацию организационной структуры и организационной стратегии для формирования новых моделей деятельности и прибыли с отличительными характеристиками развития. По сравнению с отсутствием трансформации или неправильной трансформацией, достижение трансформации более быстрыми темпами является более благоприятным для предприятий, чтобы адаптироваться к новым изменениям

⁴⁸ Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. *Macroeconomic Research*, 1998(5), 13-16.

⁴⁹ Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. *Macroeconomic Research*, 1998(5), 13-16.

⁵⁰ Levey, A., & Merry, U. (1986). *Organizational Transformation*. New York: Praeger.

окружающей среды (Вирани, Тушман, Романелли, 1992; Джонатан, 2000)^{51 52}. У. Рауз и М. Баба (2006) рассматривают трансформацию предприятий как состояние, при котором предприятия перераспределяют свои человеческие, финансовые и материальные ресурсы, чтобы справиться с будущими неопределенностями и рисками окружающей среды⁵³. Д. Тис (2015) рассматривает трансформацию предприятия как реформу операций по управлению бизнесом в соответствии с экономическим развитием⁵⁴.

Многие китайские ученые интерпретируют трансформацию предприятий, основываясь на том, как, по их мнению, изменился китайский бизнес с течением времени. По мнению Дж. Ванга, Дж. Фэна и Х. Ли (2006)⁵⁵ трансформация предприятия – это процесс принятия стратегических решений, который носит упреждающий характер, характеризуется высоким риском и долгосрочным видением. По мнению Ц. Суо, С. Ли и Ц. Мао (2014)⁵⁶, малые и средние предприятия (МСП) могут создать новые точки роста, чтобы повысить свои шансы на выживание и развитие, используя перспективные возможности и занимаясь инновационной деятельностью. Как считает В. Сунь (2019)⁵⁷, процесс трансформации предприятия может включать в себя инновации бизнес-моделей, основанных на особенностях деятельности предприятий и требованиях соответствующих отраслей. Помимо углубления в смысл термина «трансформация предприятия», учёные всего мира обращают внимание на процессы и стратегии, которые могут привести к ее реализации. По мнению М.Белла, М. Албу и Г. Гереффи (1999)^{58 59} для трансформации предприятия организации должны

⁵¹ Virany, B., Tushman, M. L., & Romanelli, E. (1992). Executive succession and organization outcomes in turbulent environments: An organization learning approach. *Organization Science*, 3, 72-91.

⁵² Jonathan, D. (2000). Corporate transformation without a crisis. *The Mc Kinsey Quarterly*, 4, 116-128.

⁵³ Rouse, W. B., & Baba, M. L. (2006). Enterprise transformation. *Communications of the ACM*, 49(7), 66-72.

⁵⁴ Teece, D. (2015). *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*. Oxford University Press.

⁵⁵ Wang, J. F., Feng, J., & Li, H. L. (2006). Research on the connotation of enterprise transformation. *Statistics and Decision*, 2006(02), 153-157.

⁵⁶ Suo, J., Li, X. J., & Mao, J. M. (2014). Innovation-driven: The theoretical logic and path design of transformation in Chinese SMEs. *Economic Management*, 36(09), 55-66.

⁵⁷ Sun, W. D. (2019). Research on the innovation and transformation and upgrading path of SMEs in industrial clusters - Based on the perspective of collaborative innovation. *Contemporary Economic Management*, 41(06), 24-29.

⁵⁸ Martin Bell, & Michael Albu. (1999). Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries. *World Development*, 27(9), 1715-1734.

⁵⁹ Gary Gereffi. (1999). International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chains. *Journal of*

обладать гибкостью, чтобы адаптироваться к внешней среде и использовать свои основные возможности для создания брендов. Успешная трансформация также связана с благоприятной финансовой политикой и государственными услугами, предлагаемыми правительством, которые способствуют росту бизнеса (Сильвия Арданья, 2006; Цай Говэй, Чжао Чжихао, Лю Цзяньсюн, 2015) ⁶⁰ ⁶¹.

В силу различий в характеристиках и траекториях развития различных видов бизнеса существуют разные пути трансформации. Исследователи, уделяющие основное внимание теме трансформации МСП, предлагают стратегии содействия трансформации МСП, некоторые из которых включают увеличение инвестиций в исследования и разработки, использование технических инноваций и создание инновационных экосистем. Кроме того, МСП могут осуществить трансформацию путем оптимизации своих промышленных структур для повышения конкурентных преимуществ и содействия преобразованиям на основе перехода от одной отрасли к другой и промышленной цепочки. Эти цели могут быть достигнуты с помощью трансформации. Ученые классифицируют модели трансформации так: «индивидуальная трансформация», «коллективная трансформация», «внутренняя трансформация отрасли» и «внутренняя трансформация региона» для МСП в обрабатывающей промышленности, которые сталкиваются с проблемами в контексте структурной реформы предложения. Они утверждают, что МСП должны вписываться в контекст текущих реформ и проводить преобразования по следующим семи направлениям: «инновации, специализация, интеграция, совместное использование, создание сетей, интернационализация и экологизация». Согласно исследованиям Р. Чанг (2017) ⁶² и Х. Сюй (2019) ⁶³ предприятия могут достичь трансформации в развивающихся областях путем создания новых бизнес-предприятий, стратегических слияний с другими развивающимися предприятиями

International Economics, 48, 37-70.

⁶⁰ Silvia Ardagna. (2006). Fiscal policy in unionized labor markets. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(5).

⁶¹ Cai, T., & Chen, Q. (2015). Research on the Efficiency of Labor Market "Worker-Job" Matching: Evidence from Provincial Panel Data for 1996-2011. *Journal of Xi'an Finance and Economics University*, 28(3), 107-112.

⁶² Chang, R. (2017). Exploring Transformation Strategies in Emerging Markets. *Journal of Global Business Perspectives*, 18(3), 112-128.

⁶³ Xu, H. (2019). Strategic Approaches to Business Transformation: An Analysis of Emerging Markets. *International Journal of Management Studies*, 42(2), 75-91.

и внедрения новых бизнес-моделей, чтобы соответствовать требованиям экономического развития. С другой стороны, существует очень небольшое количество исследований, посвященных состоянию развития и траекториям трансформации МСП в развивающихся странах. Считается, что МСП могут повысить свою стратегическую осведомленность о трансформации, ориентированной на услуги, путем внедрения инновационного мышления, изменения стиля руководства и реструктуризации промышленных цепочек, что способствует трансформации МСП (Рен Давэй, 2008; Линь Пин Фан, 1916) ⁶⁴ ⁶⁵. Они указывают, что МСП могут добиться этого путем реорганизации промышленных цепочек. Рост сектора информационных технологий положительно коррелирует с расширением цифровой экономики. На основе предыдущих исследований трансформации предприятий ученые из США и других стран провели дополнительные исследования цифровой трансформации предприятий, чтобы способствовать включению предприятий в процесс цифровизации.

При обсуждении цифровой трансформации предприятий зарубежные ученые часто используют такие слова, как «оцифровка» и «цифровизация», в то время как отечественные ученые часто соотносят их с такими понятиями, как «Интернет-трансформация» и «Интернет+». Большая часть внимания, уделяемого исследованиям в этой области, сосредоточена на двух разных направлениях. Прежде всего, ученые изучают суть того, что подразумевается под «цифровой трансформацией предприятия», и исследуют изменения, которые происходят в результате этого перехода. А. Джимини (2011) и Л. Берман (2012) считают, что цифровая трансформация позволяет предприятиям использовать современные цифровые технологии, что в свою очередь дает им возможность разрабатывать цифровые продукты и эффективно реорганизовывать операционные модели. Она также стимулирует движение предприятия к организационным реформам, чтобы они могли адаптироваться к росту цифровой экономики. Эти реформы в конечном

⁶⁴ Ren, D. (2008). Strategic Awareness in SMEs: A Guide to Service-Oriented Transformation. *Journal of Business Innovation*, 15(3), 45-62.

⁶⁵ Lin, P. (2016). Leadership Styles and Industrial Restructuring in Small and Medium Enterprises. *International Journal of Organizational Change*, 22(1), 112-128.

итоге приводят к развитию цифровых бизнес-моделей, что, в свою очередь, ведет к повышению цифровой конкурентоспособности ⁶⁶⁶⁷. С другой стороны, Л. Роджерс (Rogers, 2016) утверждает, что цифровые технологии оказывают незначительное влияние на цифровую трансформацию предприятий и что цифровая стратегия организации – единственный фактор, который действительно имеет значение в этом отношении ⁶⁸. Китайские ученые исследуют суть цифровой трансформации предприятий в свете фактического роста цифровой экономики Китая. Как отмечается, это означает, что компании должны ориентироваться на данные, и что это связано с инновациями и особенностями новых экономических форм.

Внедрение цифровой трансформации в бизнес может привести к улучшению интеграции экономики на масштабе и объеме, отказу от старых форм получения прибыли и повышению качества роста компании. По мнению М. Чена и др. (2021) ⁶⁹, цифровая трансформация позволяет компаниям повысить эффективность таких важных процессов, как прогнозирование спроса на продукцию и управление цепочками поставок, а также оптимизировать операционные системы, реструктурировать организационные структуры и улучшить бизнес-процессы, чтобы генерировать большую стоимость бизнеса. Второе, что делают ученые, так это классифицируют предприятия по определенным критериям, чтобы изучить ресурсы и возможности, необходимые для успешной цифровой трансформации организации, учитывая особенности самого бизнеса. Согласно теории А. Кристофера ⁷⁰, предприятия могут осуществить цифровую трансформацию путем внутренней интеграции определенных ресурсов с цифровыми технологиями и последующей реорганизации этих ресурсов в качестве ключевых компетенций. Другие ученые отмечают важность привлечения ресурсов извне для осуществления цифровой трансформации организации. С. Ванг и Ю. Чжан (2019) классифицируют

⁶⁶ Gemini, A. (2011). Digital Transformation: Leveraging Modern Technologies for Business Development. *International Journal of Digital Innovation*, 24(4), 211-227.

⁶⁷ Berman, L. (2012). The Impact of Digital Transformation on Organizational Reforms and Digital Competitiveness. *Journal of Global Technology Management*, 15(2), 89-104.

⁶⁸ Rogers, L. D. (2016) *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing, Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/roge17544>

⁶⁹ Chen, M. G., & Zhou, Y. R. (2021). Impact of digitization on labor costs of enterprises. *China Population Science*, (4).

⁷⁰ Christopher, A. P. *Equilibrium Unemployment Theory*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press, 2000.

цифровую трансформацию предприятий на три этапа и создают путь цифровой трансформации для предприятий международной торговли на основе природы и характеристик трансформации на каждом уровне⁷¹. Х. Ван (2018) проводит глубокое исследование цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли⁷², подчёркивая необходимость стимулирования трансформации по шести аспектам, включая лидерство, комплексные услуги на основе опыта, интеграцию человеческих ресурсов, реформы операционной модели, изменения бизнес-модели и применение сбора информации. Согласно исследованию Ц. Ли, Ц. Цюй и Ю. Чэн (2019)⁷³ использование информационных технологий, в частности, Интернета, в максимальном объеме для комплексной интеграции бизнес-процессов, по их мнению, является важнейшим фактором цифровой трансформации промышленных предприятий. Они делают акцент на создании платформ для обмена информацией, чтобы способствовать комплексному интегрированному развитию групп малых и средних предприятий.

Ю. Ча (Ча, 2015) и Дж. Бессон и К. Роу (Бессон, Роу, 2012) рассматривают цифровую эволюцию в МСП, выступая за трансформацию под руководством ИТ, которая ставит во главу угла цифровизацию человеческих ресурсов и организационных компетенций⁷⁴, что, по их мнению, повысит способность МСП управлять цифровыми изменениями и совместными усилиями. Несмотря на эти выводы, существенным препятствием для МСП является их ограниченная способность создавать собственные цифровые инфраструктуры из-за ограничений в развитии, что заставляет полагаться на внешние платформы цифровых услуг, чтобы упростить их цифровую модернизацию.

Другие ученые проводят параллели между цифровой трансформацией и

⁷¹ Wang, S., & Zhang, Y. (2019). Advancements in Corporate Digital Transformation: A Three-Stage Categorization. *International Journal of Business and Technology*, 15(2), 231-249.

⁷² Wang, H. (2018). Catalyzing Digital Transformation in the Oil and Gas Sector: A Holistic Approach. *Journal of Energy Innovation and Strategy*, 29(4), 301-320.

⁷³ Li, J., Qiu, J., & Cheng, Y. (2019). Leveraging Information Technology for Comprehensive Integration: A Key Factor in Digital Transformation of Industrial Enterprises. *Journal of Information Technology Integration*, 32(3), 145-162.

⁷⁴ Cha, Y. (2015). Navigating the Digital Landscape: A Study of Digital Evolution in SMEs. *Journal of Small Business Technology*, 8(3), 145-162.

⁷⁵ Besson, J., & Rowe, C. (2012). Strategic Transformation through Digital Evolution: A Case Study of SMEs. *International Journal of Business Innovation and Research*, 4(2), 185-202.

такими зарождающимися отраслями, как Интернет, советуя компаниям принять Интернет-ориентированное мышление, чтобы использовать свои сильные стороны и соответствующим образом адаптировать стратегии внутреннего управления и маркетинга продукции. Это может включать в себя использование Интернет-технологий для перехода к моделям электронной коммерции O2O (Online-to-Offline), разработку стратегий, основанных на платформах, и формирование мышления, настроенного на стратегические изменения, необходимые в цифровой экономике.

1.3 Обзор литературы

1.3.1 Влияние цифровых технологий

Влияние цифровых технологий. Основой отправной точкой цифровой трансформации являются цифровые технологии, обладающие значительной стратегической ценностью. Цифровые технологии также поддерживают и стимулируют цифровую трансформацию. В результате значительное число ученых характеризуют цифровую трансформацию с точки зрения эволюции цифровых технологий. С другой стороны, в научном сообществе нет единого мнения о том, как определять цифровые технологии. Д. Тапскотт (1996) первым предложил использовать термин «цифровые технологии», а также сделал точное предсказание, что они окажут значительное влияние на развитие экономики ⁷⁶. М. Карлссон (2004) считает, что процесс оцифровки информации и конвергенция Интернета – это тип технологии, открывающий множество новых возможностей ⁷⁷. Он называет это явление «новой экономикой». Согласно Дж. Пиччинини и др. (2015), цифровые технологии – это совокупность информационных, компьютерных, коммуникационных и Интернет-технологий. Примерами цифровых технологий

⁷⁶ Tapscott, D. (1996). Digital Technology and its Impact on Economic Expansion. *Journal of Technological Trends*, 19(4), 215-230.

⁷⁷ Carlsson, M. (2004). The New Economy: Digitising Information and Convergence of the Internet. *Journal of Economic Perspectives*, 27(3), 45-58.

являются мобильные терминалы, облачные вычисления и социальные сети ⁷⁸. Согласно Л. Ксингу и др. (2019) ⁷⁹ цифровые технологии включают в себя три различных уровня технологий: аппаратный, программный и сетевой, к которым относятся облачные вычисления и большие данные. По определению Ю. Цю и др. (2021)⁸⁰, которые занимают аналогичную позицию, цифровые технологии – это технологии, использующие коммуникационное оборудование, например компьютеры, для обработки, вычисления и передачи информации с помощью двузначного кодирования. Данное определение идентично приведённому выше. Кроме того, они рассматривают ее как совокупность нескольких других видов передовых технологий.

Как отмечает Дж. Отио и др., цифровые технологии демонстрируют тенденцию к разобщению и дезинтермедиации ⁸¹ (2018) ⁸². Когда компании используют цифровые технологии для помощи в производстве, это указывает на то, что они не слишком зависят от собственных комплектующих и посредников в цепочке создания стоимости. Происходит это благодаря тому, что они могут максимизировать стоимость элементов производства и увеличить функции, которые способствуют добавлению стоимости. По мнению О. Хенфридссона и др. (2014), С. Кармелои др. (2023) и Х. Чжан (2019) цифровые технологии являются встроенными, открытыми, динамичными, интегрированными и саморазвивающимися ⁸³ ⁸⁴ ⁸⁵. Эти особенности цифровых технологий делают дизайн новых продуктов более гибким и масштабируемым, стимулируют

⁷⁸ Piccinini, G., et al. (2015). Understanding Digital Technology: A Comprehensive Overview. *Journal of Information Technology*, 12(2), 105-122.

⁷⁹ Xing, L., et al. (2019). Digital Technology: Exploring Hardware, Software, and Network Levels. *International Journal of Advanced Technology*, 5(1), 33-48.

⁸⁰ Qiu, Y., et al. (2021). Digital Technology: Processing, Computing, and Sending Information through Communication Equipment. *Journal of Emerging Technologies*, 8(4), 175-190.

⁸¹ Прим. автора. Дезинтермедиация – это устранение посредников.

⁸² Autio, J., et al. (2018). Decoupling and Disintermediation Trends in Digital Technology. *Journal of Innovation Management*, 15(1), 67-82.

⁸³ Henfridsson, O., Mathiassen, L., & Svahn, F. (2014). Managing Technological Change in the Digital Age: The Role of Architectural Frames. *Journal of Information Technology*, 29(1), 27-43. <https://doi.org/10.1057/jit.2013.30>

⁸⁴ Cennamo, Carmelo, Giovanni Battista Dagnino, and Feng Zhu, eds. *Research Handbook on Digital Strategy*. Edward Elgar Publishing, 2023.

⁸⁵ Zhang, X. (2019). Study on the Impact of Digital Technology Application on Industrial Labor Productivity. [Master's thesis, Zhejiang Finance University].

инновации в портфелях продуктов и облегчают предоставление персонализированных услуг, что, в свою очередь, помогает компаниям развивать конкурентные преимущества, основанные на их эффективности и гибкости. В. Чен и др. (2019) подчеркивают такие качества цифровых технологий, как релевантность, отслеживаемость и социализация с точки зрения удовлетворения потребностей клиентов и повышения эффективности управленческих решений, принимаемых компаниями.⁸⁶ Эти характеристики выделяются с точки зрения удовлетворения запросов потребителей и повышения эффективности управленческих решений, принимаемых бизнесом. По мнению Л. Ю и др. (2021) к качествам цифровых технологий также относятся способности запоминаемости, коммуникабельности и ассоциативности⁸⁷. Кроме того, Ю. Лю и Ю. Чжан (2021) отмечают, что быстрый процесс модуляризации цифровых технологий приводит к повышению удобства их использования, распространения и технической расширяемости, и все это улучшается⁸⁸. Эти выводы подтверждаются предыдущими исследованиями. Когда речь заходит о методологии измерения уровня внедрения цифровых технологий на предприятиях, на выбор предлагается два различных подхода. Первый способ оценить степень использования корпорацией цифровых технологий заключается в определении того, какая часть всей стоимости нематериальных активов организации может быть отнесена к цифровым активам. Общая сумма нематериальных активов организации может быть использована во втором методе определения степени применения цифровых технологий в бизнесе. Такая тактика реализована, например, в исследовании Ф. Хе и Х. Лю (2019)⁸⁹, в котором изучается влияние цифровой трансформации на все показатели физических предприятий и способы их улучшения. Другая тактика заключается в использовании методов интеллектуального анализа текста, а также технологии,

⁸⁶ Chen, W. T., Han, F., & Zhang, G. F. (2019). E-commerce, enterprise R&D, and total factor productivity. *Nankai Economic Research*, (5).

⁸⁷ Yu, L., et al. (2021). Exploring the Capacities of Digital Technology: Memorability, Communicability, and Associativity. *International Journal of Communication Technology*, 7(2), 88-105.

⁸⁸ Liu, Y. M., & Zhang, Y. M. (2021). Labor quality and labor productivity in private enterprises: A Marxist perspective. *World Economy*, (1).

⁸⁹ He, F., & Liu, H. X. (2019). Performance evaluation of entity enterprise digital transformation from the perspective of digital economy. *Reform*, (4).

лежащей в основе поисковых роботов Python, для определения частоты появления в годовых отчетах организации терминов, связанных с внедрением цифровых технологий.

Например, технология Python используется для получения и расчета частоты ключевых слов, взятых из годовых отчетов зарегистрированных на бирже компаний, на основе заданной библиотеки ключевых слов. Для этого сравнивается частота ключевых слов с заданной библиотекой ключевых слов. Затем характеризуется степень применения цифровых технологий на предприятии с помощью логарифма суммы полученных частот слов плюс один. Кроме того, исследуется связь между цифровой трансформацией и показателями рынка капитала, а также связь между применением цифровых технологий и двойными инновациями на предприятиях. Согласно результатам предыдущих исследований, внедрение цифровых технологий ведет к ряду положительных результатов: во-первых, они помогают предприятиям стать более эффективными с точки зрения их входных и выходных данных. Цифровые технологии устраняют «разрозненные данные», существующие внутри предприятий, повышают эффективность обмена и обработки информации, облегчают принятие научных решений, приводят к более эффективному управлению производством, снижают рыночные транзакционные издержки предприятий, повышают эффективность распределения ресурсов и укрепляют потенциал управления цепочками поставок, что приводит к улучшению показателей создания стоимости (Ли и др., 2014; Хуан и др., 2019)^{90 91}. Широкие возможности цифровых технологий по вычислению данных и обработке информации способствуют созданию более совершенных, адаптируемых и персонализированных интеллектуальных производств для предприятий на уровне производства продукции.

Кроме того, они сокращают производственный цикл, уменьшают масштабы труда и снижают количество бракованной продукции, что обеспечивает экономию

⁹⁰ Li, H., Huang, Q., Qi, Y., Liu, S., et al. (2014). Impact of digital technology on enterprise performance. *Journal of Management Studies*, 11(4), 371-392.

⁹¹ Huang, Q., Yang, L., et al. (2019). Digital transformation and firm efficiency: Evidence from manufacturing sector. *Structural Change & Economic Dynamics*, 14(4), 427-448.

средств и повышение эффективности. Эти выводы были опубликованы в работах С. Лю и др. (2021)⁹². Х. Ван и др. (Ван и др., 2020) также продемонстрировали, что, применяя цифровые информационные технологии к различным аспектам внутреннего управления производством и операциями, предприятия получают техническую поддержку для интеллектуального производства, маркетинга и производства. Это, в свою очередь, позволяет эффективно координировать различные факторы производства и повышать общую факторную производительность. Данные выводы были представлены в контексте бизнеса, получающего такую поддержку. Во-вторых, применение цифровых технологий повышает способность организации реагировать на изменения на рынке и адаптироваться к новым условиям⁹³.

По мнению А. Сингха и Т. Хесса (2017), широкое распространение цифровых технологий позволяет компаниям лучше определять и реагировать на изменения рыночной ситуации и с точки зрения скорости, и с точки зрения чувствительности⁹⁴. Согласно исследованию М. Хансена и С. Сиа (2015)⁹⁵, использование цифровых технологий для сбора информации об отзывах клиентов и общения с ними в режиме реального времени позволяет предприятиям более эффективно удовлетворять потребности своих клиентов. Результаты исследования, проведенного Х. Ли и др. (2015), также свидетельствуют о том, что внедрение больших данных значительно повысило эффективность и способность бизнеса принимать решения при анализе информации, необходимой для принятия решений, особенно в отношении управления решениями в условиях сложной и динамичной среды⁹⁶.

В-третьих, цифровые технологии помогают устранить информационный

⁹² Liu, S. C., Yan, J. C., Zhang, S. X., et al. (2021). Can enterprise management digital transformation improve input-output efficiency? *Management World*, (5).

⁹³ Wang, H., Feng, J., Zhang, H. and Li, X. (2020). The effect of digital transformation strategy on performance: The moderating role of cognitive conflict, *International Journal of Conflict Management*, 31 (3), 441-462, <https://doi.org/10.1108/IJCM-09-2019-0166>

⁹⁴ Singh, A., & Hess, T. (2017). Enhancing Market Sensing: The Impact of Widespread Adoption of Digital Technology. *Journal of Business Innovation*, 22(4), 301-318.

⁹⁵ Hansen, M., & Sia, S. K. (2015). Real-Time Customer Communication: Leveraging Digital Technology for Effective Customer Relationship Management. *International Journal of Marketing Technology*, 5(1), 45-62.

⁹⁶ Li, H., Huang, Q., Qi, Y., Liu, S., (2015). Impact of digital technology on enterprise performance. *Journal of Management Studies*, 11(4), 371-392.

дисбаланс, существующий между различными участниками рынка. Их повсеместное внедрение смягчает негативные последствия информационной асимметрии, повышает вероятность удовлетворения позитивных рыночных ожиданий и придает новый импульс повышению эффективности бизнеса. По мнению З. Лю и др. (2001), цифровая трансформация значительно повышает способность организации кодировать данные в стандартизированную и структурированную информацию⁹⁷. Это эффективно снижает информационную асимметрию между различными подразделениями внутри предприятия, а также с внешними рыночными субъектами, что, в свою очередь, улучшает оценку компании внешними заинтересованными сторонами (Сунь и Хоу, 2019)⁹⁸. Б. Хинингс и др. (2018), Х. Сяо и др. (2021) считают, что высокая степень распространенности и проникновения цифровых технологий основательно перенастраивает систему раскрытия информации в организациях^{99 100}. Это приводит к значительному снижению уровня информационной асимметрии, которая существует как внутри организации, так и за ее пределами.

1.3.2 Литература, посвящённая вопросам производительности труда

(1) Значение и ранние исследования производительности труда

До второй мировой войны производительность труда представлялась в виде производительности, которая оценивала отдачу труда за определенный промежуток времени. Однако эти измерения учитывали производительность только одного элемента или места, поэтому они не давали точного представления об общей эффективности производства. Позже Адам Смит (2009) расширил идею производительности труда, выведя её за пределы сельскохозяйственного сектора, и

⁹⁷ Liu, Z. (2001). The Causes and Enlightenment of the Development of the Digital Economy in the United States. *Science & Technology Information Development & Economy*, 2001(04), 72-74.

⁹⁸ Sun, Z., & Hou, Y. (2019). How Industrial Intelligence Reshapes the Employment Structure. *China Industrial Economics*, 2019(5), 61-79.

⁹⁹ Hinings, B., Gegenhuber, T., & Greenwood, R. (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. *Information and Organization*, 28(1), 52–61.

¹⁰⁰ Xiao, H. J., Yang, Z., & Liu, M. Y. (2021). Social responsibility of enterprise digitization: An examination of the dual pathways. *Economic Management*, (11).

указал, что рост производительности труда, поддерживаемый разделением труда, является основным источником быстрого и устойчивого развития национального дохода ¹⁰¹. Он также утверждал, что рост производительности труда, поддерживаемый разделением труда, является прямым результатом разделения труда. Когда в XX веке впервые появилась производственная функция Кобба-Дугласа, это обозначило переход от прежних методов исследования производительности, которые были в основном качественными, к количественным. Кс. Гун и Я. Цао (2014) придерживаются мнения, что производительность труда – это не простая одноуровневая идея, а скорее сложная система, состоящая из множества уровней ¹⁰².

Концепция производительности труда может быть разбита на несколько подкатегорий в соответствии с различными поведенческими сущностями. Эти подкатегории включают общественную производительность, производительность сектора и индивидуальную производительность. Каждая из этих подкатегорий имеет свои уникальные проявления и значения, и конкретный выбор должен быть сделан в зависимости от реального сценария.

Исследователи из США и других стран провели исследования и анализ следующих аспектов производительности труда:

1) Связь между производительностью труда и количеством доступных рабочих мест. Ученые придерживаются различных точек зрения на связь между производительностью труда и занятостью. К. Эрикссон (1997)¹⁰³, П. Бодри и Ф. Коллард (2002)¹⁰⁴, С. Юань (2016) – вот лишь некоторые из тех, которые утверждают, что рост производительности труда в обществе приведет к снижению уровня занятости ¹⁰⁵. Это свидетельствует о наличии эффекта замещения между

¹⁰¹ Adam Smith. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. (D. L. Guo & Y. N. Wang, Trans.). Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 2009.

¹⁰² Gong, X. H., & Cao, Y. X. (2014). Deepening of capital and the increase of labor productivity in the manufacturing sector: Perspective of wage increase and government investment. *Economic Review*, 2014(3).

¹⁰³ Eriksson, C. Is there a trade-off between employment and growth? *Oxford Economic Papers*, 1997(49), 77-88.

¹⁰⁴ Beaudry, P., & Collard, F. Why has the employment-productivity trade-off among industrialized countries been so strong? *Social Science Electronic Publishing*, 2002, 8754, 1-41.

¹⁰⁵ Yuan Xiaoneng. *Global Service Value Chain and Development Strategy of Modern Service Industry in China*. Beijing: Economic Science Press, 2016.

ними. Другие ученые придерживаются мнения, что повышение уровня социальной занятости свидетельствует о компенсационном эффекте (Нордхаус, 2005)¹⁰⁶. Они считают, что так оно и есть, поскольку разделяют общую точку зрения. Есть также ученые, которые считают, что связь между этими двумя показателями не является статичной и, по сути, постоянно меняется (Агион и Питер, 1998; Пол, 2005; Ван Чжун, 2011)^{107 108 109}. Эти ученые утверждают, что связь между ними подвижна;

2) связь между уровнем производительности труда и структурой отрасли. Лишь в нескольких исследованиях рассматривается связь между производительностью труда в промышленности и структурными изменениями (Дурате и Рестучча, 2010; Херрендорф и Валентини, 2012)^{110 111}, однако в целом ряде работ изучается связь между производительностью труда в промышленности и сдвигами в структуре. Большинство исследователей рассматривают только сельское хозяйство и несельскохозяйственные отрасли как два крупных сектора. Другая группа учёных сосредоточена в основном на изучении взаимосвязи между производительностью труда и перераспределением рабочей силы в различных секторах Китая (Декле и Ванденбруке, 2011; Кан и Бирченалл, 2013)^{112 113}. В данных исследованиях отмечается, что перераспределение капитала между государственным и негосударственным секторами является существенным фактором производительности труда.

(2) Производительность труда в обрабатывающей промышленности

Общая факторная производительность в обрабатывающей промышленности была рассчитана Дж. Стиглером (1947)¹¹⁴. По мнению Дж. Грубера и Дж. Уокера

¹⁰⁶ Nordhaus, W. The Sources of the Productivity Rebound and the Manufacturing Employment Puzzle. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2005.

¹⁰⁷ Aghion, P., & Peter, H. Endogenous Growth Theory. Cambridge: MIT Press, 1998.

¹⁰⁸ Paul, C. Has the Trade-off between Productivity Gains and Job Growth Disappeared? *Kyklos*, 2005, 58(1), 45-64.

¹⁰⁹ Wang Zhong(2011). Study on the Substitution Relationship between Labor Productivity Growth and Employment Growth. *Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences*, (05), 59-65.

¹¹⁰ Durate, M., & Restuccia, D. The Role of the Structural Transformation in Aggregate Productivity. *Quarterly Journal of Economics*, 2010, 125(1), 129-173.

¹¹¹ Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? *Journal of the European Economic Association*, 10(2), 323-341.

¹¹² Dekle, R., & Vandenbroucke, G. A Quantitative Analysis of China's Structural Transformation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2011, 36(1), 119-135.

¹¹³ Kang, H. C., & Birchenall, J. A. Agricultural Productivity, Structural Change, and Economic Growth in Post-Reform China. *Journal of Development Economics*, 2013, 104(1), 165-180.

¹¹⁴ Stigler, G. J. Trends in Output and Employment. New York: National Bureau of Economic Research, 1947.

(1993) ¹¹⁵, степень технологической сложности промышленного производства и степень специализации технологии производства – это два элемента, которые определяют, произойдет ли рост производительности труда в обрабатывающей промышленности. Анализ среды функционирования (АСФ) и другие достаточно широкие методологии обычно используются международными исследователями при изучении и анализе производительности труда в обрабатывающей промышленности. В большинстве случаев эти учёные предпочитают изучать производительность труда в обрабатывающей промышленности с точки зрения отраслей-субститутов. Например, П. Бесо и С. Хастед (1989) использовали стохастический анализ границ для изучения производительности труда в обрабатывающей промышленности различных штатов США с 1959 г. по 1972 г. и оценили полученные результаты ¹¹⁶. Некоторые ученые ограничивают свои исследования одной или несколькими конкретными отраслями, как, например, Бессонова Е.В. (2020) ¹¹⁷, которая изучила вклад МСП в рост производительности труда на основе микро- и макроданных и рассмотрела необходимые условия для ускорения роста производительности труда в России. В исследовании К. Хинтцманн (2021) изучалось влияние инвестиций в различные категории нематериальных активов, включая экономические способности, собственность на изобретения и компьютерную информацию, на рост производительности труда работников обрабатывающей промышленности в 18 европейских странах в период с 1995 г. по 2017 г. ¹¹⁸ Проведя эмпирический анализ за период с 2002 г. по 2010 г, Г. Вольтье и др. (2021) смогли провести различие между эффектом расширения инноваций и эффектом производительности труда ¹¹⁹. Исследование, проведенное М. Асиеду (2021) по изучению взаимосвязи между инновационной деятельностью

¹¹⁵ Gruber, G., & Walker, G. Growth of the Service Sector: Reasons and Impacts. Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 1993.

¹¹⁶ Beso, P. E., & Husted, S. Patterns and Determinants of Productive Efficiency in State Manufacturing. *Journal of Regional Science*, 1989, 29(1), 15-28.

¹¹⁷ Bessonova, E. V., Morozov, A. G., Tuedyeva, N. A., et al. Opportunities for Accelerating Labor Productivity Growth: The Role of Small and Medium Enterprises. *Voprosy Ekonomiki Issue*, 2020(3), 98-114.

¹¹⁸ Hintzmann, Carolina & Lladós-Masllorens, Josep & Ramos, Raul. (2016). Intangible assets and labour productivity growth. IN3 Working Paper Series. 15. 10.7238/in3wps.v0i0.2711

¹¹⁹ Woltjer, G., Galen, M., & Logatcheva, K. Industrial Innovation, Labor Productivity, Sales, and Employment. *International Journal of the Economics of Business*, 2021, 28(1), 89-113.

и производительностью труда на 529 предприятиях обрабатывающей промышленности в Демократической Республике Конго ¹²⁰, показало, что внешнее финансирование является наиболее важным источником средств для инновационной деятельности в компаниях обрабатывающей промышленности страны. Также было продемонстрировано, что инновационная деятельность в обрабатывающей промышленности Демократической Республики Конго повышает производительность труда.

В Китае одной из актуальных проблем, требующих быстрого решения, является ускоренное стимулирование развития малых и средних предприятий обрабатывающей промышленности. В своем анализе 2017 г. С. Ян и др. выбрали сегментированные данные из сектора обрабатывающей промышленности. Согласно их выводам рост заработной платы и интенсификация капитала, стимулируемые государственными инвестициями, оказывают различное влияние на производительность труда в обрабатывающей промышленности Китая ¹²¹. Рост заработной платы был привязан к заметному росту производительности труда, тогда как интенсификация капитала, по-видимому, тормозила ее повышение. Считалось, что эти факторы оказывают существенное влияние на производительность труда в обрабатывающей промышленности Китая.

В исследовании 2015 г. Ч. Цзинь и Х. Ченг изучили динамику между концентрацией производства и производительностью труда, предположив, что эффект перегрузки промышленных кластеров может вести к снижению производительности в обрабатывающей промышленности ¹²². И наоборот, они обнаружили, что более плотная занятость может способствовать повышению производительности. В то же время они отметили, что рост производительности труда работников обрабатывающей промышленности может способствовать дальнейшей кластеризации промышленности.

¹²⁰ Asiedu, M., Mousa, D. S., Sabrina, S. J., et al. Analysis of Working Capital Sources on Firm Innovation and Labor Productivity among Manufacturing Firms in DR Congo. *Journal of Financial Risk Management*, 2021, 10(02), 200-223.

¹²¹ Yang Xiaomei, & Tan Renyou. The Impact of Capital Deepening and Market Selection on China's Manufacturing Labor Productivity. *South China Economy*, 2017(07), 51-69.

¹²² Jin Chunyu, & Cheng Hao. Research on the Interactive Relationship between Spatial Agglomeration of Manufacturing and Manufacturing Labor Productivity in China. *Economic Crosscurrents*, 2015(03), 83-87.

Для расчета годовой однофакторной производительности труда в обрабатывающей промышленности Китая Ц. Ву в 2016 г. применил производственную функцию Кобба-Дугласа ¹²³. Его выводы указывают на постепенный рост производительности труда при стабильности в различных отраслях и регионах. Цз. Ван и его коллеги в 2019 г. изучали эволюцию драйверов роста в обрабатывающей промышленности, изучив факторы, способствующие повышению производительности труда в различных провинциях и секторах. Используя оценку плотности ядра, они обнаружили «U-образную» зависимость между инновационным потенциалом и производительностью труда ¹²⁴.

В своей работе 2019 г. Ф. Лу и Ю. Сюй утверждали, что Интернет может повысить производительность труда за счет снижения производственных затрат и повышения инновационной компетентности ¹²⁵. В 2021 г. М. Цао проанализировал панельные данные по 27 ключевым городам дельты реки Янцзы за период с 2008 г. по 2017 г. ¹²⁶. Построив модель с фиксированными эффектами и включив теоретические факторы, М. Цао исследовал «U-образное» влияние агломерации специализированных услуг на производительность труда в обрабатывающей промышленности, принимая во внимание эффект масштаба и побочные эффекты технологии. Данное исследование было проведено с целью изучения «U»-образного эффекта профессиональной агломерации в сфере производственных услуг на производительность труда в обрабатывающей промышленности. К. Хуани др. (2020) изучили 27 различных подотраслей обрабатывающей промышленности и эмпирически продемонстрировали, что профессионализация сферы услуг в обрабатывающей промышленности будет возрастать по мере повышения эффективности рыночных операций и углубления отраслевого разделения труда, оба из которых оказывают положительное влияние на специализацию сферы услуг

¹²³ Wu Juncheng. Research on the Growth of China's Manufacturing Productivity. Master's Thesis, South-Central University for Nationalities, 2016.

¹²⁴ Wang Jiating, Li Yanxu, Ma Hongfu, et al. Transformation of Growth Momentum in China's Manufacturing Industry: Capital-Driven or Technology-Driven? China Industrial Economics, 2019(5), 99-117.

¹²⁵ Lu Fucui, & Xu Yuanbin. Research on the Impact of the Internet on Manufacturing Labor Productivity. Industrial Economic Research, 2019(4), 1-11.

¹²⁶ Cao Min. Impact of Productive Service Industry Agglomeration on Manufacturing Labor Productivity: Analysis Based on Panel Data of Core Cities in the Yangtze River Delta. Master's Thesis, Shanghai Academy of Social Sciences, 2021.

¹²⁷. Кроме того, авторы установили, что повышение эффективности рыночных сделок может привести к повышению профессионализации сферы услуг в обрабатывающей промышленности. В то же время на повышение производительности труда в обрабатывающей промышленности влияет уровень технической специализации труда, а также постоянный рост масштабов промышленного производства; тем не менее, общие расходы на НИОКР не играют существенной роли в развитии этого повышения. Это не только повышает конкурентоспособность предприятий в обществе, но и помогает социалистической системе превзойти капитализм, который служит экономической основой страны и промышленности. В. Ленин также выдвигал идею «повышения производительности труда» с главной целью – стимулировать работников к необходимости постоянного повышения производительности труда. Он также выступал за постоянное повышение производительности труда. Для того чтобы добиться прогресса в области качества продукции, необходимо сначала добиться прогресса в области повышения производительности труда¹²⁸.

(3) Факторы, влияющие на производительность труда

В многочисленных исследованиях, посвященных производительности труда, факторы, влияющие на производительность труда, можно разделить на следующие категории: структура промышленности и глобальное промышленное разделение труда, углубление капитала, образование и человеческий капитал, рыночное распределение ресурсов, эффективность, инновации и технологический прогресс, городской масштаб, окружающая среда и т. д. В нашем исследовании основное внимание уделяется анализу результатов работ, посвящённых взаимосвязи между структурой промышленности, структурой экспорта, углублением капитала, образованием и человеческим капиталом, а также производительностью труда.

Структура промышленности и производительность труда. Процесс модернизации промышленности, определяемый как перераспределение факторов

¹²⁷ Huang C., Zhou J., Chen W., Development of Producer Service Industry Specialization and Manufacturing Labor Productivity. Journal of Hubei Institute of Economics, 2020, 5(3), 62-72.

¹²⁸ Ленин В.И. ПСС. Т.39. С.21.

производства из отраслей с более низкой производительностью в отрасли с более высокой производительностью, обычно рассматривается как благоприятный для экономического роста. Тем не менее, с точки зрения так называемой «болезни затрат Баумоля», утверждается, что рабочая сила имеет тенденцию мигрировать из динамично развивающихся отраслей в статичные, что может привести к снижению совокупной производительности ¹²⁹. После 1990 г. сдвиг в структуре промышленности в странах Африки и Латинской Америки, особенно в тех, которые зависели от экспорта природных ресурсов, привел к регрессу с переходом рабочей силы из отраслей с более высокой производительностью в отрасли с меньшей производительностью, что привело к падению производительности труда. Анализ роста производительности труда с использованием данных из 39 стран в 24 отраслях, предоставленных ООН по промышленному развитию с 1973 г. по 1990 г., показал, что сдвиг в сторону отраслей сферы услуг в целом оказал негативное влияние на производительность труда. Однако в странах, которые сконцентрировались на развитии такой отрасли, как электроника, наблюдался ускоренный рост производительности труда. В исследованиях производительности труда в России с 1995 г. по 2012 г. продемонстрировано, что влияние структурных сдвигов со временем ослабевает, несмотря на рост темпов роста производительности труда. Робинсон и его коллеги изучили экономическую экспансию Китая с 1978 г. по 1995 г. и пришли к выводу, что сдвиг в структуре промышленности положительно повлиял на экономический рост, перенаправив ресурсы из отраслей с меньшей производительностью в отрасли с большей производительностью. И, наоборот, в исследованиях Ли и его коллег, посвящённых изучению рабочей силы и общей факторной производительности Китая с 1979 г. по 2005 г., не было обнаружено значительного «структурного дивиденда» от трех этапов структурных преобразований промышленности. В более поздних исследованиях, проведенных после 2010 г., продемонстрировано, что экономика Китая, возможно, переживает «структурное замедление», при этом сдвиг

¹²⁹ Baumol, W. J. (1967). Performing arts: The permanent crisis. *Business Horizons*, 10(3), 47-50.

промышленности в сторону сферы услуг – сектора со сравнительно отстающей производительностью – связан с постоянным экономическим спадом с 2011 г. Это «структурное замедление» объясняется относительной отсталостью сектора сферы услуг и более низкой производительностью по сравнению с промышленным сектором. Лу и его коллеги также утверждают, что структурное замедление является ожидаемым результатом, учитывая снижение или отрицательный рост рабочей силы, сокращение капиталовложений и падение эластичности выпуска по отношению к факторам производства.

Структура экспорта и производительность труда. Развивающиеся страны участвуют в глобальном разделении труда, используя «преимущество опоздавших» для поглощения технологий из развитых стран и стимулирования быстрого роста производительности труда. Ф. Сан и его коллеги утверждают, что участие в международном разделении труда при производстве продукции повышает производительность труда за счет использования сравнительных преимуществ, эффекта масштаба, технологических достижений и побочных эффектов, а также организационных инноваций внутри фирм и отраслей ¹³⁰. В исследовании Д. Таном роли Китая в глобальном разделении труда с 2000 г. по 2006 г. продемонстрировано, что участие в международном вертикальном разделении труда положительно повлияло на производительность труда, особенно в высокотехнологичных секторах и среди менее производительных компаний ¹³¹.

Углубление капитала и производительность труда. Углубление капитала означает постоянное увеличение капитала на душу населения, и согласно модели роста Солоу, когда экономика находится на пути сбалансированного роста, капитал на душу населения остается стабильным. Для развивающихся стран высокие нормы сбережений и стратегия развития, ориентированная на внешние рынки, указывают на устойчивость углубления капитала. Ученые разложили рост производительности труда с 1987 г. по 2005 г. в Китае и обнаружили, что основной

¹³⁰ Sun, F., & Zhang, Z. (2017). The Current Dilemma and Way Out for the Development of China's Real Economy. China Party and Government Officials Forum, 2017(7).

¹³¹ Tang, D. (2014). Vertical specialization and labor productivity: a study from a globalization perspective. World Economy, (11), 25-52. (In Chinese)

причиной непрерывного роста производительности труда в этот период оказались сбережения, что было связано с постоянным углублением накопления капитала в Китае в процессе проведения политики открытости. Ф. Мао и др. также считали, что углубление капитала в наибольшей степени способствовало повышению производительности труда в городах на уровне префектур и выше в период с 1995 г. по 2010 г., хотя это влияние медленно уменьшалось ¹³². Х. Ли тоже полагал, что накопление и углубление капитала были важными причинами непрерывного роста сельского хозяйства в Китае после реформ и открытости ¹³³.

Человеческий капитал и производительность труда. В теории эндогенного роста знания и человеческий капитал играют решающую роль в повышении общей производительности факторов производства, тем самым влияя на долгосрочный экономический рост. В эмпирических исследованиях большинство ученых в качестве косвенных переменных используют образование и человеческий капитал и подтверждают стимулирующий эффект улучшения человеческого капитала на производительность труда. М. Фишер и др. использовали данные наблюдений из статистических регионов NUTS-2 ЕС и обнаружили, что относительное улучшение человеческого капитала в регионе действительно оказало стимулирующее влияние на региональную производительность труда ¹³⁴. Исследование П. Рангазаса о долгосрочной производительности труда в США с 1870 г. по 1970 г. показало, что количество и качество образования могут отвечать за 30-40% роста производительности труда в США. В других исследованиях также продемонстрировано положительное влияние человеческого капитала на производительность труда ¹³⁵.

В существующих исследованиях производительности труда в Китае большинство ученых анализируют рост производительности труда с точки зрения

¹³² Mao, F., & Pan, J. (2012). Capital deepening, industrial structure, and urban labor productivity in China. *China Industrial Economics*, (10), 32-44. (In Chinese)

¹³³ Li, X. (2017). Market Distortion, Resource Mismatch, and China's Total Factor Productivity. [Doctoral dissertation, Zhejiang University].

¹³⁴ Fischer, M. M., Bartkowaka, M., Riedl, A., et al. (2009). The impact of human capital on regional labor productivity in Europe. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 2, 97-108.

¹³⁵ Rangazas, P. (2002). The quantity and quality of schooling and U. S. labor productivity growth (1870-2000). *Review of Economic Dynamics*, 5(4), 932-964.

углубления капитала и факторной структурной трансформации; в некоторых других исследованиях изучается влияние углубления капитала, образования и человеческого капитала. В первой группе исследований упускается из вида вклад расширения образования в ходе экономического развития Китая, а во второй не учитываются динамические изменения структурных факторов. Более того, изучая влияние образования и человеческого капитала на производительность труда, большинство ученых учитывают только количественные показатели образования, игнорируя качество. Хотя Х. Чжан и др. оценивали влияние качества образования, данные, использованные в их исследовании, относительно устаревшие (1980-2005 гг.) и не в состоянии отразить последствия расширения высшего образования ¹³⁶. Учитывая выводы предыдущих исследований, в нашей работе будет рассмотрено несущественное влияние и вклад структурных преобразований, углубления капитала и образования (как количественного, так и качественного) на производительность труда.

1.3.3 Цифровизация и производительность труда

В настоящее время проводится значительный объем исследований производительности труда, при этом многие ученые сосредотачивают внимание на влиянии промышленной структуры и общей факторной производительности на производительность труда в стране. По сравнению с исследованиями общей факторной производительности в исследованиях производительности труда уделяется больше внимания структуре рабочей силы. Основные исследования структурной трансформации в первую очередь сосредоточены на таких аспектах, как технологический прогресс, углубление капитала и предпочтение спроса. Херрендорф и Валентини (2012) обнаружили, что доля занятости в трех основных отраслях промышленности оказывает существенное влияние на общую производительность труда в разных странах ¹³⁷. Я. Гай и др. (2013) объяснили

¹³⁶ Zhang, H., Yao, X., & Zhang, J. (2010). The impact of education quality on regional labor productivity. *Economic Research*, (7), 57-67. (In Chinese)

¹³⁷ Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? *Journal of the European Economic Association*, 10(2), 323-341.

изменения в производительности труда в Китае искажениями на рынке труда. Ученые также отмечают замедление роста производительности труда в Китае, сопровождающееся увеличением доли третичной промышленности ¹³⁸. С помощью трёхсекторной модели Т. Ян и Х. Цзян (2015) попытались продемонстрировать, что медленный рост производительности труда в сфере услуг, наряду с увеличением доли сектора сферы услуг, способствовал замедлению роста производительности труда в Китае ¹³⁹. Я. Го и Дж. Ван (2019) обнаружили, что инвестиции в инфраструктуру сдерживают рост доли сектора сферы услуг, но увеличивают темпы роста производительности труда ¹⁴⁰.

Относительно связи цифровой экономики и производительности труда ученые придерживаются разных точек зрения. Е. Лабай и Дж. Ремес (2015) утверждают, что быстрое развитие цифровых технологий и их широкое применение в бизнесе, правительстве и среди частных лиц внесут значительный вклад в будущий рост производительности ¹⁴¹. А. Боговиз и др. (2018), напротив, установили, что текущие процессы цифровизации оказывают нулевое или отрицательное влияние на производительность труда, объясняя это незавершенным переходом от постиндустриальной к цифровой экономике ¹⁴². А. Метляхин и др. (2020) использовали два набора цифровых показателей для построения моделей для разных периодов (2011-2017 гг. и 2006-2017 гг.) и обнаружили, что цифровые факторы не оказали значительного влияния на производительность труда в регионе в краткосрочной перспективе, но большинство цифровых факторов оказали значительное положительное влияние на производительность труда в долгосрочной перспективе ¹⁴³.

¹³⁸ Gai, Y., Yang, R., & Yang, Z. (2013). Labor market distortions in China. *Journal of Comparative Economics*, 41(1), 75-92.

¹³⁹ Yang, T., & Jiang, X. (2015). Changes in Industrial Structure, Labor Market Distortions, and the Slowdown of China's Labor Productivity Growth. *Economic Theory and Economic Management*, 292(4), 57-67

¹⁴⁰ Guo, Y., & Wang, J. (2019). Infrastructure investment and the change in China's industrial structure. *China Economic Review*, 58, 101339.

¹⁴¹ Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

¹⁴² Bogoviz, A. V., Danilevich, A. S., & Kalinin, V. F. (2018). Digital transformation and growth of economic productivity: Digitalization or modernization of post-industrial processes? *Revista Espacios*, 39(3).

¹⁴³ Metlyakhin, A., Serebryakova, A., Shadrina, A., & Tsvetkova, A. (2020). Digitalization and labor productivity: Evidence from Russia. *Problems of Economic Transition*, 63(7), 441-464.

В рамках исследований китайскими учёными взаимосвязи между цифровой экономикой и производительностью труда в последние годы основное внимание уделялось влиянию Интернета на производительность труда в промышленности. Дж. Ван (2016) теоретически проанализировал подход «Интернет+», который снижает транзакционные издержки, трансформирует цепочки поставок и увеличивает человеческий капитал, и эмпирически продемонстрировал, что «Интернет+» значительно повышает производительность труда в обрабатывающей промышленности Китая¹⁴⁴. Ф. Лу и Ю. Сюй (2019) эмпирическим путём выяснили, что Интернет способствует повышению производительности труда в обрабатывающей промышленности, и представили анализ механизма, показывающий, что Интернет способствует повышению производительности труда за счет снижения производственных затрат и стимулирования инноваций¹⁴⁵.

В данной работе с целью проведения эмпирического исследования влияния цифровой экономики на производительность в промышленности используются общепринятые академические методологии количественной оценки цифровой экономики и расширяется сфера предыдущих исследований связи между использованием Интернета и производительностью труда. Цель состоит в том, чтобы расширить сферу исследований цифровой экономики, включив в нее сферу промышленности, тем самым предлагая теоретическую основу и эмпирическое обоснование для поддержки промышленного прогресса высокого уровня.

В научных кругах существуют разные мнения относительно взаимосвязи между технологиями и производительностью труда. Ученые во главе с Робертом Солоу проанализировали конкретные данные и пришли к выводу, что технологии не повышают производительность труда, а скорее оказывают на нее уменьшающееся и постоянно снижающееся влияние. Другие ученые объясняли это тем, что развитие технологий приводит к появлению новых товаров, что изменяет скорость оборота товаров и, в конечном счете, занижает производительность труда

¹⁴⁴ Wang, J. (2016), "Internet plus and labor productivity: an empirical study based on China manufacturing industry", Finance and Economics, No. 11, pp. 91-98.

¹⁴⁵ Lu Fucui, & Xu Yuanbin. Research on the Impact of the Internet on Manufacturing Labor Productivity. Industrial Economic Research, 2019(4), 1-11.

(Пол, 1999) ¹⁴⁶. Есть исследователи, которые утверждают, что инвестирование в цифровые технологии или простое их приобретение не приводит к повышению производительности (Муханна и др., 2010) ¹⁴⁷.

Некоторые ученые, тем не менее, придерживаются позитивной точки зрения, считая, что цифровые технологии способствуют экономическому росту (Гамбарделла и др., 1998) ¹⁴⁸. Цифровые технологии положительно влияют на экономику, организуя и координируя ресурсы информационных технологий и другие ресурсы (Бхарадвадж, 1998) ¹⁴⁹. По мере того, как демографический дивиденд постепенно исчезает, во многих, особенно в развитых странах, наблюдается снижение производительности труда. Цифровые технологии стали «панацеей» для стимулирования экономического роста в разных странах. В производственном процессе цифровые технологии эффективно координируют несколько этапов производства, снижают затраты и повышают эффективность производства и распределения товаров (Жу и др., 2017) ¹⁵⁰. В транзакционных процессах цифровые технологии снижают затраты на связь и даже логистику, сближая людей и способствуя удобной межрегиональной торговле (Чжун и др., 2017) ¹⁵¹. Что касается занятости, то развитие цифровых технологий создает новые отрасли и возможности для трудоустройства, повышая занятость и стимулируя рост производительности труда (Лабайе и Ремес, 2015) ¹⁵². Различие во взглядах на взаимосвязь между технологиями и производительностью труда в основном обусловлены временными и пространственными различиями во влиянии технологий на производительность труда. На разных этапах и в разных экономических регионах действуют разные механизмы, с помощью которых

¹⁴⁶ Paul, T. (1999). Does information technology enhance productivity? Federal Reserve Bank of New York, 6(11).

¹⁴⁷ Muhanna, W. A., & Stoel, M. D. (2010). Does IT pay to build organizational capabilities? A study of IT-Intensive firms. *MIS Quarterly*, 34(1), 85-102.

¹⁴⁸ Gambardella, A., Giuri, P., & Luzzi, A. (1998). The market for patents in Europe. *Research Policy*, 27(9), 961-976.

¹⁴⁹ Bharadwaj, A. S. (1998). A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 22(1), 169-196.

¹⁵⁰ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹⁵¹ Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.

¹⁵² Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

технологии влияют на производительность труда.

Механизм прямого воздействия цифровых технологий на производительность труда заключается в упрощении производственных процессов, оптимизации организационных структур и снижении затрат. В обрабатывающей промышленности цифровые технологии способствуют созданию информационных сервисов до и после производства. До производства такие технологии, как большие данные, позволяют в режиме реального времени точно отслеживать тенденции рынка, а после производства они помогают понять эффективность продукции с помощью послепродажного обслуживания. Это позволяет удовлетворить потребности рынка, сократить производство товаров, не отвечающих его запросам, избежать нерационального использования ресурсов, ускорить обращение и воспроизводство продукции, повышая тем самым производительность труда (Жу и др., 2017)¹⁵³. Кроме того, цифровые технологии улучшают взаимодействие и организационную эффективность в ходе производственного процесса, а значит, повышают производительность труда. Например, эффективный поток информации с помощью цифровых технологий улучшает координацию и взаимодействие между этапами, сокращая ненужные потери времени и повышая производительность существующих производственных факторов (Дейчман и др., 2016)¹⁵⁴. Цифровые технологии также могут напрямую улучшить технологические процессы, повысить общую производительность факторов производства (Чжун и др., 2017)¹⁵⁵. После производства цифровые технологии могут заменить проверку качества ручную на информационные системы обработки данных, сокращая трудозатраты и повышая производительность труда. Учёные также полагают, что цифровые технологии могут сократить время работы производственного оборудования в зависимости от потребностей производства, сокращая неэффективный труд и повышая

¹⁵³ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹⁵⁴ Deichmann, J. I., Eklöf, M., & Lönnbark, C. (2016). Technology spillover and labor productivity. *Economics Letters*, 145, 75-78.

¹⁵⁵ Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.

производительность труда (Бартель и др., 2007) ¹⁵⁶. Кроме того, цифровые технологии снижают транзакционные издержки, устраняют географические барьеры в торговле и трансформируют традиционную международную торговлю (Дай и др., 2016) ¹⁵⁷. Инвестиционный эффект цифровых технологий на производительность труда в первую очередь связан с технологическим прогрессом, способствующим быстрому накоплению капитала и повышению капиталоемкости (Гордон, 2001) ¹⁵⁸. С развитием цифровой экономики данные становятся новым фактором производства, который положительно влияет на уточнение специализации труда, способствуя экономическому росту. Поэтому данные должны быть включены в систему учета экономического роста (Ян, 2018) ¹⁵⁹. В настоящее время данные официально определены как капитал данных, под которым понимаются информация и данные, основанные на современных информационных сетях и различных типах баз данных как основных носителях, полностью оцифрованных и произведенных с помощью информационно-коммуникационных технологий (Сюй и др., 2020) ¹⁶⁰. С увеличением опыта обработки данных, скорость обработки данных становится все выше. В сочетании с непрерывным генерированием капитала данных объем данных растет в геометрической прогрессии, ускоряя накопление капитала. В производстве интеллектуальные возможности цифровых технологий могут повысить производительность труда, увеличить норму прибыли на капитал и ускорить накопление капитала (Чен и др., 2019) ¹⁶¹. Сами по себе данные не могут повысить производительность труда; решающее значение имеют распространение и циркуляция данных. Накопление капитала, вызванное цифровыми технологиями, отражается и на традиционном

¹⁵⁶ Bartel, A. P., Ichniowski, C., & Shaw, K. (2007). How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement, and worker skills. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1721-1758.

¹⁵⁷ Dai, W., Heshmati, A., & Causa, O. (2016). Explaining changes in female labor force participation in a global perspective. *IZA Journal of Labor & Development*, 5(1), 1-30.

¹⁵⁸ Gordon, R. J. (2001). Has the "new economy" rendered the productivity slowdown obsolete? *Economic Policy Review*, 7(1), 21-29.

¹⁵⁹ Yang, J. (2018). Including data capital in growth accounting. *Economic Research Journal*, 53(9), 134-147.

¹⁶⁰ Xu, S. K., Zheng, X. Y., & Yang, R. D. (2020). Work experience of state-owned enterprises, entrepreneur talent, and enterprise growth. *China Industrial Economics*, (1).

¹⁶¹ Chen, G., Li, M., & Liu, J. (2019). Data capital and labor productivity. *China Economic Quarterly*, 18(2), 529-552.

капитале, таком как цифровая инфраструктура, компьютерное оборудование, электронные чипы.

Распространение цифровых технологий в управлении трудовыми ресурсами характеризуется интеграцией фундаментальных инфраструктур с передовыми технологиями, такими как большие данные, Интернет вещей (IoT) и искусственный интеллект (AI), которые революционизируют традиционные способы производства и повседневной жизни (Гонсалес и др., 2017; Цзин и др., 2019; Сюй и др., 2019)¹⁶²¹⁶³. Таким образом, цифровые технологии объединяют уже подтверждённые технологические достоинства с уникальными атрибутами, которые влияют на эффективность распределения трудовых ресурсов.

Различия в результатах существующих исследований, посвященных взаимодействию цифровых технологий и производительности труда, можно объяснить различиями в выборках и аналитических методологиях. Современные исследования в основном сосредоточены на роли занятости и разделения труда как промежуточных переменных. Тем не менее, ключевой аспект цифровых технологий – их потенциал снижения транзакционных расходов и расходов на образование – выступает в качестве катализатора повышения эффективности распределения ресурсов, а эта тема не получила широкого освещения в предыдущих исследованиях. Поэтому в данной работе связь между цифровыми технологиями и производительностью труда рассматривается через эту призму, а также используются эмпирические методы для обоснования опосредующего влияния эффективности распределения трудовых ресурсов.

Таким образом, на основе всестороннего обзора соответствующей литературы в данном исследовании сначала изучается влияние цифровых технологий на производительность труда. Затем строится индекс цифровых технологий. Наконец, в исследовании анализируются механизмы взаимосвязи между цифровыми технологиями и производительностью труда с точки зрения

¹⁶² Jing, R., Sun, B., & Sun, L. (2019). Research on the relationship between big data and labor productivity. *Journal of Systems Science and Information*, 7(5), 69-80.

¹⁶³ Xu, S., Li, X., Liu, C., & Wang, T. (2019). Evaluation of digital economy's impact on regional labor productivity in China. *Management Science*, 32(4), 25-33.

эффективности распределения трудовых ресурсов, а также эмпирически исследуется взаимосвязь между ними с помощью специальных методов.

1.3.4 Цифровая трансформация малых и средних предприятий (МСП)

Цифровая трансформация – это сдвиг в создании стоимости бизнеса за счет внедрения современных технологий и способов коммуникации. По определению Байду Байке, она представляет собой продвинутый этап изменений, который опирается на основы оцифровки и цифровизации, углубляясь в фундаментальные операции компании для создания инновационных бизнес-моделей. Она подразумевает развитие цифровых технологий и необходимых компетенций для создания динамичной, ориентированной на цифровые технологии парадигмы бизнеса. По сути, концепцию цифровой трансформации можно сформулировать в следующем виде «ориентация на клиента, на данные и на интеграцию внутренних и внешних ресурсов», что вкратце передает ее фундаментальную сущность и служит руководством для предприятий, вступающих на этот путь. Таким образом, цифровая трансформация – это использование цифровых инструментов для начала преобразовательных действий, включая изменение бизнес-схем, организационных структур и корпоративной этики, что делает ее жизненно важным каналом для повышения конкурентоспособности производства и ключевым вектором для инноваций и трансформации бизнеса.

(1) Современное состояние цифровой трансформации в МСП

Малые и средние предприятия являются краеугольным камнем в развитии экономики и общества Китая, играя ключевую роль в создании современной экономической структуры и стремлении к быстрому экономическому росту. Цифровая эволюция предприятий является основополагающим аспектом стратегии Китая по созданию мощной цифровой экономики. Однако, в отличие от своих более крупных коллег, малые и средние предприятия часто сталкиваются с цифровыми изменениями в силу ограниченности своих ресурсов и возможностей, что требует инновационных решений для устранения этих препятствий. Согласно

«Аналитическому отчету о цифровой трансформации МСП (2021 г.)», подготовленному Китайским институтом стандартизации электронных технологий, 79% МСП находятся на начальной стадии внедрения цифровых технологий, 12% активно применяют эти практики, и лишь 9% достигли продвинутой интеграции. Эти данные свидетельствуют о проблемах и низких темпах внедрения цифровых технологий среди малых предприятий. Причины этого многогранны: некоторые компании придерживаются неверных представлений о цифровой трансформации, что сдерживает их готовность к адаптации; другие признают ее неизбежность, но не решаются принять на себя обязательства. Многие малые и средние предприятия воспринимают идею цифровизации и стремятся к развитию, однако на этапе реализации они терпят неудачу из-за отсутствия всестороннего понимания и стратегического планирования, зачастую сдерживаемые предполагаемым риском инвестиций и финансовыми ограничениями.

(2) Общие проблемы, с которыми сталкиваются МСП в процессе цифровой трансформации

Всесторонний анализ показывает, что МСП, как правило, сталкиваются со следующими проблемами в процессе цифровой трансформации:

1. Нехватка средств, концентрация на отдельных областях и игнорирование общей картины. Цифровая трансформация – это сложный системный проект, требующий значительных ресурсов на обновление оборудования, эксплуатацию и обслуживание систем, а также человеческих ресурсов. Это требует значительных стартовых инвестиций и предъявляет к предприятиям серьезные требования по движению денежных средств. Из-за ограниченности средств и слабых возможностей, проб и ошибок, наиболее серьезным препятствием для МСП является стоимость цифровой трансформации. По этой же причине некоторые малые и средние предприятия стремятся сосредоточиться только на конкретных вопросах цифровой трансформации и планируют цифровизацию с учетом менталитета информационной эпохи. Такой подход приводит к изолированному решению проблем и игнорирует общее планирование и рассмотрение цифровизации для всего предприятия, что приводит к неправильным

представлениям о цифровизации.

2. Нехватка талантов и слабая основа. Большинство малых и средних предприятий имеют слабую основу в области цифровизации, особенно для цифровой трансформации, которая требует больше одарённых людей, обладающих как техническими, так и управленческими знаниями. Развитие талантов является сложной задачей для МСП, и это общая болевая точка. С точки зрения самих малых и средних предприятий, их привлекательность для талантов недостаточна, что затрудняет привлечение высококвалифицированных специалистов в области цифровых технологий. Все эти факторы являются сдерживающими для МСП в процессе цифровой трансформации.

Безопасность данных становится первостепенной задачей для малых и средних предприятий, переживающих цифровую трансформацию. Переход к дата-центричному подходу означает, что традиционные активы переходят в цифровую форму, охватывая спектр операционных данных, таких как закупки, НИОКР, производство и продажи. Сохранение этих цифровых активов, а также защита конфиденциальной информации и коммерческой тайны – важнейшая задача в процессе цифровизации МСП.

Кроме того, процесс цифровой трансформации может тормозиться из-за недостаточной осведомленности и отсутствия определенных целей. Малым и средним предприятиям не следует концентрироваться только на немедленной финансовой выгоде в виде снижения затрат и повышения эффективности. Очень важна целостная оценка ценности цифровой трансформации с учетом ее потенциала для увеличения доходов, сокращения расходов, повышения качества, ускорения доставки, повышения удовлетворенности и лояльности клиентов, а также расширения сферы влияния бренда. Без такого признания у МСП может не хватить стимула к изменениям. Отсутствие четких целей цифровой трансформации может привести к беспорядку в ее осуществлении, в результате чего некоторые компании начинают принимать цифровые меры, не имея четкого представления об их последствиях и преимуществах. Цифровая трансформация требует стратегического планирования и исполнения для обеспечения устойчивого

роста и выживания предприятия. Однако если переложить эту задачу на ИТ-отдел и просто модернизировать информационные системы, то можно отойти от ее стратегической важности, что часто приводит к результатам, не соответствующим ожиданиям.

1.3.5 Цифровая трансформация листинговых компаний

Ведущие предприятия, акции которых торгуются на фондовых рынках, играют ключевую роль в национальной экономике и служат катализатором экономического прогресса Китая. Анализ цифровой эволюции этих предприятий и их участия в цифровой экономике имеет решающее значение для понимания текущего состояния и траектории развития цифровой экономики Китая. На заседании Специального комитета по информации и цифровизации Китайской ассоциации компаний, зарегистрированных на бирже, была представлена «Белая книга по цифровой экономике» (2022 г.) для листинговых компаний¹⁶⁴. В этом документе, основанном на надежной и систематической системе оценки цифровой экономики в этих корпорациях, освещаются политические предпосылки, динамика рынка капитала и прогресс цифровой трансформации листинговых компаний в эпоху цифровой экономики. Цифровую экономику обычно рассматривают через две призмы: индустриализацию цифровых технологий и цифровизацию отраслей. Первая включает в себя производство цифровых товаров (таких как компьютеры, электронные детали, коммуникационные устройства и т. д.), услуги, связанные с цифровыми продуктами, отрасли, применяющие цифровые технологии, и отрасли, основанные на цифровых компонентах. Второе понятие относится к отраслям, использующим цифровые технологии для повышения эффективности, таким как государственное управление, производство, логистика и розничная торговля.

Среди зарегистрированных на бирже 1058 компаний относятся к сфере цифровой индустриализации: производство электронных компонентов и оборудования составляет 34%, это 357 компаний; услуги в области информационных технологий – 14%, это 151 компания; разработка программного

¹⁶⁴ https://www.sohu.com/a/723186397_121717447

обеспечения – 12%, это 128 компаний. Все остальные категории составляют менее 10%.

В сфере цифровизации промышленности работает 3626 компаний, из которых наибольшая доля приходится на «умное» производство – 67%, это 2 443 компании; на цифровую торговлю – 7%, это 243 компании; на другие сектора, включая цифровые финансы, «умный» транспорт, «умное» сельское хозяйство, «цифровое» общество и «умную» логистику, – 18%, это 642 компании.

С точки зрения регионального распределения, компании в сфере цифровой индустриализации в основном расположены в пяти провинциях и городах: Гуандун, Пекин, Цзянсу, Чжэцзян и Шанхай, что составляет 71,8% от общего числа. Компании в области цифровой индустриализации в основном распределены в шести провинциях и городах: Чжэцзян, Гуандун, Цзянсу, Шанхай, Пекин и Шаньдун, на долю которых приходится 61,5%.

Кроме того, среди причин, по которым компании не внедряют цифровую трансформацию, – невысокая значимость для бизнеса компании (45%), незнание способов проведения цифровой трансформации (27%), слишком низкое соотношение затрат и выгод для инвестиций в цифровую трансформацию (11%) и другие причины (17%). Что касается уровня проникновения цифровых технологий в отрасли, то самый высокий уровень проникновения – 100% – наблюдается в финансовой и банковской сфере; уровень проникновения цифровой индустриализации в компьютеры составляет 94%; уровень проникновения в текстиль и одежду – 93%; а уровень проникновения в транспорт, производство и бытовую технику – по 88% (рис. 1.1)

The reasons for not implementing digital transformation

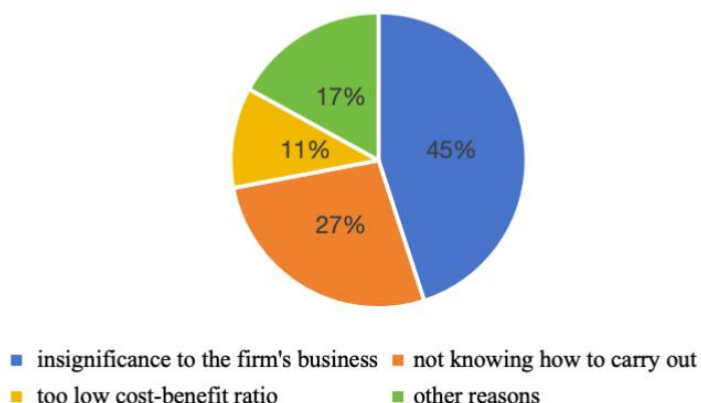


Рисунок 1.1. Причины, по которым компании не внедряют цифровую трансформацию ¹⁶⁵

(insignificance to the firm's business — незначимость для бизнеса компании, not knowing how to carry out — незнание способов проведения, too low cost-benefit ration — слишком низкое соотношение затрат и выгод, other reasons — другие причины)

Что касается стадии цифровой трансформации, 49,27% находятся на предварительной стадии результатов, 41,82% — на исследовательской пилотной стадии, 8,73% — на стадии относительно зрелой трансформации, а 0,18% — на стадии завершения трансформации. С точки зрения динамики продвижения, 53% предприятий считают, что главной движущей силой является бизнес, 24,07% — рынок, 13,47% — технологии, 5,89% — политика, 3,54% — другие факторы. Таким образом, развитие бизнеса и рыночная конкуренция являются ключевыми факторами, влияющими на продвижение цифровизации на предприятиях. С точки зрения абсолютных объемов инвестиций, наибольший объем инвестиций приходится на нефтедобычу и нефтехимию — 56,6 млрд., цветную металлургию — 35,7 млрд. и строительную отрасль — 31 млрд. В ближайшие три года 32 компании планируют осуществить значительные инвестиции, причем на частные предприятия приходится 6,2%, а на местные государственные предприятия — 9,4%. Что касается направления цифровой трансформации, то 85% компаний будут

¹⁶⁵ Данные взяты из «Белой книги по цифровой экономике» (2022 г.), составлено автором.

инвестировать в цифровые технологии чтобы ускорить оцифровку промышленной цепочки, затем 43,44 % – в оцифровку нормативно-правовой базы и 18,01% – в финансовые аспекты, такие как банковские сертификаты. Что касается подхода к достижению цифровой трансформации, то большинство компаний используют сочетание самостоятельного поиска и внедрения решений сторонних поставщиков, что составляет 71,8%. Среди них 23,8% также покупают у сторонних поставщиков, 0,7% приобретают технологически лидирующие цифровые компании, а 3,6% выбирают другие варианты. Кроме того, среди вопросов, которые больше всего волнуют перечисленные компании в процессе цифровой трансформации, – технологии, затраты и данные (50,8%); 32,2% связаны с эффективностью и выгодами, а 17,0% – с бизнесом. Что касается преимуществ цифровой трансформации, то 49,09% компаний считают, что наиболее значимым преимуществом является содействие развитию существующего бизнеса, в то время как 26% и 22% компаний считают, что создание новых моделей развития и создание больших преимуществ являются наиболее значимыми преимуществами цифровой трансформации. Кроме того, цифровая трансформация принесла некоторым компаниям такие преимущества, как соответствие требованиям национальной политики и усиление дифференцированной конкурентоспособности. С точки зрения рисков, 47,81% компаний считают, что самый большой риск заключается в высокой стоимости инвестиций, а 31,31% компаний считают, что самым большим риском является отсутствие четкого стратегического направления.

Что касается трудностей и проблем, возникающих в процессе продвижения цифровой трансформации, то наиболее значимыми проблемами для всех перечисленных компаний являются проблемы с компетентными сотрудниками. Далее следуют вопросы финансирования, а также внутренние представления и понимание цифровой трансформации внутри компании – это также важные проблемы, которые препятствуют цифровой трансформации. Длительный период, необходимый для цифровой трансформации, также является существенной причиной, по которой некоторые компании не хотят проводить преобразования.

Среди 550 листинговых компаний, которые уже продвигают цифровую

трансформацию, наиболее серьезными трудностями являются компетентные сотрудники, бизнес и технологии. Из них 313 компаний также упомянули требования к политике. Среди них 33,5% предъявляют требования к политике в области финансов и финансирования, 15% – в области технологий и научно-технической поддержки, и около 20% компаний предъявляют определенные требования к политике в области обмена талантами и обучения.

1.3.6 Анализ механизма влияния цифровых технологий на производительность труда

Цифровые технологии появились сравнительно поздно, и соответствующие теории еще не устоялись. По своей сути цифровая технология является одним из видов технологий. Согласно технологической экономике технологии и экономика взаимно способствуют и сдерживают друг друга, а технологический прогресс, способствующий экономическому развитию, также сдерживается экономическими условиями. Во многих исследованиях подчёркивается, что технология не обязательно напрямую влияет на производительность труда, а скорее действует через влияние на уровне фирмы или отрасли. При изучении применения цифровых технологий и производительности труда считается, что цифровые технологии влияют на производительность труда путем воздействия на развитие различных технологий в процессах производства и управления. Тем не менее о том, является ли это влияние положительным или отрицательным, единого мнения не сложилось. С одной стороны, большинство исследователей соглашались с тем, что появление цифровых технологий может значительно повысить эффективность производства. С другой стороны, во многих исследованиях ученые пришли к выводу, что применение цифровых технологий не обязательно приводит к росту производительности. В нашем исследовании предпринята попытка проанализировать механизм влияния цифровых технологий на производительность труда с точки зрения уровня фирмы и отрасли, чтобы исследовать взаимосвязь между применением цифровых технологий и производительностью труда.

Со времен первой промышленной революции технологии всегда были

ключевым фактором, влияющим на экономическое развитие. Несмотря на то, что цифровые технологии появились сравнительно поздно, их влияние на экономику не менее значимо, чем появление паровых машин и электричества. Согласно «теории инноваций», быстрое развитие цифровых технологий неизбежно приведет к появлению различных технологических инноваций, и наиболее очевидными технологическими инновациями в промышленном секторе являются производственные технологии и технологии управления.

Если рассматривать весь производственный процесс, то, во-первых, Интернет и информационно-коммуникационные технологии, как самые базовые технологии цифровых технологий, преодолели разделение производственных машин и производственных данных в традиционных производственных процессах, обеспечивая своевременную обратную связь с данными в процессе производства, ускоряя обмен информацией на различных этапах производства. Кроме того, технология обработки больших данных фильтрует, сортирует и обезличивает собранные сложные данные, создает соответствующие базы данных для дальнейшего анализа, включая анализ использования производственных ресурсов, качества продукции, состояния производственных машин и т. д. в режиме реального времени. И, наконец, облачные вычисления, искусственный интеллект и Интернет вещей интегрируют, анализируют и моделируют проблемы, возникающие в процессе производства, с помощью методов интеллектуальных вычислений, решая ситуации, возникающие в процессе производства, и оптимизируя производственные системы. Благодаря разделению труда между различными базовыми технологиями, цифровые технологии объединяют все возможные данные, которые через анализ и обработку сервисной частью компьютера позволяют добиться максимального использования производственных факторов, снизить уровень брака (даже достичь нулевого уровня брака), а также непрерывно анализировать всю производственную линию, автоматически проверяя и переключая корректировки для обеспечения стабильной работы производственной линии, что в конечном итоге позволяет добиться эффективного производства. Одним словом, цифровые технологии улучшают производственные

процессы, повышают производительность, эффективность и автоматизацию производственного оборудования, эффективно производят высококачественную, высокопроизводительную продукцию с высокой добавленной стоимостью, способствуя тем самым повышению производительности труда. Помимо инноваций в области производственных технологий, цифровые технологии также могут улучшить технологию управления промышленными предприятиями. С точки зрения процессов управления предприятием, цифровые технологии повышают операционную эффективность предприятий, реализуя цифровизацию систем управления предприятием посредством технологических инноваций, что способствует повышению производительности труда. Под технологическими инновациями здесь понимаются не только технологические инновации, необходимые для оборудования управления предприятием, вызванные цифровыми технологиями, но и цифровые технологии управления, вызванные цифровым мышлением. Цифровая технология управления преобразует дискретную и хаотичную информацию в количественно измеримую цифровую информацию, полностью используя цифровые технологии, такие как Интернет и большие данные, и соответствующее оборудование для эффективного управления целями управления. Предприятия оцифровывают такие элементы управления, как данные, знания и информация, используют количественные методы управления для преобразования показателей управления предприятием в цифровую информацию и укрепляют связи между различными подразделениями с помощью цифровых платформ, оптимизируя тем самым весь бизнес-процесс и корректируя организационную структуру. После внедрения цифрового управления однообразные и повторяющиеся задачи на предприятии будут устранены, а производительность труда в отделах внутреннего управления значительно повысится. Кроме того, цифровое управление также играет роль в повышении эффективности производства. Например, сотрудники, работающие с клиентами, могут более эффективно и точно анализировать потребности клиентов и информацию об использовании продукции с помощью технологии обработки больших данных. В то же время собранные данные оперативно передаются в

конструкторский отдел, который вносит их в систему данных для анализа. Используя 3D-технологии, искусственный интеллект и другие технологии, конструкторский отдел гибко проектирует продукцию с повышенным спросом и качеством, что дает гарантию повышения эффективности производственного отдела. Инновации в области цифровых технологий управления не только повышают производительность труда внутренних отделов управления за счет совершенствования бизнес-процессов, но и косвенно способствуют повышению производительности труда производственных отделов, способствуя эффективной работе других отделов со стороны спроса и предложения.

Таким образом, цифровые технологии приводят к технологическим инновациям, а технологические инновации повышают производительность труда как на производстве, так и в отделах внутреннего управления.

Цифровые технологии, структура промышленности и производительность труда в промышленности

Влияние цифровых технологий на структуру отрасли. Цифровые технологии влияют на структуру отрасли как с точки зрения спроса, так и с точки зрения предложения. С точки зрения предложения, применение цифровых технологий способствует экономическому росту и приводит к изменениям в структуре отрасли. Во-первых, цифровые технологии изменяют существующие технологические процессы и внедряют новые в различные сферы, что, повышая эффективность факторов производства, стимулирует модернизацию низко- и среднетехнологичных отраслей промышленности в высокотехнологичные отрасли. В то же время появление новых процессов требует переоснащения всего отраслевого оборудования, что повышает пропорциональность распределения различных активов и тем самым способствует трансформации и модернизации структуры отрасли. В ходе этого процесса некоторые продукты или производственные процессы могут привести к появлению новых производственных секторов, что зачастую положительно сказывается на структуре отрасли. Во-вторых, появление цифровых технологий приводит к изменениям в человеческом капитале. Цифровые технологии требуют более высокого уровня человеческого капитала, заставляя

специалистов-практиков и даже широкие слои населения повышать квалификацию, чтобы адаптироваться к новым методам производства. Постоянное совершенствование человеческого капитала влияет как на количество, так и на качество производительности, а структура рабочей силы влияет на структуру промышленности. Кроме того, переток высококвалифицированных работников повышает производительность труда в низкотехнологичных отраслях, способствуя тем самым опережающему развитию структуры отрасли.

Наконец, согласно исследованиям Ли Даня (2010), в национальной экономической системе каждая отрасль промышленности имеет свои смежные сектора, более развитые и менее развитые, которые также оказывают влияние. При этом изменения в технологиях отрасли также влияют на ее более развитые и менее развитые смежные сектора. Быстрое распространение цифровых технологий в различных сферах производства не может не отразиться на смежных отраслях, передаваясь и распространяясь между ними, побуждая их к технологическим прорывам и приводя к расширению и сокращению отраслей.

Потребление – это конечная точка производства, рассматриваемая через призму спроса, а спрос может влиять на цену любого товара или услуги. Ценность продукта снижается, если он не находит признания у широкой публики. Применение цифровых технологий оказывает значительное влияние на сырье, методы производства и готовые продукты повседневного спроса, такие как продукты питания, одежда, жилье, строительные процессы, а также на появление автономных транспортных средств, беспилотников и других мобильных средств. Это воздействие можно рассматривать как влияние на материальную жизнь. В связи с этим произошли значительные сдвиги в структуре конечного спроса людей, что, в свою очередь, привело к соответствующим изменениям в структуре отрасли. Интерес людей к цифровым технологиям стал более глубоким благодаря тому глубокому влиянию, которое цифровые технологии оказали на мировую экономику и общество. Решение все большего числа людей изучать оборудование, связанное с цифровыми технологиями, и приобретать технические навыки, связанные с цифровыми технологиями, также способствует изменениям в структуре отрасли.

Кроме того, внедрение цифровых технологий повышает уровень открытости торговли, а рамки международной торговли сильно зависят от развития технологий, что также оказывает влияние на структуру отраслей. Продукция, экспортируемая на внешние рынки, должна обладать высоким уровнем конкурентоспособности, а такой уровень конкурентоспособности может быть только у продукции с высокой добавленной стоимостью. В результате спроса на продукцию с высокой добавленной стоимостью на международных рынках предприятия будут неустанно работать над укреплением своего потенциала, что приведет к росту структуры отечественной промышленности.

Влияние структуры отрасли на производительность труда в промышленности. Среди ученых широко распространено мнение, что изменения в структуре отрасли играют ключевую роль в воздействии на производительность труда, являющуюся одним из основных показателей экономического развития. Концепция «структурного дивиденда» была впервые введена М. Тиммером и А. Ширмаи (2000)¹⁶⁶, которые предположили, что миграция факторов производства из отраслей с меньшей производительностью труда в отрасли с большей производительностью, способствует росту производительности труда. Последующие исследования многих ученых подтвердили эту теорию. Такие исследователи, как Ч. Гань и др. (2011), отмечают, что влияние структурных дивидендов на производительность труда характеризуется поэтапностью¹⁶⁷. В данном исследовании мы опираемся на «гипотезу структурных дивидендов», что позволяет глубже изучить влияние структуры отрасли на уровень производительности труда в промышленности.

Изменения в структуре промышленности, особенно перераспределение элементов производства из секторов с низкой в сектора с высокой маржинальной производительностью, могут повысить производительность труда в промышленности. В условиях рыночной экономики при ограниченных ресурсах отрасли борются за эти ресурсы, а факторы производства подвижны стремлением к

¹⁶⁶ Timmer, M. P., & Szirmai, A. (2000). Productivity growth in Asian manufacturing: the structural bonus hypothesis examined. *Structural Change & Economic Dynamics*, 11(4), 371-392.

¹⁶⁷ Gan Chunhui, Zheng Ruogu and Yu Dianfan. An Empirical Study on the Effects of Industrial Structure on Economic Growth and Fluctuations in China. *Economic Research Journal*, 2011(5): 4-16.

максимизации прибыли. Такая конкуренция приводит к перераспределению факторов производства в отрасли с более высокой предельной производительностью, что повышает производительность труда в промышленности в целом. Важно отметить, что такое перемещение факторов производства происходит вне условий экономического равновесия. В равновесном состоянии предельная отдача факторов производства в разных отраслях одинакова, и у факторов нет стимулов для перемещения, что исключает возможность увеличения выпуска и производительности труда. Наблюдая за современной структурой промышленности Китая, можно заметить, что экономика далека от состояния общего равновесия. Эффективность различных отраслей существенно различается, а на распределение ресурсов между отраслями промышленности влияет множество факторов. Например, различные уровни технологий влияют на предельную производительность факторов производства в разных отраслях, а ограничения на рынке труда влияют на распределение ресурсов между отраслями. Кроме того, государственная политика также может играть определенную роль в процессе распределения ресурсов между различными промышленными категориями.

В. Нордхаус (2008) разделил влияние на производительность труда на три категории ¹⁶⁸. Первый компонент известен как эффект чистой производительности, и он оценивает влияние более высокой производительности труда в различных отраслях на среднюю общественную производительность труда, предполагая, что соотношение объемов производства и затрат остаётся прежним. Модель Денисона – это второй компонент, с помощью которого можно изучить, как влияние перераспределения компонентов между другими отраслями может быть измерено с точки зрения уровня производительности труда.

Если предельная производительность факторов производства в конкретной отрасли выше, чем предельная производительность факторов производства во всем промышленном секторе, то влияние изменений в структуре отрасли, вызванных

¹⁶⁸ Nordhaus, W. D. Baumol's Diseases: A Macroeconomic Perspective. The B.E. Journal of Macroeconomics, 2008, 8(1), 74-97.

перемещением факторов производства, будет оказывать относительно существенное воздействие на уровень производительности труда. Другими словами, когда производственные компоненты мигрируют в отрасли, где предельный выпуск выше, чем предельный выпуск всей промышленности, общая производительность промышленности в целом увеличивается в результате такого перемещения факторов производства. С точки зрения структурных сдвигов, увеличение доли отраслей с высоким предельным выходом компонентов производства будет способствовать росту производительности труда в производственном секторе. Это можно понимать как результат структурных сдвигов. Кроме того, темпы повышения производительности труда в производственном секторе пропорциональны степени важности данного структурного сдвига.

Представленное исследование позволяет понять связь, существующую между цифровыми технологиями, структурой промышленности и уровнем производительности труда. Изменения в технологиях способны оказывать влияние на структуру производственного сектора, которая, в свою очередь, способна оказывать воздействие на производительность труда через потоки производственных компонентов. Другими словами, технологический прогресс может привести к изменениям в организационной структуре отраслей, что может повлиять на количество производимого труда. Внедрение цифровых технологий может повлиять на структуру промышленности и с точки зрения спроса, и с точки зрения предложения. Принято считать, что появление новых технологий оказывает благотворное влияние на структуру промышленности. Китай относительно медленно осваивает цифровые технологии, которые на данный момент находятся лишь в зачаточном состоянии, тем не менее, изначально считается, что применение цифровых технологий оказывает положительное влияние на структуру промышленности. Это приведет к перетоку факторов производства в отрасли с более высокой предельной производительностью, что в свою очередь будет способствовать повышению производительности труда.

Если объединить вышеприведенный анализ, то с точки зрения предложения

применение цифровых технологий улучшает существующие производственные процессы и выделяет новые отрасли промышленности в новых производственных процессах, что приводит к быстрому росту новых продуктов и развивающихся отраслей, тем самым двигая структуру промышленности к более высоким уровням и впоследствии повышая производительность труда.

Кроме того, разные отрасли имеют неодинаковые возможности для освоения цифровых технологий, а темпы роста дивидендов от цифровых технологий в разных секторах неодинаковы. Доминирующие отрасли, занимающие ключевое положение в структуре промышленности, обычно имеют возможность инвестировать в технологии и быстро осваивать плоды технологических инноваций. Это применение технологий, в свою очередь, стимулирует смену доминирующих отраслей, постоянно развивая и модернизируя структуру промышленности и повышая тем самым производительность труда.

С точки зрения спроса, поскольку потребительские запросы продолжают расти, расширение спроса сосуществует с ограниченностью ресурсов. Поэтому необходимо опираться на цифровые технологии, чтобы способствовать совершенствованию промышленной структуры и достижению интенсивного экономического развития. Благодаря тому, что темпы роста производства превышают темпы роста спроса, можно отказаться от предприятий или отраслей с более низкой предельной производительностью, повысив тем самым производительность труда во всем промышленном секторе.

Более того, с ростом доходов структура потребительского спроса постепенно перемещается в сторону более высоких уровней, что приводит к необходимости разработки новых продуктов для завоевания доли рынка. При этом эластичность спроса на существующие продукты снижается, и факторы производства перетекают из исходных секторов производства в новые отрасли с более высокой эластичностью спроса. Этот поток стимулирует корректировку между связанными секторами внутри отрасли промышленности, что приводит к совершенствованию структуры промышленности и, в конечном итоге, к повышению производительности труда.

ГЛАВА 2: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА

2.1 Факторы, показатели и методика расчета

2.1.1 Факторы, влияющие на цифровые технологии

Китай находится на начальном этапе развития цифровых технологий, и в стране нет идеальных официальных расчетов и статистики уровня развития цифровых технологий в каждой провинции. Некоторые институты и ученые провели оценку уровня развития цифровых технологий. В нашей работе принято широкое определение цифровых технологий, включающее два аспекта: инфраструктура цифровых технологий и применение цифровых технологий. Исходя из этого определения, не удалось найти подходящих показателей для расчета.

В данном исследовании на основе анализа факторов, влияющих на развитие цифровых технологий, предлагаются три основных и восемь специфических показателей. В связи с трудностями получения прикладных данных по производственным аспектам количество компьютеров на сто человек на крупных предприятиях используется в качестве косвенного показателя инфраструктуры цифровых технологий и не приводится отдельно в качестве показателя на производственном уровне. Выбор каждого показателя объясняется причинами, которые приводятся ниже.

2.1.2 Инфраструктура цифровых технологий

Развитие цифровых технологий основано на развитии информационных технологий. Без таких изобретений, как компьютеры, снижающие стоимость вычислений и повышающие их эффективность, отражение и удобство хранения информации в цифровых технологиях с помощью битов не сможет проявиться по-настоящему. Таким образом, развитие цифровых технологий не имеет фундамента.

Инфраструктура отражает текущую кадровую и техническую базу развития цифровых технологий, рассматриваемую как с точки зрения аппаратных, так и программных средств, включая два показателя третьего уровня.

(1) Количество компьютеров на сто человек на предприятиях

Количество используемых компьютеров на сто человек может демонстрировать, что предприятия с большим количеством компьютеров имеют более развитую инфраструктуру для развития цифровых технологий. Сотрудники имеют больше возможностей для работы с компьютерами, испытывают удобства, приносимые компьютерами, что создает прочную основу для развития цифровых технологий на различных этапах в производственных подразделениях.

(2) Уровень проникновения Интернета

Развитие и применение цифровых технологий в производстве и жизни зависит от наличия сетевых возможностей, иначе их можно отнести только к информационным технологиям. Развитие и эффект от применения цифровых технологий тесно связаны с наличием сетевых возможностей и способностью обмениваться информацией. Снижение социального информационного барьера и уменьшение стоимости получения информации тесно связаны с обменом информацией через сети.

2.1.3 Факторы производства цифровых технологий

Помимо инфраструктуры, на развитие цифровых технологий также влияют трудозатраты, капиталовложения и ввод данных. В данном разделе представлены три показателя:

(1) Доля персонала НИОКР в высокотехнологичных предприятиях

Трудозатраты являются важной движущей силой развития цифровых технологий. Учитывая, что большинство предприятий, связанных с цифровыми технологиями, относятся к высокотехнологичным предприятиям, доля персонала НИОКР на высокотехнологичных предприятиях, выбрана для отражения интенсивности вклада талантов в развитие цифровых технологий. Регионы с более интенсивным вкладом талантов будут иметь больше высококвалифицированных

кадров и быстрее развивать цифровые технологии.

(2) Доля расходов на НИОКР на высокотехнологичных предприятиях

Капитал является важнейшим аспектом теории производства, и его вклад существенно влияет на рост национальной и региональной экономики. В соответствии с предыдущим показателем, доля внутренних расходов на НИОКР на высокотехнологичных предприятиях выбрана для отражения интенсивности финансового вклада в развитие цифровой экономики.

(3) Доля 100 крупнейших Интернет-компаний по регионам

С развитием цифровых технологий данные стали новым независимым фактором производства, который оказывает значительное влияние на экономическое развитие и эффективность производства. Предприятия играют решающую роль в получении данных, особенно Интернет-компании. Поэтому в данном исследовании для оценки уровня ввода данных в каждом регионе используется количество топ-100 Интернет-компаний. Чем больше в регионе топ-100 Интернет-компаний, тем выше условия развития и уровень цифровых технологий.

2.1.4 Технология применения цифровых технологий

Существенное отличие расчёта цифровых технологий от расчёта традиционных заключается в том, что цифровые технологии требуют внимания к уровню их применения. Важнейшей особенностью развития цифровых технологий является обмен информацией, а без применения технологий обмен информацией невозможен, что затрудняет устойчивое развитие. В этом разделе рассматриваются три показателя третьего уровня с точки зрения потребления Интернета, культурного потребления и потребления мобильной связи.

(1) Выручка от бизнеса экспресс-доставки к ВВП

Интернет-потребление требует участия и сотрудничества с экспресс-доставкой. В Китае доля экспресс-доставки в онлайн-покупках превышает половину, поэтому для оценки применения цифровых технологий в потреблении используется соотношение доходов от экспресс-доставки к ВВП.

(2) Доля единиц Интернет-культуры в стране

Применение цифровых технологий в культурной жизни становится все более значительным. Интернет-игры, онлайн-музыка и развитие платформ коротких видеороликов, таких как Douyin (TikTok), заняли заметное место в культурной жизни. В данном исследовании для измерения уровня применения цифровых технологий в культурной жизни используется доля единиц Интернет-культуры в стране.

(3) Уровень распространения мобильных телефонов (4G)

Уровень распространения мобильных телефонов отражает степень проникновения мобильного Интернета в жизнь жителей. Поскольку мобильные телефоны являются одним из основных носителей применения цифровых технологий в жизни, включение этого показателя позволяет более полно оценить уровень развития цифровых технологий.

2.1.5 Определение веса и метод комплексной оценки индекса цифровых технологий

Вес – это мера важности фактора. Чем больше вес, тем значительнее важность фактора по отношению к другим факторам в общей оценке. Поэтому разумное распределение весов часто основывается на важности каждого показателя, при этом показателям, оказывающим большее влияние, присваиваются более высокие веса.

Существует два основных метода присвоения весов: субъективное взвешивание и объективное взвешивание. Субъективное взвешивание основано на субъективном восприятии показателей экспертами. Хотя такой подход может сделать показатели более обоснованными и соответствующими реальным условиям, он также вносит субъективизм в оценку. Более того, из-за ограниченности познаний экспертов любое отклонение в их восприятии может привести к соответствующим ошибкам в показателях. С другой стороны, объективное взвешивание опирается на сами данные и связано с информационным запасом, содержащимся в них. Он оценивает влияние каждого показателя на основе

его вариации в наборе данных.

После определения весовых коэффициентов каждого показателя необходимо проведение комплексной оценки. Различные методы комплексной оценки дают разные результаты анализа. В системе комплексной оценки построение системы показателей является наиболее важным этапом. Во-первых, выбранные показатели оценки должны быть релевантны объекту исследования. Во-вторых, показатели должны быть количественно измеримы и не слишком малочисленны. Наконец, выбранные объекты оценки должны быть ранжированы по величине значений показателей. В настоящее время основными методами оценки являются TOPSIS, метод анализа иерархий (МАИ), нечеткая комплексная оценка и другие. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и выбор наиболее подходящего метода зависит от его соответствия содержанию исследования.

В данном исследовании для расчета и анализа используются метод энтропийно-веса анализа и TOPSIS. Метод энтропийно-веса анализа относится к объективным весовым коэффициентам и может работать с большим количеством показателей, обеспечивая при этом значительное отражение важности различных показателей в общей оценке, что делает результаты исследования более объективными и научными. Использование TOPSIS для комплексной оценки более целесообразно, чем применение одного лишь метода энтропийно-веса анализа или метода TOPSIS.

2.1.6 Этапы расчета индекса цифровых технологий

(1) Создание матрицы исходных данных

При условии, что в качестве объектов оценки имеется m городов и n показателей оценки, матрица необработанных данных $X = (x_{ij})_{m \times n}$ выглядит так:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

где x_{ij} это необработанные данные города i и индекс j .

(2) Стандартизация исходных данных

Из-за различий в единицах измерения различных показателей возникает проблема размерности, вызванная разницей в единицах измерения исходных данных. Поэтому необходимо стандартизировать исходные данные. Поскольку некоторые индикаторы могут иметь отрицательные значения, для работы с положительными и отрицательными индикаторами используются разные методы:

Стандартизация положительных индикаторов.

$$x_{ij}^- = \frac{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Стандартизация отрицательных индикаторов.

$$x_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Совокупно мы обозначаем стандартизированные переменные x_{ij}^- и x_{ij}^+ как x_{ij} .

(3) Метод расчета энтропийного веса

Во-первых, рассчитывается доля каждого индикатора в разных провинциях, то есть, вес j -го индикатора для i -й провинции.

$$T_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Где $\sum_{i=1}^n x_{ij}$ сумма значений переменной для j -го индикатора во всех оцениваемых провинциях. Далее мы вычисляем значение энтропии для j -го индикатора, используя следующую формулу:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m T_{ij} \ln(T_{ij}) \quad (5)$$

Где $k > 0, k = \frac{1}{\ln(m)}, e_j \geq 0$. Далее, мы вычисляем значение энтропии w_j для j -го индикатора. Существует отрицательная связь между различиями значений

индикаторов и величиной энтропии.

$$w_j = \frac{1-e_j}{n-E_e}, E_e = \sum_{j=1}^n e_j \quad (6)$$

Энтропийные веса, полученные для каждого индикатора, объединяются в вектор комбинации.

$$W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)^T \quad (7)$$

(4) Комплексная оценка с использованием метода TOPSIS

Шаг 1 – расчёт взвешенной стандартизированной матрицы. Во-первых, матрица решений нормализована, и используются веса, полученные методом энтропийных весов. Эти два значения перемножаются с целью получения окончательной матрицы.

$$V = \{v_{ij}\}_{m \times n} = \{w_{ij} \times x_{ij}\}_{m \times n} \quad (8)$$

Шаг 2 – расчёт положительного идеального решения и отрицательного идеального решения. Положительное идеальное решение – это совокупность всех индикаторов с оптимальными значениями, в то время как отрицательное идеальное значение – это совокупность всех индикаторов с наихудшими значениями.

$$A^+ = [\max_i v_{ij}], (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (9)$$

$$A^- = [\min_i v_{ij}], (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (10)$$

Шаг 3 – расчёт евклидова расстояния индекса цифровых технологий каждой провинции до положительного идеального решения и отрицательного идеального

решения. S_i^+ представляет евклидово расстояние до положительного идеального решения, а S_i^- представляет евклидово расстояние до отрицательного идеального решения.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - A_j^+)^2}, (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - A_j^-)^2}, (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (12)$$

Шаг 4 – вычисление значения относительной близости С. Значение С для каждой провинции рассчитывается с применением расстояния до положительного идеального решения и расстояния до отрицательного идеального значения на основании следующей формулы:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (13)$$

Шаг 5 – это получение данных. Расчётное значение C_i^+ показывает уровень цифровой технологии. Большее значение C_i^+ показывает более высокий уровень цифровой технологии, а меньшее значение CR показывает более низкий уровень цифровой технологии.

2.2 Современное состояние цифровых технологий в промышленности Китая

2.2.1 Описание данных и метод измерения

В данном исследовании метод энтропийно-весаго анализа TOPSIS используется для расчета индекса цифровых технологий для 29 провинций и городов Китая с 2015 г. по 2019 г. (за исключением Синьцзяна и Тибета) на основе трех измерений: инфраструктуры ¹⁶⁹, факторов производства и технологии применения, всего восемь показателей. ¹⁷⁰. Источники данных включают «Ежегодник статистики труда Китая», ¹⁷¹ «Ежегодник статистики науки и техники Китая», ¹⁷² «Национальный статистический ежегодник», «Ежегодник статистики высокотехнологичной промышленности Китая» ¹⁷³ и «Ежегодник статистики

¹⁶⁹ Данные обновлены только до 2019 года, так как с 2020 года большая часть территории Китая закрыта из-за эпидемии COVID-19, и его экономическая деятельность находится в ненормальном состоянии.

¹⁷⁰ Источники данных включают «Ежегодник статистики труда Китая», «Ежегодник статистики науки и техники Китая», «Национальный статистический ежегодник», «Ежегодник статистики высокотехнологичной промышленности Китая» и «Ежегодник статистики культурных реликвий и туризма Китая».

¹⁷¹ https://www.stats.gov.cn/zsk/snapshoot?reference=2af5e433078f04afa4dd276ccda961e4_414DB6EEFB3587595CC6557241DDAEFA&siteCode=tjzsk

¹⁷² <https://www.sts.org.cn/Page/Main/Index>

¹⁷³ <https://www.stats.gov.cn/was5/web/search?channelid=288041&andsen=中国高技术产业统计年鉴>

культурных реликвий и туризма Китая»¹⁷⁴.

2.2.2 Развитие цифровых технологий

В период с 2015 г. по 2020 г. цифровая экономика Китая демонстрировала активное и устойчивое развитие. Доля цифровой экономики в ВВП Китая заметно выросла: с 27,5% в 2015 г. до 38,6% в 2020 г., что означает рост на 11,1%. Такая значительная доля подчеркивает роль цифровой экономики как ключевого стимулятора национального экономического роста¹⁷⁵.

В 2020 г., когда началась пандемия COVID-19, наблюдался ускоренный рост цифровой экономики, чему способствовало широкое распространение практики домашней изоляции и контроля. Только в 2020 г. вклад цифровой экономики в ВВП достиг 38,6%, что на 2,4% больше, чем в предшествующем году. Если судить по этой траектории, то цифровая экономика будет оставаться доминирующей силой в формировании будущих тенденций развития.

Цифровая экономика разделена на два основных сегмента: цифровую индустриализацию и промышленную цифровизацию, каждый из которых обладает своими уникальными характеристиками. Цифровая индустриализация охватывает отрасли, связанные с информационно-коммуникационными технологиями, в то время как цифровизация промышленности предполагает внедрение цифровых технологий в традиционные отрасли для повышения производительности и операционной эффективности. Цифровизация промышленности получила значительное развитие: с 2015 г. по 2020 г. ее вклад в цифровую экономику увеличился на 6,4%. Такая траектория роста подчеркивает ключевую роль промышленной цифровизации в укреплении цифровой экономики и ее важную роль в смягчении негативных последствий пандемии COVID-19 для материальной экономики Китая.

В перспективе ожидается, что цифровизация промышленности останется

¹⁷⁴ https://www.mct.gov.cn/gywhb/jgsz/zgxwcbdw_jgsz/zzs_zgxwcbdw/201904/t20190416_842837.htm?eqid=dc1ac84e0006590000000036460f216

¹⁷⁵ Рассчитано автором, подробные данные приведены в Таблицах 2.1-2.3.

краеугольным камнем развития цифровой экономики, постоянно наполняя жизненной силой традиционные отрасли Китая. Такая трансформация и модернизация необходима для сохранения конкурентных преимуществ на мировом рынке.

Если рассматривать общую тенденцию, то проникновение трех основных промышленных цифровых экономик постоянно увеличивается из года в год, а их ежегодный рейтинг выглядит следующим образом: третичная промышленность > вторичная промышленность > первичная промышленность. В 2020 г. их соответствующий вклад в ВВП составил 40,7%, 21% и 8,9%. Это говорит о том, что развитие цифровой экономики сдержать невозможно, и она будет охватывать все отрасли.

В третичной отрасли, основной акцент в которой – это «работа с людьми», степень цифровизации явно выше, чем в первичной и вторичной отраслях. В частности, в третичной отрасли, благодаря постоянному совершенствованию цифровых информационных технологий и появлению новых цифровых моделей, таких как электронная коммерция, экономика совместного пользования и экономика платформ, одновременно происходит проникновение цифровых технологий в жизнь пользователей и предприятий, что обеспечивает значительное пространство для развития цифровой экономики в сфере услуг. Что касается первичной промышленности, то по мере совершенствования сельскохозяйственных технологий и унификации управления цифровые информационные технологии будут играть все более важную роль, а уровень проникновения цифровых технологий будет продолжать расти.

Однако все еще существуют такие проблемы, как небольшие и разрозненные ресурсы, что заставляет постепенно внедрять цифровые технологии, а не делать большие скачки.

Для вторичной промышленности уровень проникновения цифровой экономики в 2020 г. составит всего 21%, что не является особенно идеальным показателем, указывающим на то, что в будущем еще есть значительные возможности для улучшения ситуации. Внедрение промышленного Интернета и

«умного» производства предоставляет отличную возможность, поскольку цифровая трансформация промышленности имеет обширное пространство для развития. В заключение следует отметить, что цифровая экономика Китая имеет многообещающий импульс развития и стала важнейшей движущей силой экономического развития страны. Кроме того, цифровизация промышленности позволила значительно смягчить негативные последствия пандемии для экономики Китая.

Наконец, уровень проникновения цифровой экономики в трех основных отраслях промышленности увеличился по сравнению с прошлым годом, причем третичная отрасль занимает первое место, вторичная – второе, а первичная – последнее. В глобальном масштабе общие размеры цифровой экономики растут, однако между континентами наблюдаются значительные различия, что в основном обусловлено региональным распределением основных стран. Если рассматривать отдельные страны, то цифровая экономика Китая занимает второе место в мире, достигая достойных результатов, но по сравнению с США, занимающими первое место, все еще наблюдается значительное отставание. В 2020 г. цифровая экономика Китая заняла более низкое место по доле в ВВП, что свидетельствует о снижении со второго места в мире. Это говорит о том, что, несмотря на обширность цифровой экономики Китая и значительный вклад в развитие мировой цифровой экономики, ее вклад в ВВП страны все еще относительно невелик, что также означает наличие огромного потенциала для дальнейшего развития. По уровню цифровизации производства Южная Корея, Китай и США являются одними из ведущих стран, абсолютные показатели которых стабильно держатся на уровне 10-20%. Особенно сильные преимущества в цифровом развитии производства имеет Южная Корея. В последние годы этот показатель неуклонно растет и в 2018 г. превысил 21%. Китай немного отстает от Южной Кореи, занимая второе место. Стоит отметить, что, хотя США имеют преимущество в размере цифровой экономики и цифровых технологиях, их потенциал цифровизации производства относительно слаб: они занимают третье место среди стран в выборке, уступая Китаю и Южной Корее. Уровни цифровизации производства в Великобритании, Франции и Германии, как

правило, ниже 5%, на среднем или низком уровне, с незначительной разницей между Францией и Германией, которые уже много лет тесно конкурируют. В частности, в 2017 г. Франция, которая постоянно находилась выше Германии по уровню цифровизации производства, отступила, продемонстрировав небольшое отставание. Даже в 2018 году уровень цифровизации производства Германии немного превысил уровень Франции, но разница была незначительной, что свидетельствует о сильной конкуренции.

По уровню цифровизации производства Китай имеет абсолютное преимущество перед этими странами. В выборке за многие годы уровень цифровизации производства в Китае выглядит следующим образом: Россия > Южная Африка > Индия > Бразилия. Однако разрыв между этими четырьмя странами невелик и составляет от 1 до 2%, что далеко не соответствует уровню цифровизации производства в Китае, который на протяжении многих лет остается на уровне 10%. Таким образом, за исключением относительно высокого уровня цифровизации обрабатывающей промышленности в Китае, в большинстве развивающихся стран этот уровень в общем невысок. В целом глубина и масштабность трансграничных операций в обрабатывающей промышленности Китая демонстрируют тенденцию роста и значительную интернационализацию. Тем не менее, все еще существует ряд проблем, которые необходимо решить. Во-первых, преимущества трансграничных операций в обрабатывающей промышленности обусловлены в основном «большими масштабами», в то время как «преимущества качества» проработаны недостаточно. По сравнению с ведущими мировыми странами, трансграничные производственные операции в Китае в основном обусловлены «развитием масштаба», а «качественные преимущества» развиваются с относительным отставанием. Кроме того, существуют значительные возможности для улучшения как «устойчивого развития», так и «структурной оптимизации», поэтому необходимо срочно искать новые движущие силы и активно содействовать трансформации обрабатывающей промышленности в сторону высококачественного развития. Во-вторых, уровень проникновения цифровизации в промышленность относительно низок, и его

необходимо повысить. Цифровая экономика Китая развивается быстрыми темпами, и цифровизация проникает в три основные отрасли промышленности. Однако, несмотря на то, что цифровизация промышленности растет год от года, абсолютное значение уровня ее проникновения относительно невелико и в 2020 г. достигает лишь 21%. Цифровизация промышленности нуждается в дальнейшем укреплении. В-третьих, хотя уровень цифровизации обрабатывающей промышленности Китая относительно высок в глобальном масштабе, в абсолютном выражении еще есть возможности для дальнейшего улучшения. В настоящее время мировая экономика сталкивается с тенденцией цифрового развития. Что касается обрабатывающей промышленности, то, хотя уровень цифровизации обрабатывающей промышленности в Китае относительно высок по сравнению с другими странами, он все еще сталкивается с проблемой развития, которая заключается в том, что он существенный, но рост не столь активный. Это говорит о недостаточной движущей силе для интернационализации китайской обрабатывающей промышленности из-за относительно низкого уровня цифровизации производства.

В таблицах 2.1-2.3 отражены заметные региональные различия в развитии цифровых технологий в Китае. Среднее значение индекса цифровых технологий показывает, что восточные провинции демонстрируют заметно более высокий уровень развития цифровых технологий по сравнению с центральными и западными регионами, причем центральный регион незначительно опережает западный. Восточный регион может похвастаться более развитой инфраструктурой цифровых технологий, а также явным превосходством в области технологических инноваций, привлечения высококвалифицированных кадров, динамики рынка и благоприятной промышленной политики. В отличие от них, центральные и западные регионы несколько отстают в развитии своей цифровой инфраструктуры и имеют менее прочную промышленную базу.

При изучении использования цифровых технологий восточный регион выделяется более значительным уровнем распространения мобильных телефонов, что создает прочную основу для широкого применения цифровых технологий. Распространение новых коммерческих моделей, таких как электронная коммерция,

стало катализатором внедрения цифровых технологий на востоке, обогатив различные аспекты повседневной жизни и потребительского поведения инновационными приложениями и разнообразными контекстами использования. Тем не менее, некоторые западные районы, включая Гуйчжоу, Сычуань и Чунцин, опередили многие центральные города в развитии цифровых технологий. Правительство Гуйчжоу, в частности, уделяет первостепенное внимание развитию цифровой экономики, принимая меры по содействию конвергенции больших данных с материальной экономикой, улучшению управления активами данных и укреплению информационной инфраструктуры. Кроме того, Сычуань имеет прочный фундамент в информационном секторе, что в сочетании с благоприятной политической поддержкой дает оптимистичные перспективы развития.

Таблица 2.1. Индекс цифровых технологий Восточного региона¹⁷⁶

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	0.6563	0.5443	0.5283	0.5528	0.6873
Фуцзянь	0.1604	0.191	0.1947	0.2026	0.2408
Гуандун	0.572	0.6347	0.5933	0.6232	0.5666
Хайнань	0.1093	0.1054	0.1112	0.1263	0.1258
Хэбэй	0.0661	0.0674	0.0687	0.0724	0.0938
Цзянсу	0.1591	0.1849	0.1653	0.1805	0.2228
Ляонин	0.0989	0.089	0.0924	0.0927	0.1109
Шаньдун	0.0722	0.0746	0.0815	0.0751	0.1318
Шанхай	0.4528	0.4604	0.4787	0.4731	0.6354
Тяньцзинь	0.1151	0.105	0.113	0.1091	0.1364
Чжэцзян	0.2167	0.297	0.3095	0.2732	0.3112
В среднем по Восточному региону	0.2435	0.2503	0.2488	0.2528	0.2966

¹⁷⁶ Рассчитано автором.

Таблица 2.2. Индекс цифровых технологий Центрального Китая¹⁷⁷

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Аньхой	0.061	0.0772	0.082	0.085	0.1142
Хэнань	0.0577	0.0644	0.058	0.0649	0.105
Хэйлунцзян	0.0618	0.0697	0.0625	0.0604	0.0906
Хубэй	0.0731	0.0833	0.1054	0.0913	0.1342
Хунань	0.0841	0.0891	0.0829	0.0676	0.0955
Цзилинь	0.052	0.0551	0.0566	0.0601	0.0724
Цзянси	0.0625	0.0521	0.0887	0.098	0.1212
В среднем по центральному региону	0.0646	0.0701	0.0766	0.0753	0.1047

Таблица 2.3. Индекс цифровых технологий Западного Китая¹⁷⁸

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Ганьсу	0.0248	0.0296	0.0355	0.039	0.0489
Гуанси	0.0339	0.0343	0.0348	0.0436	0.0541
Гуйчжоу	0.0948	0.0937	0.0869	0.0839	0.1005
Внутренняя Монголия	0.0577	0.0546	0.0589	0.0648	0.0736
Нинся	0.0675	0.0707	0.0715	0.0767	0.0925
Цинхай	0.0683	0.0591	0.0607	0.0776	0.0874
Шаньси	0.0878	0.0957	0.096	0.0973	0.1157
Сычуань	0.0656	0.0759	0.0912	0.095	0.134
Юньнань	0.0385	0.0431	0.0381	0.0388	0.0551
Чунцын	0.068	0.0713	0.0777	0.0849	0.1237
В среднем по западному региону	0.06069	0.0628	0.06513	0.07016	0.08855

¹⁷⁷ Рассчитано автором.¹⁷⁸ Рассчитано автором.

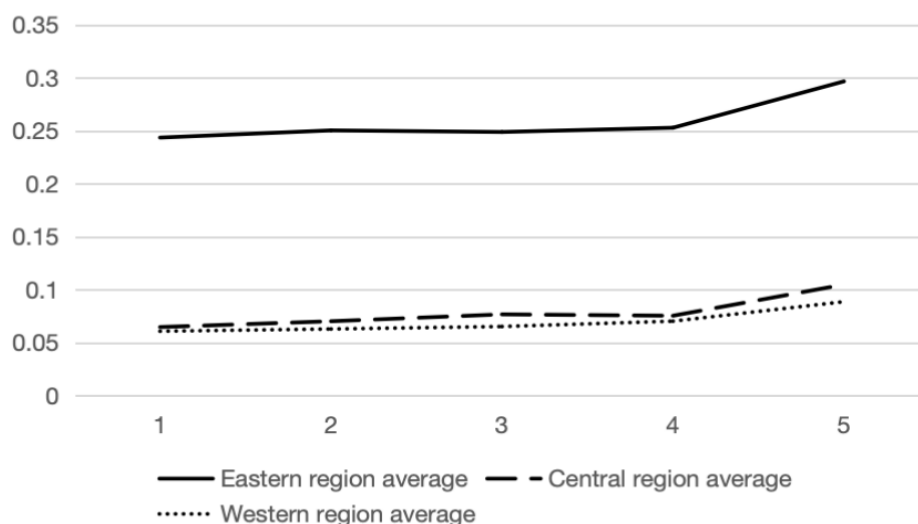


Рисунок 2.1. Цифровой индекс 3 регионов Китая¹⁷⁹

(eastern region average – в среднем по восточному региону, western regional average – в среднем по западному региону, central region average – в среднем по центральному региону)

Что касается тенденций развития с 2015 г. по 2019 г., то индекс цифровых технологий в восточных, центральных и западных регионах неуклонно растет. В 2016 г. индекс цифровых технологий в Пекине, Цзянсу и Гуандуне несколько снизился из-за роста неопределенности в мировой экономике, продолжающихся реформ в сфере предложения, непрерывной корректировки структуры промышленности, а также из-за того, что традиционные отрасли часто привлекают компетентных специалистов из высокотехнологичных отраслей для удовлетворения собственных потребностей в трансформации. Это способствовало увеличению текучести кадров на высокотехнологичных предприятиях, что привело к небольшому снижению доли персонала в НИОКР, и соответствующему снижению индекса цифровых технологий.

2.2.3 Анализ состояния цифровых технологий на уровне провинций

Развитие цифровых технологий в Китае характеризуется выраженными региональными различиями, которые можно разделить на три уровня, отражающие восточный, центральный и западный регионы. Ведущий уровень представлен Пекином, Шанхаем и Гуандуном, а промежуточный – Цзянсу, Чжэцзяном,

¹⁷⁹ Разработано автором.

Шаньдуном, Сычуанем, Фуцзянем и Хубэем. Все остальные провинции относятся к третьему уровню. В период с 2015 г. по 2019 г. наблюдалась последовательная траектория роста индексов цифровых технологий в этих провинциях и городах. Этот рост был обусловлен развитием цифровой инфраструктуры и расширением контекста применения цифровых технологий. 2017 г. стал поворотным моментом в развитии цифровых технологий и привлек к себе повышенное внимание. Были сделаны первые инвестиции в цифровую инфраструктуру, но индексы цифровых технологий не показали заметных улучшений из-за нахождения применения цифровых технологий на начальной стадии. Тем не менее, к 2019 г. произошел заметный скачок индексов цифровых технологий, отражающий значительные достижения в провинциях и городах.

2.2.4 Сбор данных и результаты расчетов

В данной работе рассчитан индекс цифровых технологий для 29 провинций и городов (за исключением Синьцзяна и Тибета) в период с 2015 г. по 2019 г.

Большинство данных, использованных в этом исследовании, получены из «Китайского статистического ежегодника труда»¹⁸⁰, «Статистического ежегодника высокотехнологичной промышленности Китая»¹⁸¹, «Статистического ежегодника науки и техники Китая»¹⁸² и «Статистического ежегодника культуры, культурных реликвий и туризма Китая»¹⁸³. На основе обширного анализа данных был рассчитан индекс цифровых технологий с использованием метода энтропийно-веса анализа TOPSIS (Таблицы 2.4, 2.5).

Исходя из расчетов, приведенных в Таблицах 2.4-2.5, индекс цифровых технологий в каждой провинции демонстрирует устойчивую тенденцию роста с 2015 г. по 2019 г. Увеличение индекса цифровых технологий до 2017 г. было незначительным, но к 2019 г. наметился значительный рост индекса цифровых технологий. Проведенный анализ показывает, что, хотя развитие цифровых технологий уже давно находится под пристальным вниманием, их влияние на производительность труда зависит от применения цифровых технологий, поскольку выгода от инвестиций в цифровую инфраструктуру может проявиться не

¹⁸⁰ <https://www.chinayearbooks.com/tags/china-labour-statistical-yearbook>

¹⁸¹ <https://www.stats.gov.cn/was5/web/search?channelid=288041&andsen=中国高技术产业统计年鉴>

¹⁸² <https://www.sts.org.cn/Page/Main/Index>

¹⁸³ https://www.mct.gov.cn/gywhb/jgsz/zgxwcbdw_jgsz/

zxs_zgxwcbdw/201904/t20190416_842837.htm?eqid=dc1ac84e00065900000000036460f216

скоро. Поэтому ожидается, что с улучшением инфраструктуры цифровых технологий развитие цифровых технологий будет продолжать улучшаться. Таблица 2.4. Индекс цифровых технологий в

некоторых провинциях¹⁸⁴

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	0.6563	0.5443	0.5283	0.5528	0.6873
Тяньцзинь	0.1151	0.105	0.113	0.1091	0.1364
Хэбэй	0.0661	0.0674	0.0687	0.0724	0.0938
Шанкси	0.0655	0.059	0.0581	0.0576	0.0735
Внутренняя Монголия	0.0577	0.0546	0.0589	0.0648	0.0736
Ляонин	0.0989	0.089	0.0924	0.0927	0.1109
Цилинь	0.052	0.0551	0.0566	0.0601	0.0724
Хэйлунцзян	0.0618	0.0697	0.0625	0.0604	0.0906
Шанхай	0.4528	0.4604	0.4787	0.4731	0.6354
Цзянсу	0.1591	0.1849	0.1653	0.1805	0.2228
Чжэцзян	0.2167	0.297	0.3095	0.2732	0.3112
Аньхой	0.061	0.0772	0.082	0.085	0.1142
Фуцзянь	0.1604	0.191	0.1947	0.2026	0.2408
Цзянси	0.0625	0.0521	0.0887	0.098	0.1212
Шаньдун	0.0722	0.0746	0.0815	0.0751	0.1318
Хэнань	0.0577	0.0644	0.058	0.0649	0.105
Хубэй	0.0731	0.0833	0.1054	0.0913	0.1342
Хунань	0.0841	0.0891	0.0829	0.0676	0.0955
Гуандун	0.572	0.6347	0.5933	0.6232	0.5666
Гуанси	0.0339	0.0343	0.0348	0.0436	0.0541
Хайнань	0.1093	0.1054	0.1112	0.1263	0.1258
Чунцин	0.068	0.0713	0.0777	0.0849	0.1237
Сычуань	0.0656	0.0759	0.0912	0.095	0.134
Гуйчжоу	0.0948	0.0937	0.0869	0.0839	0.1005
Юньнань	0.0385	0.0431	0.0381	0.0388	0.0551
Шанси	0.0878	0.0957	0.096	0.0973	0.1157
Ганьсу	0.0248	0.0296	0.0355	0.039	0.0489
Цинхай	0.0683	0.0591	0.0607	0.0776	0.0874
Нинся	0.0675	0.0707	0.0715	0.0767	0.0925

¹⁸⁴ Рассчитано автором.

Таблица 2.5. Производительность труда на душу населения в некоторых провинциях, юаней на человека¹⁸⁵

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	194035.8317	210385.4602	224694.7385	244950.5574	277857.6591
Тяньцзинь	184413.3586	198193.6349	207292.8936	209797.8942	157315.5171
Хэбэй	70756.34421	75925.25953	80863.01246	85818.63115	83582.19048
Шанкси	68169.38636	68390.84797	81125.21093	88011.46057	89496.34691
Внутренняя Монголия	121824.8958	122985.7531	112963.7869	128201.2457	129320.2855
Ляонин	118963.5255	96675.21293	102460.892	111985.0925	111282.3892
Цзилинь	94982.64217	98398.51371	100397.9093	102253.5001	80517.56693
Хэйлунцзян	74905.24904	75860.81254	79315.11222	82368.20379	76609.15077
Шанхай	184526.3715	206400.7061	223166.7942	237557.7541	277251.2716
Цзянсу	147349.7531	162709.6308	180482.0715	194900.7556	209962.7413
Чжэцзян	114864.7838	125668.5106	136375.8166	146499.3483	160903.1486
Аньхой	50679.69416	55960.24395	61714.52066	68425.92297	84657.80109
Фуцзянь	93843.83094	103004.1866	114700.8989	128266.9084	152430.9126
Цзянси	63933.71053	70135.72945	75621.06894	83398.88472	94063.44985
Шаньдун	94990.32039	102297.0811	110712.6635	123725.3179	118685.2319
Хэнань	55759.73478	60172.15284	65838.37742	71810.90855	82686.98568
Хубэй	80782.36741	89912.96449	98277.25762	109962.4302	129166.6009
Хунань	72613.14474	80479.77125	88815.8398	97432.12664	108420.3923
Гуандун	109628.7268	118943.9857	128836.6599	136377.2696	150583.6439
Гуанси	59585.53191	64476.02957	65176.84729	71462.46489	74432.70714
Хайнань	66623.96315	72619.77282	76429.06077	80467.11074	90577.52679
Чунцин	92055.442	103291.8976	113293.4589	119117.1154	138487.6272
Сычуань	62003.3794	67766.54321	75903.57143	83339.74595	95348.3739
Гуйчжоу	53951.96877	59366.89654	66927.78766	72634.04464	81825.60749
Юньнань	46284.35004	49312.97914	54721.86858	59747.12644	77661.53465
Шанси	87003.2828	93591.22926	105704.5422	117991.1163	124556.5482
Ганьсу	44216.73645	46491.79333	48009.44756	53007.57245	56265.24685
Цинхай	75201.45608	79329.28334	80277.39548	87020.28792	89822.83465
Нинся	80391.22032	85823.13109	91608.40649	97274.35022	97287.30859

¹⁸⁵ Рассчитано автором.

Таблица 2.6. Человеческий капитал на душу населения,
тыс. юаней¹⁸⁶

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	13.331	13.402	13.525	13.561	13.828
Тяньцзинь	11.859	11.857	11.939	12.146	12.444
Хэбэй	10.216	10.282	10.36	10.391	10.414
Шанкси	10.592	10.650	10.718	10.845	10.902
Внутренняя Монголия	10.054	10.248	10.365	10.435	10.691
Ляонин	10.519	10.577	10.609	10.53	10.769
Цзилинь	9.998	10.100	10.269	10.26	10.411
Хэйлунцзян	10.329	10.262	10.171	10.183	10.514
Шанхай	12.547	12.616	12.744	12.826	12.877
Цзянсу	10.748	10.880	10.922	10.913	10.921
Чжэцзян	10.602	10.705	10.88	10.951	11.124
Аньхой	9.087	9.136	9.067	9.304	9.609
Фуцзянь	9.952	10.011	10.147	10.248	10.362
Цзянси	9.649	9.631	9.639	9.797	9.952
Шаньдун	10.046	10.058	10.085	10.196	10.3
Хэнань	9.866	9.851	9.892	10.028	10.34
Хубэй	10.008	10.036	10.039	10.117	10.356
Хунань	9.957	10.141	10.302	10.356	10.77
Гуандун	10.638	10.789	10.857	10.908	11.085
Гуанси	9.730	9.711	9.8	9.713	9.903
Хайнань	9.940	10.036	10.104	10.226	10.684
Чунцин	9.885	9.898	9.965	10.079	10.648
Сычуань	9.060	9.175	9.216	9.128	9.663
Гуйчжоу	8.221	8.182	8.315	8.316	8.78
Юньнань	8.443	8.468	8.616	8.671	9.053
Шанси	10.212	10.353	10.482	10.582	10.767
Ганьсу	9.144	9.221	9.33	9.425	9.47
Цинхай	9.174	9.356	9.515	9.582	9.966
Нинся	9.733	9.885	10.131	10.197	10.692

¹⁸⁶ Рассчитано автором.

Таблица 2.7. Энергоемкость, кВт на десять тысяч юаней¹⁸⁷

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	0.297767633	0.271220723	0.254614145	0.239775884	0.208078418
Тяньцзинь	0.499450061	0.460990786	0.431878697	0.423878394	0.584290726
Хэбэй	0.98620719	0.929017211	0.893277109	0.893772804	0.927088591
Шанкси	1.518349993	1.486619961	1.291631731	1.20102675	1.225077349
Внутренняя Монголия	1.061435627	1.073306083	1.237247774	1.334241799	1.472531929
Ляонин	0.755763538	0.945345194	0.92083297	0.881718009	0.953413263
Цзилинь	0.578960729	0.542336636	0.536316632	0.464356647	0.608178517
Хэйлунцзян	0.803915758	0.7981235	0.788294803	0.698952793	0.853175128
Шанхай	0.453241892	0.415633822	0.387131651	0.35049099	0.306536546
Цзянсу	0.431211651	0.401275232	0.366019423	0.341647641	0.326462951
Чжэцзян	0.457253555	0.429109342	0.406233472	0.385695716	0.359139937
Аньхой	0.560402043	0.520124453	0.483085351	0.443065943	0.373713625
Фуцзянь	0.468825419	0.428939646	0.40053334	0.366746322	0.323575893
Цзянси	0.504670595	0.47283637	0.449608149	0.422383121	0.390386751
Шаньдун	0.602279313	0.569250868	0.532586944	0.530680988	0.582403807
Хэнань	0.625936432	0.571187981	0.514984121	0.471513776	0.41099021
Хубэй	0.555123334	0.515836644	0.483396936	0.423760782	0.377845048
Хунань	0.535218587	0.500897425	0.476979001	0.426730739	0.402519413
Гуандун	0.414008299	0.386383461	0.360536392	0.342627098	0.317095391
Гуанси	0.580904023	0.550944336	0.564587443	0.531777162	0.530674093
Хайнань	0.523393361	0.494917596	0.47125628	0.449084757	0.426451281
Чунцин	0.568419325	0.518810254	0.491383921	0.420219032	0.376560477
Сычуань	0.661762015	0.6182567	0.564463922	0.489599694	0.446007385
Гуйчжоу	0.947197636	0.868407444	0.774103212	0.67781271	0.621550997
Юньнань	0.760472187	0.720563792	0.677257556	0.64816969	0.523515797
Шанси	0.650099379	0.624755472	0.572496862	0.527859526	0.522541432
Ганьсу	1.107900659	1.018558769	1.010469309	0.948694348	0.896734455
Цинхай	1.710349393	1.598062578	1.60086558	1.523088897	1.427873026
Нинся	1.856259251	1.764822839	1.884387088	1.916236188	2.040293666

¹⁸⁷ Рассчитано автором.

Таблица 2.8. Индекс концентрации промышленности¹⁸⁸

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	0.032361769	0.036094428	0.038929969	0.030673244	0.038726167
Тяньцзинь	0.042262249	0.045704929	0.041726143	0.064604415	0.043837509
Хэбэй	0.037957043	0.040840602	0.029646074	0.031287296	0.026628204
Шанкси	0.025589174	0.026158264	0.025846152	0.036387635	0.026857657
Внутренняя Монголия	0.065500191	0.06658965	0.048939377	0.058178386	0.045097938
Ляонин	0.048064157	0.037297351	0.035722445	0.042170251	0.040101762
Цзилинь	0.072695332	0.076384445	0.071489536	0.080419848	0.055296148
Хэйлунцзян	0.059920747	0.061122128	0.047426799	0.063864929	0.045996243
Шанхай	0.054146533	0.060731158	0.063226638	0.074155132	0.079102483
Цзянсу	0.036753789	0.040565593	0.036446741	0.045088648	0.042811444
Чжэцзян	0.028645133	0.031560556	0.028881044	0.036369958	0.032720644
Аньхой	0.033789679	0.037477939	0.03095324	0.036896096	0.039211481
Фуцзянь	0.034559214	0.038324784	0.036988782	0.050942965	0.04503892
Цзянси	0.035992054	0.039812591	0.034914234	0.048383382	0.04341928
Шаньдун	0.038135503	0.041175432	0.036046707	0.042452466	0.030773597
Хэнань	0.045302536	0.049550478	0.046171415	0.037566004	0.038242537
Хубэй	0.037722555	0.041699278	0.037602559	0.046141616	0.045512228
Хунань	0.052296642	0.057090122	0.049491566	0.058490504	0.05912872
Гуандун	0.047858284	0.053144372	0.045882986	0.031113454	0.032148717
Гуанси	0.035413758	0.038605716	0.034344182	0.041512268	0.033105286
Хайнань	0.04360138	0.047727942	0.044448495	0.048274157	0.042288079
Чунцин	0.029482559	0.033277916	0.032451623	0.03973538	0.039917158
Сычуань	0.055356909	0.060664435	0.05870631	0.053387787	0.05373724
Гуйчжоу	0.030929545	0.034681916	0.030248699	0.042529061	0.035592284
Юньнань	0.030138175	0.032725635	0.028283785	0.039447766	0.040642101
Шанси	0.045581804	0.049066428	0.047327289	0.045917703	0.04394029
Ганьсу	0.032220245	0.034165943	0.033548599	0.035909934	0.0327018
Цинхай	0.036978306	0.039356374	0.024131264	0.039320287	0.030106277
Нинся	0.035975759	0.039148844	0.038023917	0.053841057	0.033096531

¹⁸⁸ Рассчитано автором.

В региональном разрезе уровень развития цифровых технологий в восточных регионах Китая в целом выше, чем в центральных и западных регионах. Индекс развития цифровых технологий в центральном регионе несколько выше, чем в западном регионе. С точки зрения развития инфраструктуры цифровых технологий восточный регион является более продвинутым, имея значительные преимущества в области технологий, талантов, рынка, промышленности и политики. Однако в некоторых западных регионах, таких как Гуйчжоу, Сычуань и Чунцин, уровень развития цифровых технологий даже превзошел показатели многих городов центрального региона, что можно объяснить вниманием местных властей, политической поддержкой и основой промышленности.

Тем не менее, в 2016 г. индекс цифровых технологий в Пекине, Цзянсу и Гуандуне снизился. Основной причиной такого снижения стало усиление внешней глобальной экономической неопределенности, продолжающиеся реформы в сфере предложения и углубление реструктуризации промышленности. Быстрое развитие новых отраслей привело к частой конкуренции с традиционными отраслями, что привело к оттоку талантов на высокотехнологичные предприятия и незначительному снижению индекса цифровых технологий.

2.3 Анализ текущей производительности труда в китайской промышленности

Если рассматривать более широкий экономический ландшафт, то станет очевидно, что сдвиги в распределении факторов производства играют ключевую роль в динамике производительности труда. Разница в уровне инвестиций в разных странах не является главным фактором, определяющим различия в их экономическом росте. Чрезмерное увлечение накоплением капитала может привести к снижению предельной доходности, в то время как повышение уровня производительности труда является краеугольным камнем устойчивого экономического роста. Анализ данных за период с 1978 г. по 2006 г. по 31 провинции и автономным районам материкового Китая показывает, что, хотя

производительность труда в восточном регионе демонстрирует ограниченную конвергенцию, абсолютные показатели значительно расходятся. Рыночные перекосы между секторами и сохраняющиеся институциональные препятствия на пути перемещения рабочей силы из сельского хозяйства в несельскохозяйственные отрасли отвечают за скромный эффект Денисона и приводят к потерям в общественной эффективности.

По мере проведения экономических реформ в Китае, особенно с постепенным устранением ограничений на мобильность рабочей силы, перераспределение сельской рабочей силы и значительное наращивание материального капитала стали основными стимулами быстрого экономического роста. После 2004 г., когда Китай преодолел переломный «момент Льюиса», опора на демографические дивиденды для обеспечения высоких темпов роста стала менее востребованной, и акцент был смещен в сторону повышения производительности труда как движущей силы роста.

Наблюдения за период с 1990 г. по 2012 г. и после 18-го Национального съезда Коммунистической партии Китая свидетельствуют о сохраняющихся различиях между производительностью труда в сельскохозяйственном и несельскохозяйственном секторах, а также о том, что перекосы на рынке труда влияют на эффективность производства. Очевидны региональные и отраслевые различия в росте производительности труда в обрабатывающей промышленности, причем стабильность в восточных регионах контрастирует с быстрым развитием в центральных и западных районах. Инновации и технологии названы основополагающими факторами, способствующими качественному развитию обрабатывающего сектора.

Дальнейшие выводы свидетельствуют о том, что углубление материального капитала и повышение технологической эффективности несут основную ответственность за растущий разрыв в производительности труда между провинциями и регионами. Некогда распространенный «клуб» высокого уровня уменьшается, а регионы движутся в направлении конвергенции. Относительный рост производительности труда в промышленности в национальных, восточных и

центральных регионах привел к росту цен на услуги и доли занятости, что вызвало «болезнь издержек Баумоля» и замедление экономического роста, и наоборот, западный регион с его отстающим сектором сферы услуг все еще пользуется структурными дивидендами.

Таким образом, содействие комплексному развитию производственных услуг и традиционной обрабатывающей промышленности является важнейшей стратегией, способствующей трансформации и подъему традиционных отраслей промышленности на уровень высококачественного развития.

Квинтет китайских экономических коридоров демонстрирует отличительные черты и опирается на различные факторы роста. В Экономическом поясе Желтой реки большинство городских центров демонстрируют растущую модель «зеленой» общей факторной производительности в обрабатывающей промышленности, характеризующуюся ярко выраженным эффектом столицы и спадом в центральном регионе. Градиент развития простирается от менее развитых районов верхнего течения реки к умеренно развитым районам среднего течения и, наконец, к более развитым районам нижнего течения реки. Стимул роста в основном был связан с повышением эффективности «зеленых» технологий до 2013 г., а после 2013 г. он сместился в сторону развития «зеленых» технологических рубежей.

Напротив, эволюция производительности в Экономическом поясе реки Янцзы в 11 провинциальных и муниципальных районах характеризуется временными циклами и пространственными диспропорциями с заметной межрегиональной изменчивостью. Здесь «зеленая» производительность промышленного сектора отражает модель стабильности, волатильности и роста пояса Желтой реки со ступенчатой градацией от превосходства в нижнем течении реки до умеренного роста в верхнем.

В скоординированной экономической зоне Пекин-Тяньцзинь-Хэбэй производительность «зеленого» труда растет, в основном благодаря технологическому прогрессу. Однако переток технологических инноваций из Пекина в Тяньцзинь и Хэбэй минимален, что приводит к U-образному распределению. Интегрированный экономический пояс дельты реки Янцзы

предполагает беспрепятственный обмен факторами, товарами, услугами и корпоративными потоками, создавая прочную и влиятельную промышленную цепочку. Формирование полюсов экономического роста в этом регионе характеризуется кластеризацией техноемких фирм, что приводит к значительным колебаниям производительности, демонстрируя N-образную форму.

Экономическая инициатива «Пояс и путь» охватывает 18 провинций и регионов, в которых в период с 2012 г. по 2016 г. наблюдались колебания и рост общей производительности факторов производства, причем зенит пришелся на Восточный Китай, а надир – на Центральный и Южный Китай. В данном случае основной вклад в изменение производительности вносит технологический прогресс. Кроме того, в научных кругах рассматривается влияние на производительность труда масштабов городов, концентрации промышленности и новых видов инфраструктуры.

На микроуровне темпы роста общей факторной производительности на китайских предприятиях обрабатывающей промышленности колеблются от 2 до 6%, а среднегодовой темп роста составляет 3,83%. Взаимодополняющий эффект нового поколения информационных технологий с высокой квалификацией и долгосрочной занятостью работников может повысить производительность труда предприятий. В регионах с более высокой степенью маркетизации техноемкие отрасли демонстрируют значительно более высокие характеристики. Сегментация производства, обусловленная тонким разделением труда, способствует повышению производительности труда на предприятиях, особенно в государственных секторах, высокотехнологичных отраслях и на низкопроизводительных предприятиях. Повышение производительности труда за счет внутрирегиональной сегментации производства имеет «обратный U-образный» эффект, причем в восточных регионах он сильнее, чем в центральных и западных, а на предприятиях ниже провинциального уровня сильнее, чем на предприятиях выше провинциального уровня. Сегментация рынка, обусловленная административным делением, имеет смешанный эффект, а сегментация рынка между межпровинциальными регионами, превышающая определенную интенсивность, ослабляет повышение

производительности труда местных предприятий. Внутри предприятий структура капитала, эффективное управление, инвестиции в социальное обеспечение, выбор и освоение технологий также существенно влияют на производительность труда.

2.3.1 Описание данных и метод измерения

В данном исследовании производительность труда рассчитывается по формуле с использованием панельных данных по провинциям с 2015 по 2019 год, а все данные взяты из «Китайского статистического ежегодника» и различных провинциальных статистических ежегодников. Производительность труда измеряется с помощью производительности труда на душу населения (ВВП каждой провинции / количество работников в каждой провинции).

2.3.2 Анализ национальной производительности труда

С 2001 г. производительность труда в Китае демонстрировала постоянную тенденцию к росту, а пик ее ежегодных темпов пришелся на 2007 г.. В 2008 г. и 2009 г. она быстро снижалась под влиянием международного финансового кризиса. В 2010 г. стимулируемая политикой «инвестиций в четыре триллиона юаней», производительность труда ненадолго выросла, но затем продолжила снижаться до 2015 г., когда структурная реформа предложения дала устойчивый импульс для восстановления. Однако в 2018 г. и 2019 г. темпы роста производительности труда снижались быстрее из-за влияния торговых трений между Китаем и США.

Что касается региональных различий, то относительный разрыв в производительности труда между регионами Китая сократился, в то время как абсолютный разрыв увеличился. В 2000 г. производительность труда в восточных, западных, центральных и северо-восточных регионах Китая составляла 21936 юаней на человека, 9239 юаней на человека, 9762 юаня на человека и 19257 юаней на человека, соответственно. К 2019 г. эти показатели увеличатся до 155162 юаней на человека, 94259 юаней на человека, 95844 юаней на человека и 91610 юаней на человека, соответственно. В 2000 г. самая высокая производительность труда в восточном регионе в 2,37 раза превышала самую низкую в западном регионе, а абсолютная разница составляла 12697 юаней на человека. В 2019 г. относительный

разрыв между самыми высокими показателями в восточном регионе и самыми низкими в северо-восточном регионе составил 1,693 раза, а абсолютная разница – 63552 юаня на человека. В то время как относительные различия имеют тенденцию к сокращению, абсолютные различия увеличиваются. В 2019 г. в восточном регионе производительность труда в Пекине составила 278438 юаней на человека, а в Хэбэе – только 83632 юаня на человека, разрыв составил 3,33 раза. В западном регионе самая высокая производительность труда была в Чунцине – 138488 юаней на человека, а самая низкая – в Ганьсу – 56265 юаней на человека, разрыв составил 2,46 раза.

Кроме того, в четырех основных регионах Китая в целом наблюдаются схожие тенденции роста производительности труда. Западный и центральный регионы, пользующиеся преимуществами политики развития Запада и подъема Центра, демонстрировали более высокие темпы роста, в то время как восточный регион имел умеренный рост, а северо-восточный регион – относительно более медленные темпы роста. Темпы роста западного региона достигли 9,66 раза, а северо-восточного – 4,75 раза, что свидетельствует об увеличении относительного разрыва.

В течение периода наблюдения общая тенденция производительности труда демонстрировала колебания по схеме «плавный рост – спад – плавный рост – спад». За исключением 2002 г. и 2015 г. общие коэффициенты Джини во всех отраслях снизились. Наибольший коэффициент Джини составлял 0,3406 в 2001 г., а наименьший – 0,223 в 2019 г. Изменения коэффициентов Джини были относительно медленными с 2001 г. по 2003 г. и с 2014 г. по 2018 г., что говорит о том, что неравномерность производительности труда существенно не изменилась. Однако с 2003 г. по 2014 г. коэффициент Джини быстро снижался, что свидетельствует о тенденции к более сбалансированной производительности труда в Китае.

При декомпозиции производительности труда по отраслям видно, что рост производительности труда имеет поэтапный характер. В период с 2001 г. по 2003 г., с 2004 г. по 2009 г., с 2010 г. по 2015 г. и с 2015 г. по 2019 г. были рассчитаны коэффициенты Джини и вклады для каждой отрасли отдельно. Результаты

показывают, что в то время как вклад чистой производительности труда имеет тенденцию к росту, значения его эффекта снижаются. Это говорит о том, что для того, чтобы труд приобрел новые производственные мощности, необходимы прорывы в новых технологиях, а это требует значительных инноваций и духа предпринимательства для поддержания темпов роста производительности труда на определенном уровне. Вклад «эффекта Денисона» имеет тенденцию к росту и падению, и его вклад в общий рост производительности труда также имеет аналогичную тенденцию. Структурные дивиденды, вызванные изменениями в структуре занятости, постепенно исчезают. «Эффект Баумоля» не показал значительных изменений в фазах, а отрицательные значения эффекта указывают на возможность сосуществования структурных дивидендов и «болезни Баумоля».

В заключение следует отметить, что различия в производительности труда в Китае в основном обусловлены межрегиональными различиями, которые вносят наибольший вклад – в среднем 66,89%. За ними следуют внутрирегиональные различия, вносящие в среднем 22,65%, и наименьший вклад вносит плотность супервариации, составляющая в среднем 10,46%. Пересечение выборки между регионами оказывает относительно небольшое влияние, но имеет тенденцию к увеличению. Рост производительности труда в Китае в основном обусловлен эффектом чистой производительности, который имеет значительный вклад, превышающий 100% в 2001 г., а затем снижающийся до 80,08% в 2003 г. На эффект чистой производительности влияют новые технологические прорывы, благодаря которым трудовые ресурсы приобретают новые производственные возможности. «Эффект Денисона» и «отрицательный эффект Баумоля» сосуществуют, что указывает на возможное одновременное присутствие структурных дивидендов и «болезни Баумоля».

На Рисунке 2.2 показана производительность труда в Китае с 2015 г. по 2019 г., что свидетельствует об устойчивом росте с темпами роста 6,8%, 8,1%, 11,4%, 10,6% и, 7,9% соответственно, с пиком в 2017 г. Исследование показывает, что люди были более осведомлены о влиянии цифровых технологий на производительность до начала действий правительства, что привело к увеличению инвестиций в

цифровые технологии. В 2017 г. правительство включило развитие цифровой экономики в свой план работы, создав благоприятные условия для развития цифровых технологий и позволив предприятиям лучше использовать цифровые технологии для повышения производительности труда. После 2017 г., несмотря на первоначальные инвестиции в инфраструктуру, по мере трансформации китайских предприятий и смены драйверов экономического роста темпы роста производительности труда замедлились, поскольку инновационное развитие, вызванное интеграцией цифровых технологий с отраслями, не было реализовано в полной мере.

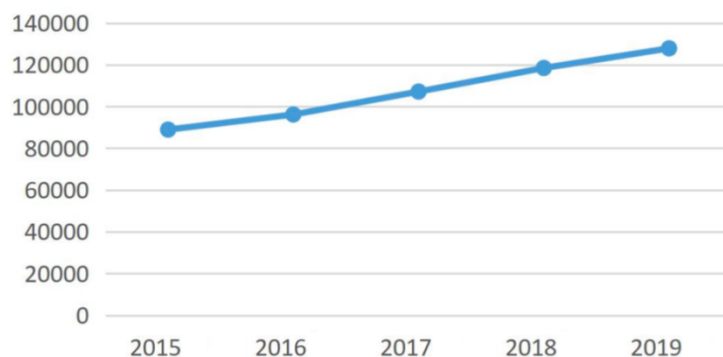


Рисунок 2.2. Производительность труда в стране (2015-2019) ¹⁸⁹

2.3.3 Анализ региональной производительности труда

Данные, представленные в Таблицах 2.9-2.11, показывают, что, несмотря на общую тенденцию к росту производительности труда в восточных, центральных и западных регионах Китая с 2015 г., сохраняются заметные региональные различия. Восточный регион опережает центральный и западный регионы по уровню производительности труда. В рамках этих широких категорий центральные провинции демонстрируют более равномерную структуру развития, в то время как западные провинции отличаются большим разбросом, а некоторые районы превосходят восточные по производительности труда. Если сопоставить эти данные с ранее рассмотренными региональными достижениями в области цифровых технологий, то в 2017 г. становится очевидным заметный скачок производительности труда во всех трех регионах, который коррелирует с развитием

¹⁸⁹ Разработано автором.

цифровых технологий. Тем не менее, зависимость от традиционных факторов производства в центральных и западных регионах означает, что влияние цифровых технологий на производительность труда там менее очевидно.

Таблица 2.9. Производительность труда в различных регионах, юаней на человека¹⁹⁰

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Пекин	194035.8317	210385.4602	224694.7385	244950.5574	277857.6591
Фуцзянь	93843.83094	103004.1866	114700.8989	128266.9084	152430.9126
Гуандун	109628.7268	118943.9857	128836.6599	136377.2696	150583.6439
Хайнань	66623.96315	72619.77282	76429.06077	80467.11074	90577.52679
Хубэй	80782.36741	89912.96449	98277.25762	109962.4302	129166.6009
Цзянсу	147349.7531	162709.6308	180482.0715	194900.7556	209962.7413
Ляоинь	118963.5255	96675.21293	102460.892	111985.0925	111282.3892
Шаньдун	94990.32039	102297.0811	110712.6635	123725.3179	118685.2319
Шанхай	184526.3715	206400.7061	223166.7942	237557.7541	277251.2716
Тяньцзинь	184413.3586	198193.6349	207292.8936	209797.8942	157315.5171
Чжецзян	114864.7838	125668.5106	136375.8166	146499.3483	160903.1486
восток	116000.6826	118241.8386	135540.3173	147119.9851	158684.32

Таблица 2.10. Производительность труда в Центральном Китае, юаней на человека¹⁹¹

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Аньхой	50679.69416	55960.24395	61714.52066	68425.92297	84657.80109
Хэнань	55759.73478	60172.15284	65838.37742	71810.90855	82686.98568
Хэйлунцзян	74905.24904	75860.81254	79315.11222	82368.20379	76609.15077
Хубэй	80782.36741	89912.96449	98277.25762	109962.4302	129166.6009
Хунань	72613.14474	80479.77125	88815.8398	97432.12664	108420.3923
Цзилинь	94982.64217	98398.51371	100397.9093	102253.5001	80517.56693
Цзянси	63933.71053	70135.72945	75621.06894	83398.88472	94063.44985
Шаньси	68169.38636	68390.84797	81125.21093	88011.46057	89496.34691
центр	66203.8192	71419.03862	77870.74588	84872.82756	94135.44115

¹⁹⁰ Рассчитано автором.

¹⁹¹ Рассчитано автором.

Таблица 2.11. Производительность труда в Западном Китае,
юаней на человека¹⁹²

провинция	2015	2016	2017	2018	2019
Ганьсу	44216.73645	46491.79333	48009.44756	53007.57245	56265.24685
Гуанси	59585.53191	64476.02957	65176.84729	71462.46489	74432.70714
Гуйчжоу	53951.96877	59366.89654	66927.78766	72634.04464	81825.60749
Внутренняя Монголия	121824.8958	122985.7531	112963.7869	128201.2457	129320.2855
Нинся	80391.22032	85823.13109	91608.40649	97274.35022	97287.30859
Цинхай	75201.45608	79329.28334	80277.39548	87020.28792	89822.83465
Шаньси	87003.2828	93591.22926	105704.5422	117991.1163	124556.5482
Сычуань	62003.3794	67766.54321	75903.57143	83339.74595	95348.3739
Юньнань	46284.35004	49312.97914	54721.86858	59747.12644	77661.53465
Чунцин	92055.442	103291.8976	113293.4589	119117.1154	138487.6272
запад	67273.55426	72325.89159	77419.01928	84654.89911	94222.81292

В большинстве провинций в этот период наблюдался устойчивый рост производительности труда, тем не менее, между различными провинциями и городами существуют значительные различия. В 2019 г. в Тяньцзине, Хэйлунцзяне, Цзилине и Ляонине наблюдалось значительное снижение ВВП, несмотря на практически полное отсутствие изменений или даже рост занятости, что привело к снижению производительности труда.

Согласно результатам исследования промышленная структура Тяньцзиня и северо-восточных провинций (Хэйлунцзян, Цзилинь и Ляонин) в основном опирается на тяжелую и химическую промышленность, которая характеризуется экстенсивным производством, низкой добавленной стоимостью, избыточными мощностями и доминированием государственных предприятий. Эти факторы привели к тому, что данные регионы столкнулись с трудностями при переходе в эпоху мощного Интернета и цифрового экономического развития, а значит, упустили возможности для роста. В отличие от них, Пекин и Шанхай продемонстрировали значительный рост производительности труда в 2019 г., в

¹⁹² Рассчитано автором.

первую очередь благодаря хорошо развитой цифровой инфраструктуре на раннем этапе и широкому применению цифровых технологий в дальнейшем, что в конечном итоге привело к росту производительности труда.

ГЛАВА 3: ЭМПИРИЧЕСКАЯ ПРОВЕРКА МЕХАНИЗМА ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

3.1 Влияние цифровых технологий на производительность труда на уровне провинции

В предыдущих разделах были подробно рассмотрены внедрение цифровых технологий и производительность труда в рассматриваемый период времени. Было отмечено, что, хотя цифровые технологии действительно способствуют повышению производительности труда в промышленности, промышленное производство в центральных и западных регионах Китая по-прежнему в основном зависит от традиционных факторов. Мы также рассмотрели теории, относящиеся к влиянию цифровых технологий на производительность труда в промышленности, и изучили механизмы, с помощью которых цифровые технологии способствуют повышению производительности труда, в частности за счет технологических инноваций и реструктуризации промышленности.

В этой главе мы обобщаем ситуационный анализ и теоретические рассуждения и проводим эмпирическое исследование влияния цифровых технологий на производительность труда в промышленности 31 провинции Китая в период с 2015 г. по 2019 г. Кроме того, мы проводим эмпирические оценки для проверки вышеупомянутых путей воздействия.

Из обзора литературы можно сделать вывод, что цифровые технологии оказали значительное влияние на экономику. Из-за проблем, связанных с измерением цифровых технологий, среди ученых существуют некоторые разногласия относительно их влияния на общее экономическое развитие и производительность труда. По мере того как методы измерения масштабов применения цифровых технологий постепенно совершенствуются, все большее количество ученых начинает анализировать их связь с экономическим ростом с эмпирической точки зрения. В последние годы многие ученые подтверждают, что

цифровые технологии способствуют экономическому развитию. Однако, если экономический рост анализируется на макроуровне, то решающее значение для развития страны имеет анализ на отраслевом уровне. Поэтому эмпирический раздел данной работы посвящен исследованию влияния применения цифровых технологий в течение выборочного периода на производительность труда в промышленности. В работе также используется трехступенчатый тест для изучения опосредованного влияния путей воздействия, предложенных в теоретическом разделе, и проводится анализ гетерогенности для разных уровней цифрового развития и разных регионов. Все результаты моделирования, представленные в работе, реализованы с помощью Stata 12.0.

На основе анализа, проведенного в теоретическом разделе, можно сделать предварительный вывод о том, что применение цифровых технологий оказывает определенное влияние на производительность труда, причем это влияние происходит на производственном уровне и уровне отрасли. В данной работе устанавливаются два пути воздействия: «цифровые технологии – технологические инновации – производительность труда в промышленности» и «цифровые технологии – структура промышленности – производительность труда в промышленности». На основе анализа механизмов воздействия предлагаются три гипотезы.

Гипотеза 1. Применение цифровых технологий в определенной степени способствует повышению производительности труда в промышленности.

Гипотеза 2. Применение цифровых технологий приводит к технологическим инновациям, которые, в свою очередь, повышают эффективность производства и эффективность управления, способствуя тем самым росту производительности труда в промышленности.

Гипотеза 3. Применение цифровых технологий оказывает положительное влияние на структуру промышленности, что приводит к повышению производительности труда в промышленности за счет улучшения структуры промышленности.

3.1.1 Выбор переменных и статистическое описание

(1) Выбор переменных

В данной работе используются панельные данные по 31 провинции (муниципалитету) Китая за период с 2015 г. по 2019 г. для анализа влияния применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности. Таким образом, производительность труда в промышленности выбрана в качестве зависимой переменной, а степень применения цифровых технологий – в качестве основной независимой переменной. Основываясь на соответствующей литературе по производительности труда и цифровым технологиям, в данном исследовании выбраны четыре контрольные переменные, а именно: запас человеческого капитала, открытость рынка, концентрация промышленности и энергоемкость. Что касается опосредующих переменных, то мы выбираем показатели технологических инноваций и структуры промышленности. Данные, используемые в данном исследовании, собраны из различных источников, включая Китайский статистический ежегодник (2016 г.-2020 г.), Национальное бюро статистики, Национальную инфраструктуру знаний Китая (CNKI), базу данных Guotai'an, индексную платформу цифровой экономики «Интернет+» компании Tencent и другие. Конкретные настройки переменных следующие.

Зависимая переменная. Производительность труда в промышленности (lp), которая измеряется общей производительностью труда в промышленном секторе. Она рассчитывается путем деления добавленной стоимости в промышленности на среднее число занятых в промышленности в каждой провинции. Для проверки устойчивости мы также используем сравнительную производительность труда (dp) в качестве альтернативы в тесте на устойчивость.

Основная независимая переменная. Степень применения цифровых технологий (dei), которая измеряется с помощью индекса цифровой экономики «Интернет+» компании Tencent, предложенного в главе 3.

Контрольные переменные. Энергоемкость (gei), которая измеряет отношение потребления энергии к добавленной стоимости в промышленном секторе каждой провинции. Высокая энергоемкость означает, что для получения одинакового

объема продукции требуется больше ресурсов, что влияет на производительность труда. Запас человеческого капитала (shc), который измеряется средним количеством лет образования на человека, умноженным на среднее количество работников на промышленных предприятиях. Человеческий капитал является важнейшим аспектом качества рабочей силы и напрямую влияет на производительность труда. Открытость рынка ($open$), которая рассчитывается как отношение общего объема промышленной импортно-экспортной торговли к региональному ВВП. Открытость отражает степень открытости торговли и влияет на внедрение иностранных технологий и сбыт продукции в промышленном секторе, следовательно, влияет на производительность труда. Концентрация промышленности (sca), которая измеряется средним размером промышленных предприятий, то есть отношением общей стоимости промышленной продукции к количеству промышленных предприятий. Высокая концентрация промышленности может привести к эффекту масштаба и повышению производительности труда.

Опосредующие переменные. Технологические инновации ($iost$), представленные вкладом научно-технических ресурсов. Промышленная структура (isg), представленная отношением добавленной стоимости высокотехнологичных отраслей к региональной промышленной добавленной стоимости. Высокотехнологичные отрасли обычно имеют более высокий предельный выпуск, и их доля в общей структуре промышленности может отражать состояние структуры промышленности.

(2) Описательная статистика

Для начала в данной работе приводится описательная статистика данных выборки, чтобы понять характеристики каждого показателя, включая размер выборки, среднее значение, стандартное отклонение, максимум и минимум. Подробные статистические характеристики каждой переменной представлены в Таблице 3.1.

Таблица 3.1. Описательная статистика связанных переменных¹⁹³

символ	obs	mean	SD	min	max
Lp	93	17.222	7.902	2.28	41.68
Dei	93	8.768	14.036	0.31	111.68
Gei	93	2.403	1.502	0.916	6.130
She	93	5710.253	5617.772	233.08	21837.09
Open	93	0.220	0.234	0.01	1.05
Sca	93	4.848	13.367	0.012	74.929
Iost	93	125.829	149.770	4.81	823.89
Isg	93	0.334	0.090	0.068	0.435

3.1.2 Эмпирический анализ базовой модели

(1) Тест на мультиколлинеарность

Перед проведением анализа панельных данных в данном исследовании сначала проводится проверка на мультиколлинеарность переменных с целью избежания возможных искажений в оценках или трудностей, вызванных высокой корреляцией переменных.

Таблица 3.2. Тест на мультиколлинеарность¹⁹⁴

переменная	VIF	1/VIF
Lniost	3.42	0.184112
Lnshc	3.42	0.292775
Lnsca	2.65	0.377083
Lnopen	2.37	0.421354
Lndei	2.14	0.466260
Lnisg	2.07	0.483884
Lngei	1.90	0.527406
средняя VIF	2.85	

На основании эмпирических результатов, представленных в Таблице 3.2, можно заметить, что коэффициенты инфляции дисперсии для технологических инноваций (iost) и запаса человеческого капитала (shc) являются самыми большими,

¹⁹³ Рассчитано автором.

¹⁹⁴ Рассчитано автором.

оба из них составляют 3,42, что намного ниже критического значения 10. Другие переменные, включая главную независимую переменную (*dei*), контрольные переменные и опосредующие переменные, имеют коэффициенты инфляции дисперсии ниже критического значения 10. Таким образом, проблема мультиколлинеарности отсутствует, и модель можно использовать для дальнейшего анализа.

(2) Спецификация базовой модели

После выбора переменных и изучения описательной статистики в данном исследовании все переменные исследования приводятся к логарифму, чтобы обеспечить стабильность данных и устранить потенциальную гетероскедастичность в модели. Базовая регрессионная модель построена следующим образом:

$$\ln lp_{it} = \alpha_{it} + \beta \ln dei_{it} + \lambda_1 \ln gei_{it} + \lambda_2 shc_{it} + \lambda_3 \ln open_{it} + \lambda_4 \ln sca_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

где *i* обозначает регион, а *t* обозначает время. Зависимой переменной является производительность труда в промышленности, а основной независимой переменной – степень применения цифровых технологий. Контрольные переменные включают энергоёмкость, запас человеческого капитала, открытость рынка и концентрацию промышленности. В дополнение, ε_{it} обозначает член ошибки, а α, β, λ параметры, подлежащие оценке.

(3) Базовый регрессионный анализ

В данном исследовании мы используем метод панельных данных и применяем спецификационный тест Хаусмана для определения пригодности модели с фиксированными эффектами по сравнению с моделью со случайными эффектами. Результаты теста Хаусмана показывают, что статистика теста значима на уровне 5% для всех моделей, что позволяет исключить модель со случайными эффектами в пользу модели с фиксированными эффектами. Таким образом, для всех первичных анализов используется модель с фиксированными эффектами. Для

проверки устойчивости результатов базовой модели мы вводим контрольные переменные пошагово в процессе тестирования модели. Результаты этих регрессий системно представлены в Таблице 3.3.

Таблица 3.3. Результаты регрессии эталонной модели полной выборки¹⁹⁵

переменные	Model (1)	Model (2)	Model (3)	Model (4)	Model (5)
lndei	0.0567**	0.0371***	0.0296***	0.0325***	0.0363***
	(0.0245)	(0.00782)	(0.00464)	(0.00491)	(0.00489)
lngei		-0.990***	-0.998***	-0.999***	-0.997***
		(0.00782)	(0.00177)	(0.0103)	(0.00990)
lnshc			-0.732***	-0.538***	-0.590***
			(0.105)	(0.0596)	(0.0599)
lnopen				0.0835*	0.0986**
				(0.0426)	(0.0413)
lnsca					-0.0837***
					(0.0281)
Constant	2.695***	3 373***	9.338***	7.924***	8.362***
	(0.0359)	(0.0114)	(0.860)	(0.507)	(0.509)
R-squared	0.014	0.987	0.995	0.994	0.995
Number of pro	31	31	31	31	31

Анализируя модели (1)-(5), можно отметить положительные и статистически значимые коэффициенты регрессии для индекса применения цифровых технологий (dei) на уровне 1%, что говорит о том, что инвестиции в цифровые технологии оказывают заметное положительное влияние на производительность труда в промышленности Китая. При учете таких контрольных переменных, как энергоемкость, человеческий капитал, открытость рынка и промышленная концентрация, коэффициент для (dei) составляет 0,0363. Это означает, что на каждый 1% прироста применения цифровых технологий приходится 3,63% прироста производительности труда в промышленности с учетом влияния других переменных. Результаты подтверждают первоначальную гипотезу, утверждающую, что инвестиции в цифровые технологии являются катализатором роста

¹⁹⁵ Рассчитано автором.

производительности труда в промышленности.

Анализ контрольных переменных в рамках регрессионных моделей (2)-(5) показывает, что энергоемкость (gei) имеет отрицательный коэффициент и достигает статистической значимости на уровне 1%. Это означает, что более высокое отношение потребления энергии к объему производства оказывает демпфирующее воздействие на производительность труда в промышленности. Такие выводы согласуются с предыдущими исследованиями и наблюдаемыми тенденциями. В моделях (3)-(5) коэффициенты для запаса человеческого капитала (shc) также отрицательны и значимы на уровне 1%, что указывает на обратную зависимость от производительности труда в промышленности Китая. Повышение качества рабочей силы не сопровождается ростом производительности труда в промышленности, что расходится с большинством существующих исследований и практических наблюдений. Эта аномалия может быть связана с задержкой интеграции цифровых технологий в промышленность Китая, что может означать, что благотворное влияние усиленного человеческого капитала на производительность еще не полностью материализовалось. Кроме того, используемый показатель запаса человеческого капитала, в котором основное внимание уделяется периоду получения образования, может неадекватно отражать реальное качество рабочей силы, поскольку он не учитывает качество полученного образования. Что касается открытости рынка ($open$), то модели (4)-(5) показывают положительные коэффициенты, значимые на уровне 1%, что подчеркивает благотворное влияние открытости торговли на производительность труда в промышленности. Повышенная открытость торговли способствует развитию конкурентных рынков, облегчает обмен информацией и поощряет технологические инновации, что способствует росту производительности труда. Наконец, коэффициент отраслевой концентрации (sca) в модели (5) имеет отрицательную корреляцию и значим на уровне 1%, что говорит о том, что повышенная отраслевая концентрация снижает производительность труда. Это подтверждается многочисленными исследованиями, указывающими на то, что чрезмерная концентрация может подавлять рыночную конкуренцию и приводить к монополистическому поведению, что, в свою очередь,

может препятствовать повышению производительности труда.

(4) Проверки на устойчивость

Для дальнейшего исследования устойчивости вывода о том, что применение цифровых технологий повышает производительность труда в промышленности, мы заменили показатель общей производительности труда (lp) на показатель сравнительной производительности труда (dp) и провели панельный регрессионный анализ. Результаты регрессии представлены в Таблице 3.4. Из моделей (6)-(10) видно, что положительная связь между применением цифровых технологий и производительностью труда сохраняется, а коэффициенты регрессии близки к коэффициентам в базовых регрессионных моделях. Кроме того, знак контрольных переменных (энергоемкость, открытость рынка и концентрация промышленности) остается неизменным, а коэффициент регрессии для запаса человеческого капитала (she) положительный, что противоречит предыдущим результатам базовой регрессии. Тем не менее, знак этого коэффициента не влияет на результаты теста на устойчивость. В целом результаты теста на устойчивость показывают, что выводы, сделанные в данном исследовании, являются надёжными.

Таблица 3.4. Проверки на устойчивость¹⁹⁶

переменные	Model (6)	Model (7)	Model (8)	Model (9)	Model (10)
$lndei$	0.0420***	0.0416***	0.0488***	0.0493***	0.0769***
	(0.0126)	(0.0126)	(0.0117)	(0.0118)	(0.0142)
$lngei$		-0.0183	-0.0152	-0.0175	-0.000195
		(0.0319)	(0.0242)	(0.0247)	(0.0292)
$lnshc$			0.595***	0.599***	0.189**
			(0.144)	(0.144)	(0.0943)
$lnopen$				0.0659	0.139*
				(0.103)	(0.0805)
$lnsca$					-0.614***
					(0.0528)
Constant	-1.112***	-1.100***	-5.950***	-5.847***	-2.489***
	(0.0184)	(0.0352)	(1.197)	(1.226)	(0.815)
R-squared	0.187	0.195	0.181	0.169	0.151
Number of pro	31	31	31	31	31

¹⁹⁶ Рассчитано автором.

3.1.3 Тестирование эффекта опосредования

(1) Метод тестирования эффекта опосредования

В данном исследовании для изучения эффекта опосредования используется трехступенчатый метод тестирования, предложенный Вэнь Чжунлинем и Чжан Лэем (2004). Модель тестирования эффекта опосредования выглядит следующим образом¹⁹⁷:

$$\ln lp_{it} = \alpha_0 + c \ln dei_{it} + \alpha_1 \ln gei_{it} + \alpha_2 shc_{it} + \alpha_3 \ln open_{it} + \alpha_4 \ln sca_{it} + \delta_1 \quad (15)$$

$$\ln M_{it} = \beta_0 + a \ln dei_{it} + \beta_1 \ln gei_{it} + \beta_2 shc_{it} + \beta_3 \ln open_{it} + \beta_4 \ln sca_{it} + \delta_2 \quad (16)$$

$$\ln lp_{it} = \theta_0 + c' \ln dei_{it} + b \ln M_{it} + \theta_1 \ln gei_{it} + \theta_2 shc_{it} + \theta_3 \ln open_{it} + \theta_4 \ln sca_{it} + \delta_3 \quad (17)$$

На начальном этапе проводится регрессионный анализ первичного уравнения, чтобы определить влияние уровня применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности. Это достигается путем проверки значимости коэффициента *C*. Значимый коэффициент *C* означает, что цифровые технологии влияют на производительность труда в промышленности, что побуждает к дальнейшему анализу, и наоборот, незначимый коэффициент *C* останавливает исследование эффекта опосредования. Как было установлено в ходе предыдущего анализа, связь между применением цифровых технологий и производительностью труда в промышленности подтверждается положительным коэффициентом *C*, что дает основания для перехода к последующему этапу тестирования.

На втором этапе анализ распространяется на два последних уравнения, чтобы оценить значимость коэффициентов *a* и *b* в последовательности. Если оба

¹⁹⁷ Wen, Z., & Zhang, L. (2004). Mediation Effect Test Procedure and Its Application. *Acta Psychologica Sinica*, 36(5), 614-620.

коэффициента окажутся значимыми, это будет означать наличие заметного эффекта опосредования, тем самым подтверждая его наличие. Если либо a , либо b незначимы, применяется тест Собеля. Значимый результат теста Собеля по-прежнему будет означать наличие эффекта опосредования.

На третьем этапе проводится регрессионный анализ итогового уравнения для определения значимости коэффициента. Значимый результат предполагает частичный эффект опосредования, и наоборот, незначимый результат предполагает полный эффект опосредования. Более того, если оба коэффициента a и c положительны, а значение коэффициента меньше c , это подтверждает наличие положительного эффекта опосредования.

(2) Анализ результатов регрессии

Тест Хаусмана показывает, что на 1% уровне значимости все модели (11)-(14) используют модель с фиксированными эффектами для регрессионного анализа.

1) Технологические инновации

В Таблице 3.5 представлены результаты регрессии для проверки эффекта опосредования технологическими инновациями. Из полученных результатов следует, что коэффициент степени применения цифровых технологий (a) в модели (11) положителен ($a = 0,122$), что свидетельствует о том, что инвестиции в цифровые технологии способствуют технологическим инновациям и повышают эффективность производства и эффективность управления. После добавления в базовую регрессионную модель (модель 5) опосредующей переменной – технологических инноваций – коэффициент степени применения цифровых технологий изменяется с 0,0363 до 0,0252 в модели (12), что на 0,0111 меньше. Это говорит о том, что технологические инновации выступают в качестве опосредованного пути, через который цифровые технологии влияют на производительность труда в промышленности, а положительный эффект опосредования указывает на то, что использование цифровых технологий способствует развитию технологических инноваций, что приводит к росту производительности труда в промышленности, что подтверждает гипотезу 2.

Таблица 3.5. Опосредующая роль технологических инноваций¹⁹⁸

VARIABLES	Model (11) Most	Model (12) lnlp
Indei	0.122*** (0.0170)	0.0252*** (0.00644)
Most		0.0959** (0.0380)
lngei	-0.0880** (0.0349)	-0.990*** (0.00986)
lnshc	0.385*** (0.0954)	-0.648*** (0.0623)
lnopen	0.267*** (0.0845)	0.0950** (0.0400)
lnsca	-0.118** (0.0550)	-0.0736*** (0.0275)
Constant	1.555* (0.824)	8.430*** (0.494)
R-squared	0.996	0.996
Number of pro	31	31

2) Структура промышленности

В Таблице 3.6 представлены результаты регрессии для проверки эффекта опосредования структурой промышленности. Из полученных результатов следует, что коэффициент степени применения цифровых технологий (а) от структуры промышленности в модели (13) отрицательный ($a = -0,0364$). После добавления опосредующей переменной, структуры промышленности, в базовую регрессионную модель (модель 5), коэффициент степени применения цифровых технологий изменяется с 0,0363 до 0,0443 в модели (14), то есть увеличивается на 0,008. Это говорит о том, что структура промышленности является каналом, через который цифровые технологии повышают производительность труда в промышленности, но она также оказывает маскирующее воздействие на связь между применением цифровых технологий и производительностью труда в

¹⁹⁸ Рассчитано автором.

промышленности, с маскирующим коэффициентом 0,175 в соответствии с алгоритмом Вэнь Чжунлиня и др. Эмпирические результаты не подтверждают гипотезу 3. Причины этого могут быть следующими.

Во-первых, это неадекватность объясняющей переменной. Из-за сложности измерения степени применения цифровых технологий в данном исследовании в качестве показателя используется индекс цифровой экономики «Интернет+» компании Tencent, который охватывает широкий спектр отраслей и может неточно отражать степень применения цифровых технологий в промышленном секторе. Таким образом, гипотеза 3 не подтверждается.

Во-вторых, наблюдаются диссипативные эффекты при первоначальном инвестировании в технологии. Цифровые технологии, как только зарождающиеся, привлекают все больше внимания со стороны все большего числа компаний и стран, что приводит к обострению конкуренции на рынке. Тем не менее, на начальном этапе лишь несколько компаний получают выгоду от этой технологии и пытаются организовать другие фирмы для получения выгоды от нее, что приводит к диссипативной деятельности, которая подрывает выгоды, приносимые цифровой технологией, и тем самым влияет на улучшение промышленной структуры. По мере того, как все большее число фирм входит в сферу технологий, усиливается рыночная конкуренция, положительное влияние цифровых технологий становится все более очевидным, и постепенно проявляется эффект трансформации и модернизации промышленной структуры.

В-третьих, это отставание во внедрении и рекомбинации. Исследования и инвестиции в цифровые технологии значительны, и они требуют соблюдения высоких технических требований и производительности оборудования. Это означает, что компаниям в отрасли необходимо создать достаточный запас навыков и оборудования в области цифровых технологий, а также изобрести необходимые дополнительные процессы, чтобы действительно усовершенствовать промышленную структуру. Для этого требуется время и финансовая поддержка, и в настоящее время, когда внедрение цифровых технологий началось сравнительно поздно, большинство предприятий промышленного сектора Китая не имеют возможности сделать это эффективно, что приводит к тормозящему влиянию цифровых технологий на структуру промышленности.

Таблица 3.6. Опосредующая роль структуры промышленности¹⁹⁹

VARIABLES	Model (13) lnisg	Model (14) lnlp
Indei	-0.0364*** (0.00559)	0.0443*** (0.00715)
lnisg		0.213* (0.117)
lngei	-0.0141 (0.0115)	-0.991*** (0.0119)
lnshc	0.219*** (0.0502)	-0.591*** (0.0652)
lnopen	-0.0932** (0.0393)	0.101** (0.0455)
lnsca	-0.0618** (0.0262)	-0.0691** (0.0307)
Constant	-3.058*** (0.432)	8.607*** (0.627)
R-squared	0.554	0.994
Number of pro	31	31

3.1.4 Анализ гетерогенности

(1) Разделение по степени цифровизации

В данном исследовании изучается влияние уровня применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности путем сегментации данных на две различные группы по интенсивности цифровизации. Процесс категоризации выглядит следующим образом: сначала рассчитывается средний уровень применения цифровых технологий для каждой провинции за 2015-2017 гг. Затем эти средние показатели по провинциям усредняются, чтобы установить контрольный показатель. Провинции, превышающие этот показатель, считаются с высоким уровнем оцифровки, в то время как провинции, находящиеся ниже этого уровня, считаются с низким уровнем оцифровки. Такие провинции, как Пекин, Фуцзянь, Гуандун, Хэнань, Цзянсу, Шаньдун, Шанхай, Сычуань, Чжэцзян, Хубэй и

¹⁹⁹ Рассчитано автором.

Хунань, считаются провинциями с высоким уровнем цифровизации. Напротив, провинции Тяньцзинь, Хэбэй, Ляонин, Хайнань, Шаньси, Цзилинь, Хэйлунцзян, Аньхой, Цзянси, Внутренняя Монголия, Гуанси, Чунцин, Гуйчжоу, Юньнань, Шэньси, Ганьсу, Цинхай, Нинся, Синьцзян и Тибет отнесены к группе с низким уровнем цифровизации. Затем к наборам данных этих двух подгрупп был применен регрессионный анализ, результаты которого представлены в Таблице 3.7.

Таблица 3.7. Тест на гетерогенность по степени цифровизации²⁰⁰

зависимая=lnlp		
	Степень цифровизации	Степень цифровизации
	Высокая область	Низкая область
переменные	Model (15)	Model (16)
lndei	0.0187** (0.00701)	0.0663* (0.0368)
lngei	-1.020*** (0.171)	-0.275 (0.774)
lnshc	-0.979*** (0.147)	-0.392 (0.467)
lnopen	0.00895 (0.0547)	-0.650 (0.857)
lnsca	0.0643** (0.0264)	-0.240 (0.177)
Constant	11.93*** (1.324)	4.548 (5.659)
R-squared	0.933	0.040
Number of pro	11	20

Анализ данных регрессии показывает, что влияние применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности зависит от уровня цифровизации в регионе. Отмечается, что цифровые технологии оказывают благоприятное воздействие на производительность труда в регионах с разной степенью цифровизации. Примечательно, что коэффициент регрессии более значителен в регионах с менее низким уровнем цифровизации (0,0663) по

²⁰⁰ Рассчитано автором.

сравнению с регионами с высоким уровнем цифровизации (0,0187), что свидетельствует о более выраженном влиянии цифровых технологий на повышение производительности труда в первых. Это явление можно объяснить тем, что в регионах с более низким уровнем цифровизации цифровые технологии используются относительно недавно, и поэтому их дополнительное влияние на повышение производительности труда более значительно. Постепенный прогресс в применении цифровых технологий может привести к значительному росту производительности труда, и наоборот, в регионах с высоким уровнем цифровизации, где применение цифровых технологий уже развито, дополнительное воздействие на производительность труда в промышленности сравнительно невелико.

(2) Разделение по регионам

Обобщая предыдущие рассуждения, становится ясно, что внедрение цифровых технологий в регионах Китая происходит неравномерно. Чтобы выяснить, как такие региональные различия в применении цифровых технологий влияют на производительность труда в промышленности, в данном исследовании собранные данные разбиты на три отдельных региональных кластера: восточный, центральный и западный. Последующий регрессионный анализ проводится по этим кластерам. Классификация регионов выглядит следующим образом: Восточный регион включает Пекин, Тяньцзинь, Хэбэй, Ляонин, Шанхай, Цзянсу, Чжэцзян, Фуцзянь, Шаньдун, Гуандун и Хайнань; Центральный регион включает Шаньси, Цилинь, Хэйлунцзян, Аньхой, Цзянси, Хэнань, Хубэй и Хунань; Западный регион включает Гуанси, Внутреннюю Монголию, Чунцин, Сычуань, Гуйчжоу, Юньнань, Шэньси, Ганьсу, Цинхай, Нинся, Синьцзян и Тибет. Результаты этих регрессионных анализов в систематизированном виде представлены в Таблице 3.8.

Таблица 3.8. Тест на региональную неоднородность²⁰¹

зависимая=lnlp			
	восток	центр	запад
переменные	Model (17)	Model (18)	Model (19)
lndei	0.0316**	0.455	0.0378***
	(0.0119)	(0.516)	(0.00941)
lngei	-0.998***	2.128	1.023***
	(0.0784)	(3.553)	(0.0747)
lnshc	-0.384	4.644	-0.780***
	(0.308)	(6.088)	(0.149)
lnopen	-0.0977	-1.465	0.137
	(0.0603)	(2.452)	(0.0845)
lnsca	-0.0324	-4.585	-0.0364
	(0.0623)	(5.557)	(0.0558)
Constant	6.384**	-42.21	9.899***
	(2.678)	(59.47)	(0.977)
R-squared	0.930	0.125	0.848
Number of pro	11	eight	12

Результаты регрессионного анализа показывают, что влияние внедрения цифровых технологий на производительность труда в промышленности неодинаково в разных регионах. Как в восточных, так и в западных регионах внедрение цифровых технологий положительно коррелирует с производительностью труда в промышленности, причем коэффициент регрессии западного региона (0,0378) незначительно превосходит коэффициент регрессии восточного региона (0,0316), и наоборот, данные по центральному региону не показывают значительной корреляции между применением цифровых технологий и производительностью труда в промышленности. Данная закономерность свидетельствует о том, что благотворное влияние цифровых технологий на производительность труда более выражено в восточных и западных регионах. По мнению исследователей, это объясняется тем, что в экономически развитом восточном регионе потенциал цифровых технологий для повышения

²⁰¹ Рассчитано автором.

производительности труда усиливается благодаря синергии факторов, включая, в частности, наличие квалифицированных кадров, капитала, технологий и транспорта и наоборот, в западном регионе, относительно слабо развитом в экономическом и цифровом отношении, наблюдается более высокий предельный эффект цифровых технологий, и их применение легче влияет на производительность труда в промышленности. С другой стороны, центральный регион находится в затруднительном положении, что приводит к менее выраженному влиянию применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности.

3.1.5 Выводы

После более чем тридцати лет активного экономического роста экономика Китая переходит в фазу, характеризующуюся снижением темпов роста, развитием промышленности и изменением стимулов экономической активности. Новая эра готовит радикальные изменения в ландшафте развития, предпосылках и стремлениях. На этом фоне на первый план выходят цифровые технологии, вызванные последним всплеском информационной революции, охватывающей телекоммуникации, Интернет и вычислительную технику. По мере того как Китай переживает переломный момент промышленных метаморфоз, развитие цифровых технологий приобретает критическое значение. Следовательно, необходимо изучить механизмы влияния применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности, особенно в свете стратегии Китая по замене таких традиционных элементов производства, как труд и капитал, данными.

Эмпирические исследования, проведенные в рамках нашей работы, подтверждают, что внедрение цифровых технологий оказывает конструктивное влияние на производительность труда в промышленности Китая, которое осуществляется по двум каналам. Изначально, учитывая историческое преобладание низкотехнологичных, трудоемких отраслей с минимальной

добавленной стоимостью в промышленном секторе Китая, появление цифровых технологий стало катализатором технологических инноваций. Этот прорыв значительно повысил операционную эффективность в различных сегментах и увеличил эффективность управления за счет улучшения динамики спроса, производства и распределения. Цифровые технологии также упорядочили корпоративные процессы, содействуя переходу предприятий от факторных к инновационным методам производства. Во-вторых, цифровые технологии изменили производственный ландшафт и революционизировали практику управления, тем самым стимулируя реструктуризацию промышленности и повышая производительность труда. Несмотря на эмпирические данные, свидетельствующие о том, что цифровые технологии могут первоначально препятствовать структурным преобразованиям промышленности, они, тем не менее, способствуют росту производительности труда. Этот парадоксальный эффект рассматривается с трех точек зрения: влияние выбранных показателей, диссипация дохода на начальном этапе технологических инвестиций и задержки в принятии и интеграции технологий. В исследовании утверждается, что очевидное тормозящее влияние цифровых технологий на структурные преобразования промышленности является переходным этапом, а в долгосрочной перспективе цифровые технологии способны повысить эффективность распределения ресурсов и способствовать структурным преобразованиям промышленности, что в итоге приведет к росту производительности труда в промышленности.

Кроме того, анализ данных подвыборки в рамках данного исследования показывает, что влияние применения цифровых технологий на производительность труда в промышленности зависит от разной степени цифровизации. Регионы с менее развитой цифровизацией демонстрируют более выраженный положительный эффект на производительность труда, поэтому крайне важно использовать зарождающиеся этапы развития цифровых технологий, ускорить процесс модернизации промышленности и обеспечить эффективное использование дивидендов от повышения производительности труда предприятиями и населением в целом.

Цифровые технологии по-разному влияют на разные регионы Китая. Эффект продвижения более очевиден в восточных и западных регионах, в то время как в центральном регионе он незначителен. В целом, данное исследование позволяет сделать вывод о том, что цифровые технологии играют определенную роль в повышении производительности труда в промышленности. Несмотря на то, что на начальных этапах ее применения имеются некоторые недостатки, такие проблемы характерны для начальных этапов развития всех новых технологий и отраслей. Поэтому разумное применение цифровых технологий может принести больше пользы, чем вреда. В настоящее время необходимо сосредоточиться на анализе механизма воздействия применения цифровых технологий на различные отрасли и экономическое развитие провинций, рационально распределять ресурсы и разрабатывать планы промышленного развития, чтобы способствовать лучшему и быстрейшему развитию всех отраслей.

В настоящее время развитие цифровых технологий является стратегическим вопросом для страны. В рабочих отчетах правительства неоднократно подчеркивалась необходимость усиления строительства «умных городов» и цифрового Китая. На 19-м Всекитайском съезде Коммунистической партии Китая также было предложено построить «сильную страну в области науки и техники, качества, аэрокосмической отрасли, киберпространства, транспорта и цифровизации». Цифровые технологии становятся ключевыми для национального строительства, и в ближайшие годы необходимо учитывать новые требования и преодолевать новые проблемы, порожденные цифровыми технологиями, что станет основным направлением работы правительства.

С этой целью в данной работе предлагается несколько рекомендаций:

1. Создать новую систему управления стандартами данных. Поскольку применение цифровых технологий в промышленной отрасли в основном опирается на элемент «данные», информационные ресурсы стали важнейшим фактором экономического развития Китая. Тем не менее, традиционная система стандартов и показателей данных уже не подходит для измерения текущих данных в развитии промышленной индустрии. Поэтому очень важно создать новую систему

управления стандартами данных. Во-первых, необходимо разработать разумные стандарты для метаданных, включая единые стандарты и нормы для определения цифровых технологий, правил использования данных, прав собственности на данные и стандартов качества данных, чтобы обеспечить более рациональное использование элемента «данные», уточнить ответственность и избежать споров. Во-вторых, необходимо создать единый национальный стандарт для данных на основных промышленных предприятиях. Широкое использование цифровых технологий в промышленной отрасли требует большого количества данных. Таким образом, создание единого национального стандарта для данных в основных отраслях промышленности может повысить эффективность использования данных на предприятиях и способствовать обмену данными между предприятиями. Наконец, необходимо разработать единый набор измерительных показателей, связанных с цифровыми технологиями, таких как статистические измерения, методы расчета и правила учета. В настоящее время Национальное бюро статистики и департаменты промышленной информации еще не создали статистические данные, связанные с цифровыми технологиями и цифровизацией. Создание новой системы статистических данных по основным отраслям промышленности поможет изучить и проанализировать применение цифровых технологий в различных отраслях, устранить информационные острова и сократить избыточность информации.

2. Усилить создание инфраструктуры для развития цифровых технологий. В проанализированных работах доказано, что исследования и инвестиции в цифровые технологии значительны, а требуемые технологии и базовое оборудование высоки. Невозможно полностью достичь этого только за счет самостоятельного инвестирования предприятий; для этого необходима государственная поддержка. Во-первых, необходимо ускорить строительство аппаратной инфраструктуры. Инфраструктурное строительство – важнейшая основа для экономического развития с помощью цифровых технологий, включая модернизацию информационной инфраструктуры и преобразование физических объектов. Необходимо приложить усилия для продвижения технологии 5G,

разработки микросхем, трансформации традиционного оборудования для промышленного производства, электроснабжения, здравоохранения и транспорта, а также для стимулирования развития «умного» производства и «умных» городов. Во-вторых, следует ускорить развитие человеческих ресурсов. Нехватка высококлассных всесторонне развитых талантов является одной из главных причин, сдерживающих трансформацию и модернизацию отраслей промышленности в большинстве провинций Китая. Время разработки цифровых технологий относительно невелико, а система подготовки соответствующих кадров еще не полностью сформирована. Большинство специалистов по цифровым технологиям оторваны от сектора промышленности, что затрудняет эффективное применение цифровых технологий в отраслях промышленности. Правительство должно активно внедрять и выращивать таланты в смежных областях. В то же время развитые регионы в восточных прибрежных районах должны укреплять сотрудничество с центральными и западными регионами и способствовать обмену талантами между провинциями. В-третьих, необходимо ускорить строительство инфраструктуры безопасности. Обеспечение безопасности – это нижняя линия экономического развития. Многие компании и отрасли консервативно относятся к цифровым технологиям из-за проблем с безопасностью данных, что негативно сказывается на общем социальном развитии. Необходимо ускорить создание системы безопасности данных и платформы, чтобы защитить информационную безопасность пользователей.

3. Руководство по рациональному инвестированию и трансформации предприятий отрасли. С ростом внимания правительства и общества к цифровым технологиям и появлением Индустрии 4.0 все больше компаний обращают свое внимание на цифровые технологии и рассматривают их как «магическое» оружие для повышения эффективности, трансформации и модернизации бизнеса. Тем не менее, многие компании не до конца понимают суть цифровых технологий и слепо инвестируют в цифровую трансформацию, не обращая внимания на то, есть ли у них возможности для цифровой трансформации, понимают ли они соответствие оборудования, связанного с цифровыми технологиями, своим компаниям и

необходимость цифровых технологий для своих компаний и так далее. Предприятия, которые вступают в сферу цифровых технологий, руководствуясь исключительно существующими тенденциями и игнорируя реальное положение дел, не только не достигнут ожидаемых результатов, но и понесут еще большие убытки. Цифровая трансформация – это долгосрочное стратегическое мероприятие, требующее долгосрочных стратегий и инвестиций и нацеленное на долгосрочную производительность, поэтому правительство должно в полной мере учитывать возможности и методы управления предприятий и предоставлять разумные рекомендации для компаний отрасли. С одной стороны, правительство должно разработать соответствующую политику поддержки и поощрения компаний к проведению цифровой трансформации, предоставляя разумные субсидии, чтобы помочь им преодолеть относительно сложный начальный этап трансформации. С другой стороны, правительство должно поощрять и поддерживать предприятия в привлечении другого капитала, стремиться к сотрудничеству со способными и капиталоемкими компаниями и совместно содействовать прогрессу отрасли.

3.2 Влияние цифровой трансформации на производительность труда листинговых компаний

Глубокая интеграция и инновационное применение цифровых технологий в экономике оказали преобразующее воздействие на факторы производства, организационную структуру и методы производства. Такое развитие имеет огромное значение для компаний в их стремлении к достижению высококачественного роста. Для изучения влияния цифровой трансформации на производительность труда в китайских компаниях, акции которых котируются на бирже, в период с 2007 г. по 2020 г. были проведены эмпирические исследования, в которых использовались данные за этот период. В исследовании представлены доказательства того, что внедрение цифровой трансформации значительно повышает производительность труда в компаниях, что особенно заметно в государственных компаниях, высокотехнологичных фирмах и компаниях, находящихся на стадии расширения, с учетом внутренних характеристик

организаций, а также внешней среды и временной динамики. Анализ базовых механизмов показывает, что цифровая трансформация может повысить производительность труда в бизнесе по двум основным каналам: за счет ослабления финансовых ограничений и укрепления внутренней системы управления. Влияние цифровой трансформации на производительность труда в корпорациях усиливается, когда эти организации получают государственную финансовую поддержку, что, в свою очередь, стимулирует их деятельность в НИОКР. Чтобы усилить влияние цифровой трансформации на производительность труда на предприятиях, руководству корпораций необходимо поддерживать или расширять свое понимание цифровой трансформации. Кроме того, местные органы власти должны оказывать целенаправленную помощь в реализации инициатив по цифровой трансформации. Необходимо также прилагать усилия для формирования резерва компетентных специалистов соответствующего профиля и обеспечения безопасности данных.

3.2.1 Теоретический анализ и гипотезы исследования

Производительность труда определяется как соотношение объема произведенной продукции и затраченного труда за определенный период времени. Существует два различных проявления повышения производительности труда. Первое подразумевает увеличение объема выпуска продукции за определенный промежуток времени, что приводит к повышению производительности труда. Второе проявление связано с сокращением продолжительности труда, необходимого для производства одной единицы продукции, что еще больше повышает производительность труда.

Цифровая трансформация в первую очередь зависит от развития цифровых технологий, включая искусственный интеллект, блокчейн, облачные вычисления и большие данные (в совокупности известные как базовые технологии "ABCD"). Данные технологии играют решающую роль в цифровизации управления предприятием и эволюции бизнес-моделей, что приводит к повышению операционной эффективности. Ожидается, что внедрение цифровой трансформации окажет благоприятное воздействие на производительность труда.

Прежде всего, в рамках оцифрованной модели управления компании получают возможность точно контролировать многие элементы, такие как прогнозирование спроса, дизайн продукции, управление цепочками поставок и запасами, что позволяет им оптимизировать производственные процессы и максимизировать количество товарных позиций, которые могут быть созданы в рамках имеющихся производственных факторов. Кроме того, использование цифровых технологий облегчает визуализацию производственных данных, что позволяет оперативно выявлять потенциальные сбои, например, неисправности оборудования, которые могут возникнуть в ходе производственного процесса. Такая практика гарантирует оперативное решение проблемы, например, переналадку производственного оборудования или своевременную организацию ремонта, чтобы предотвратить любые сбои в производственном процессе. Благодаря мониторингу запасов в режиме реального времени после завершения производства продукции цифровые системы управления способны выявлять наиболее популярные продукты, а также те, которые не пользуются достаточным спросом. Следовательно, эти системы могут эффективно планировать дальнейшее производство продукции, на которую наблюдается дефицит спроса. Предприятия могут достичь желаемой цели – увеличить объем производства или сократить трудозатраты на единицу продукции – путем точного прогнозирования спроса, разработки подходящей продукции и принятия своевременных решений по управлению цепочками поставок и запасами.

В контексте интеллектуальной бизнес-модели заметная трансформация происходит за счет замены некоторых рабочих на конвейере роботами и другим интеллектуальным производственным оборудованием. С одной стороны, люди, обладающие высокими когнитивными способностями, могут выполнять несложную работу с исключительной эффективностью в течение длительного времени, не сталкиваясь с какими-либо физическими или умственными ограничениями. В сфере очень точных алгоритмов деятельность может выполняться автономно, без необходимости контроля или наблюдения со стороны человека. Эта особенность алгоритмических систем может привести к повышению производительности, так как снижает количество трудозатрат на единицу

продукции по сравнению с усилиями обычных сотрудников. И наоборот, люди, демонстрирующие высокий уровень интеллекта, обладают характеристиками, связанными со знаниями и когнитивными способностями. В сложных рабочих условиях организации имеют возможность повышать свою производительность за счет постоянных итераций и модернизаций, облегчаемых методами машинного обучения. В течение короткого промежутка времени люди могут повторить методы работы опытных профессионалов и быстро овладеть компетенциями, связанными с работой, используя данные о прошлом поведении. Совместная работа людей и машин снижает вероятность человеческих ошибок и повышает эффективность выполнения работ и рентабельность. На основе вышеизложенной информации выдвигаются гипотезы исследования.

Гипотеза 1. При прочих неизменных условиях цифровая трансформация повысит производительность труда на предприятии.

Феномен цифровой трансформации способен вызвать интерес со стороны самых разных слоев общества. Позитивное освещение в СМИ создает «рекламный эффект» для бизнеса, тем самым формируя благоприятные психологические ожидания у финансовых институтов и инвесторов, что в конечном итоге повышает их склонность к инвестированию. Следовательно, расширение каналов финансирования бизнеса ведет к усилению смягчения финансовых ограничений. Выделяя дополнительные ресурсы из своих внутренних фондов, компании получают возможность увеличить свои инвестиции в человеческий капитал, характерный для их организации, включая повышение уровня непрерывного образования, обучения и дополнительных ресурсов (таких как поздравления с праздниками и подарки ко дню рождения) для сотрудников, воспитание оптимистичных ожиданий относительно будущего прогресса компании, а также укрепление чувства принадлежности, ответственности и даже товарищества. Сотрудники, мотивированные хорошими эмоциями, с большей вероятностью продемонстрируют тщательный подход к работе и активно займутся повышением квалификации, что приведет к росту производительности труда. Одновременно с этим у организаций появляется возможность нанимать большее количество

компетентного персонала, обладающего необходимой квалификацией и хорошо приспособленного к интеллектуальным методам производства. Работники с высокой квалификацией демонстрируют повышенную адаптивность и способность к обучению при работе с интеллектуальным производственным оборудованием, что приводит к улучшению координации и значительному повышению эффективности производства. Кроме того, у организаций есть возможность направить дополнительные расходы на регулярное усовершенствование и обслуживание существующего интеллектуального производственного оборудования, обеспечивая тем самым его способность удовлетворять современным требованиям производства. Несмотря на внедрение технических достижений, компании имеют возможность постоянно оптимизировать работу своего производственного оборудования, что приводит к дальнейшему повышению производительности труда. На основании вышеизложенных фактов выдвигается следующая гипотеза исследования.

Гипотеза 2. Цифровая трансформация может облегчить проблему финансирования и повысить производительность труда.

Исторически сложилось так, что некоторые предприятия сталкивались с ограничениями в получении финансовых ресурсов и поэтому предпочитали направлять свои внутренние средства на финансовые продукты – явление, которое принято называть «финансиализацией». В качестве альтернативы они брали на себя риск использования краткосрочных средств для долгосрочных производственных проектов – стратегия, известная как «короткий кредит, длинные инвестиции». Эта практика привела к освоению производственных фондов и последующему снижению темпов роста производительности труда. Тем не менее, внедрение цифровой трансформации может усилить механизмы внутреннего управления предприятиями и тем самым изменить описанную практику. Начальный этап цифровой трансформации предполагает использование фундаментальных цифровых технологий для создания в организации комплексного «хранилища данных». Такое хранилище данных объединяет в единую систему множество типов

данных, включая оперативную, кадровую и финансовую информацию. Интеграция способствует оптимизации систем внутреннего контроля, что приводит к повышению эффективности и результативности. Благодаря использованию вычислительных ресурсов эти данные приобретают неизменное состояние, что позволяет осуществлять визуальные наблюдения. Руководство компании имеет возможность получать доступ к оперативным данным по своему усмотрению, что позволяет получить полное представление о текущем состоянии нескольких функциональных подразделений. Внедрение цифровой трансформации также способно снизить риски, которые могут возникнуть в ходе производственного процесса. Например, использование больших данных и облачных вычислений может эффективно решать оптимальные производственные функции заранее, устанавливать подходящие производственные цели и нивелировать возникновение важных ошибок при принятии решений. Кроме того, внедрение интеллектуального производственного оборудования и цифровых систем управления может эффективно снизить вероятность человеческих ошибок и задержек в производстве, связанных с отсутствием сотрудников на рабочем месте. Эти технологические достижения способствуют стандартизации процедур внутреннего управления, а значит, обеспечивают бесперебойность производственных процессов и стремление к достижению оптимальных производственных целей. На основании вышеизложенных фактов выдвигается следующая гипотеза исследования.

Гипотеза 3. Цифровая трансформация может улучшить внутреннее управление и повысить производительность труда.

3.2.2 Разработка исследования

(1) Разработка эмпирической модели

Для изучения взаимосвязи между цифровой трансформацией и производительностью труда на предприятии используются следующие определения переменных эталонной модели:

$$LP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DT_{it} + \alpha_2 CV_s + Year + industry + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

Таблица 3.8. Определения переменных²⁰²

Категория переменной	Название переменной	Описание
Зависимая переменная	Производительность труда (LP)	Общая факторная производительность (ОФП) как суррогатная мера, определяющая влияние развития знаний, навыков и организационного управления персонала на производительность труда.
Основная независимая переменная	Цифровая трансформация (DT)	Измеряется посредством анализа годовых отчётов Python по ключевым словам, связанным с цифровой трансформацией, которые подразделяются на «применение фундаментальных технологий» и «применение в технической практике».
Контрольные переменные	Размер предприятия (Size)	Определяется как логарифм совокупных активов.
Контрольные переменные	Рост предприятия (Growth)	Определяется как (операционная прибыль текущего года – определённая прибыль предыдущего года) / определённая прибыль предыдущего года.
Контрольные переменные	Соотношение активов и пассивов (Lev)	Определяется как общая сумма обязательств / общая сумма активов
Контрольные переменные	Рентабельность активов (ROA)	Определяется как отношение чистой прибыли к совокупным активам
Контрольные переменные	Возраст предприятия (Age)	Представлен логарифмом времени создания предприятия
Контрольные переменные	Инвестиционные возможности (IB)	Измерено с использованием коэффициента Тобина Q.
Контрольные переменные	Пакет акций крупнейшего акционера (Larghold)	Определяется как доля акций, принадлежащих крупнейшему акционеру, в общем акционерном капитале.

(2) Источник данных

Выборка исследования состоит из данных «длинных окон» по компаниям, зарегистрированным на бирже A-share, за период с 2007 г. по 2020 г. Данные микроуровня получены из баз данных CSMAR и Choice, а макропеременные – из базы данных WIND. Компании, классифицированные как ST, делистинговые, IPO или финансовые, исключаются из выборки, а все данные по микропредприятиям подвергаются процессу обрезки квантилей (Winsorize) на 1% и 99%. (См. Таблицу

²⁰² Разработано автором.

3.9)

Таблица 3.9. Описательная статистика²⁰³

переменная	символ	среднее	P50	Sd	Min	Max	N
Цифровая трансформация	DT	0	- 0.064	0.741	- 3.696	5.134	27 481
производительность труда	LP	1.297	0.693	1.432	0	5.03	26 702
размер	Size	22.07	21.88	1.287	19.79	26.1	29 770
Соотношение активов и пассивов	Lev	0.417	0.413	0.201	0.05	0.869	29 770
Рентабельность активов	ROA	0.042	0.04	0.058	- 0.253	0.2	29 770
Возраст предприятия	Age	2.776	2.833	0.39	1.386	3.466	29 770
Рост предприятия	Growth	0.366	0.134	0.944	-0.7	6.561	28 570
переменная	символ	среднее	P50	Sd	Min	Max	N
Инвестиционная возможность	Tobin Q	1.984	1.613	1.16	0.868	7.531	28 910
Пакет акций крупнейшего акционера	Larghold	0.353	0.334	0.149	0.09	0.751	28 200

3.2.3 Анализ эмпирических результатов

(1) Базовая регрессия

В Таблице 3.10 представлены основные результаты регрессии, связывающие цифровую трансформацию с производительностью труда. При использовании методологии прогрессивной регрессии, первоначальный набор результатов, как показано в первом столбце, показывает, что с учетом временных и отраслевых эффектов коэффициент влияния цифровой трансформации на производительность труда составляет 0,0453 при статистическом уровне значимости 1%. Тем самым подчеркивается положительный вклад цифровой трансформации в повышение производительности труда. При введении различных контрольных переменных во втором столбце коэффициент цифровой трансформации составляет 0,0240, сохраняя свою значимость на уровне 1%, что означает устойчивое положительное влияние на производительность труда независимо от других переменных, подтверждая тем самым гипотезу 1. Тем не менее, влияние цифровой трансформации на производительность труда может быть подвержено временным лагам. Чтобы учесть эту потенциальную задержку, в исследовании расширяются временные рамки, оценивая продолжительное влияние цифровой трансформации

²⁰³ Рассчитано автором.

на производительность труда с учетом лага от 1 до 4 периодов. В столбцах 3-6 Таблицы 3.10 представлены эти результаты, где основная независимая переменная – цифровая трансформация – неизменно имеет положительный коэффициент, что подтверждает гипотезу 1.

Таблица 3.10. Влияние цифровой трансформации на производительность труда:
Эталонная регрессия и динамический эффект²⁰⁴

переменная	Базовый уровень		динамика			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DT	0.0453***	0.0240***				
	(0.0095)	(0.0084)				
L1.DT			0.0281***			
			(0.0084)			
L2.DT				0.0285***		
				(0.0091)		
L3.DT					0.0299***	
					(0.0104)	
L4.DT						0.0283**
						(0.0119)
CVs	NO	YES	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	24 497	23 995	24 396	21 503	18 598	15 880
adj. R ²	0.004	0.172	0.174	0.179	0.182	0.182

(2) Тест на устойчивость

Чтобы убедиться в надежности базовых выводов, в данном исследовании проводятся следующие тесты на устойчивость:

1. Замена фиксированных эффектов. Ввод совместных фиксированных эффектов «год×отрасль». В целом, некоторые институциональные или человеческие факторы могут одновременно влиять на цифровую трансформацию и производительность труда, и эти факторы могут меняться с течением времени. Чтобы контролировать эти потенциальные сбивающие факторы, в исследование включены условия взаимодействия между виртуальными переменными отрасли и

²⁰⁴ Рассчитано автором.

времени.

2. Исключение специальных выборок. Исключение влияния финансовых кризисов и обвалов фондового рынка. Мировой финансовый кризис 2007 г.-2008 г. и крах китайского фондового рынка в 2015 г. оказали значительное влияние на финансовый рынок, что привело к аномальным финансовым данным для многих компаний, зарегистрированных на бирже. Чтобы устранить помехи, вызванные этими экзогенными шоками, выборки 2007 г., 2008 г. и 2015 г. удаляются, и регрессия проводится с оставшимися выборками.

Замена прокси-переменной для зависимой переменной производительности труда: помимо использования общей производительности факторов производства (TFP) в качестве косвенного показателя производительности труда, в исследовании также используется производительность труда, измеряемая натуральным логарифмом выработки на одного работника (L_{prod}), как еще один важный косвенный показатель.

3. Решение проблем эндогенности. Чтобы избежать вмешательства эндогенности, в данном исследовании проводятся плацебо-тесты и тесты инструментальных переменных для проверки основных выводов. Плацебо-тест предполагает замену основной независимой переменной случайной переменной и повторное проведение регрессии. Если коэффициент регрессии не является значимым и близок к нулю, это свидетельствует об отсутствии существенной интерференции со стороны случайных факторов (например, смещения пропущенных переменных). Что касается тестов инструментальных переменных, то в исследовании в качестве инструментальной переменной используется уровень проникновения Интернета, и регрессия проводится повторно.

После проведения этих тестов на устойчивость и эндогенность эмпирические результаты остаются практически неизменными, что свидетельствует о высокой устойчивости базовых выводов.

(3) Анализ гетерогенности

В исследовании дается исчерпывающая оценка того, как цифровая трансформация влияет на производительность труда в корпоративной среде, с учетом таких факторов, как форма собственности, отрасль и этап жизненного цикла предприятия.

Предприятия, проанализированные в исследовании, разделены на государственные и частные в соответствии со структурой собственности. Результаты, представленные в Таблице 3.11, показывают, что внедрение цифровой трансформации в государственных корпорациях значительно повышает производительность труда. Это подтверждается значением коэффициента регрессии 0,0554, достигшим статистической значимости на уровне 1%. В случае с частными компаниями стоит отметить, что хотя коэффициент регрессии цифровой трансформации на производительность труда демонстрирует положительную взаимосвязь, не достигается статистической значимости ни на одном из традиционных уровней тестирования. Одно из возможных объяснений заключается в том, что государственные компании, помимо своих политических обязательств, получают выгодные условия, такие как налоговые льготы, государственные субсидии и льготный доступ к финансированию. Льготы могут обеспечить немедленную и эффективную финансовую и политическую помощь для приложения усилий по цифровизации. Это позволяет компаниям перестраивать производственные переменные и процессы, существенно повышая прежнюю неоптимальную производительность труда и, наоборот, частные компании часто сталкиваются с трудностями в получении финансирования и испытывают финансовый стресс. Несмотря на высокую склонность к цифровой трансформации, организации сталкиваются с ограничениями, связанными с нехваткой бюджетных средств, что приводит к замедлению темпов цифровой трансформации и относительно незначительному росту производительности труда. Таким образом, влияние цифровой трансформации на производительность труда заметно сильнее в государственных компаниях.

Таблица 3.11. Влияние гетерогенности цифровой трансформации на производительность труда: Права собственности и категории отраслей²⁰⁵

переменная	SOEs	PE	high-tech	non-high-tech
	(1)	(2)	(3)	(4)
DT	0.0554** (0.0083)	0.0052 (0.0047)	0.0650*** (0.0053)	0.0034 (0.0057)
CVs	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES	YES
N	9598	12 976	6452	17543
adj.R2	0.224	0.159	0.290	0.148

Отраслевая категория. Предприятия выборки делятся на высокотехнологичные и не высокотехнологичные. Результаты оценки показывают, что положительный движущий эффект цифровой трансформации на производительность труда значим только на высокотехнологичных предприятиях. Причина этого может заключаться в том, что высокотехнологичные предприятия обладают сильным инновационным потенциалом и технической базой. Опираясь на свою технологическую базу, они могут быстро интегрировать цифровые технологии и применять их в различных производственных процессах, создавая более мощные конкурентные преимущества. С другой стороны, не высокотехнологичные предприятия имеют относительно традиционные производственные и организационные модели, и им требуется больше усилий для адаптации к новым рыночным правилам при попытке цифровой трансформации и глубокой интеграции. Они даже могут столкнуться с трудностями в процессе цифровой трансформации из-за неопределенности в отношении новых технологий, продуктов и реакции рынка. Им потребуется больше времени, чтобы понять, как перестроить бизнес-модели и организационные структуры и постепенно внедрить цифровые технологии в различные производственные процессы, поэтому положительный эффект от цифровой трансформации в большей степени проявляется на высокотехнологичных предприятиях.

²⁰⁵ Рассчитано автором.

Жизненный цикл предприятия. Предприятия выборки делятся на стадии роста, зрелости и спада в соответствии с их жизненным циклом. В таблице 3.12 показано, что коэффициенты регрессии цифровой трансформации на производительность труда положительны для предприятий на стадии роста, зрелой стадии и стадии спада. Однако только коэффициент регрессии для цифровой трансформации на стадии роста значим на уровне 1%. Это говорит о том, что цифровая трансформация оказывает положительное

стимулирующее воздействие на производительность труда для предприятий на стадиях роста, зрелости и спада, но этот эффект наиболее выражен на стадии роста. Возможно, причина в том, что предприятия на стадии роста еще не укрепили свои производственные модели и организационные структуры, что делает их более восприимчивыми к цифровым технологиям. После внедрения цифровой трансформации они могут быстро применить новые технологии, такие как большие данные и искусственный интеллект, в производственных процессах, что приведет к значительному повышению производительности труда. Предприятия на зрелой стадии уже сформировали свои производственные масштабы и операционные модели, поэтому полная интеграция новых технологий с традиционными производственными элементами требует больше времени и усилий. Это может привести к замедлению темпов цифровой трансформации и несколько более слабому влиянию на производительность труда по сравнению со стадией роста. С другой стороны, предприятия, находящиеся на стадии спада, могут в краткосрочной перспективе изучить возможности цифровой трансформации, сократив трудозатраты и увеличив использование интеллектуального оборудования. Однако в долгосрочной перспективе им будет сложно адаптироваться к постоянным требованиям цифровой трансформации, что приведет к ослаблению положительного влияния на производительность труда.

Таблица 3.12. Неоднородное влияние цифровой трансформации на
производительность труда: период роста, период зрелости и
период спада²⁰⁶

переменные	Период роста	Период зрелости	Период спада
	(1)	(2)	(3)
DT	0.0380*** (0.0059)	0.0101* (0.0061)	0.0193* (0.0102)
CVs	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES
N	10 709	8903	4313
adj.R2	0.162	0.229	0.162

(4) Тестирование опосредующего эффекта цифровой трансформации на производительность труда

Несмотря на то, что предыдущий анализ подтвердил положительную связь между цифровой трансформацией и производительностью труда, конкретный механизм, с помощью которого цифровая трансформация повышает производительность труда, до конца не изучен. В Таблице 3.13 представлены результаты теста на эффект опосредования для взаимосвязи «цифровая трансформация – финансовые ограничения – производительность труда». Коэффициент регрессии цифровой трансформации (DT) на финансовые ограничения (SA) составляет -0,0071, а расчетный коэффициент финансовых ограничений (SA) на производительность труда (LP) составляет -0,0640, и оба они проходят тест на значимость, по крайней мере, на уровне 5%. Это указывает на то, что цифровая трансформация может повысить производительность труда за счет

²⁰⁶ Рассчитано автором.

ослабления финансовых ограничений, что соответствует гипотезе 2. Преимущества цифровой трансформации очевидны в различных секторах, поскольку она позволяет предприятиям создать положительный имидж, что ведет к увеличению прямого и косвенного финансирования благодаря тому, что инвесторы и учреждения воспринимают улучшенные перспективы будущего развития. При наличии достаточного денежного потока предприятия могут повысить уровень признания и лояльности сотрудников, что способствует повышению их инициативы. Кроме того, они могут модернизировать интеллектуальное производственное оборудование, обеспечивая более эффективное сочетание «умных» сотрудников и передового человеческого капитала, что в конечном итоге приведет к повышению производительности труда.

Кроме того, в Таблице 3.13 также представлены результаты теста на опосредующий эффект для взаимосвязи «цифровая трансформация – внутреннее управление – производительность труда» (M(4) и M(5)). Исследование показывает, что коэффициент регрессии цифровой трансформации (DT) на внутреннее управление (In_con) составляет 0,0027, а расчетный коэффициент внутреннего управления (In_con) на производительность труда (LP) составляет 0,4291, причем оба они проходят тест на значимость на уровне 1%. Это свидетельствует о том, что цифровая трансформация действительно усиливает внутреннее управление на предприятиях, улучшая корпоративное управление и способствуя повышению производительности труда, что подтверждает гипотезу 3. Цифровая трансформация с использованием цифровых технологий позволяет осуществлять интеллектуальное и визуальное управление производственными процессами и системами, что приводит к повышению прозрачности и точности мониторинга руководителями операционного состояния подчиненных функциональных подразделений и это, в свою очередь, позволяет управленцам оперативно мониторить текущие производственные условия, уточнять обязанности каждого отдела, стандартизировать их рабочие задачи, повышать операционную эффективность, сокращать нерациональное распределение ресурсов в процессе производства, снижать риски реализации и искать оптимальную стратегию распределения каждого производственного фактора на наиболее подходящую рабочую задачу, тем самым повышая производительность труда.

Таблица 3.13. Внешний механизм влияния цифровой трансформации на производительность труда: финансовые ограничения и перспектива внутреннего управления²⁰⁷

переменная	LP	KZ	LP	In_con	LP
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
DT	0.0240***	-0.0071***	0.0235***	0.0027***	0.0234***
	(0.0040)	(0.0013)	(0.0040)	(0.0007)	(0.0044)
SA			-0.0640** (-3.19)		
In_con					0.4291*** (10.55)
CVs	YES	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES	YES	YES
N	23 995	25 Oil	23 995	20 807	20 644
adj. R2	0.172	0.424	0.172	0.231	0.182

3.2.4 Расширенный анализ: цифровая трансформация и производительность труда с точки зрения внутренней и внешней поддержки

Прежде чем цифровая трансформация раскроет свой потенциал, важнейшим фактором, определяющим ход процесса преобразований, является финансирование. Предприятия получают финансирование из внутренних и внешних источников, а использование средств может варьироваться в зависимости от возможностей и качеств менеджеров. В теории цифровая трансформация пропагандируется правительством как направление для качественного развития предприятий. Государственные ведомства внимательно следят за эффективностью цифровой трансформации на предприятиях и могут оказывать определенную политическую поддержку, например, предоставлять специальные субсидии. При выделении предприятиями достаточных средств на цифровую трансформацию их краткосрочная нагрузка снижается, что позволяет им более эффективно сосредоточиться на стимулировании производства и НИОКР. Таким образом, исследование расширяется и включает в себя интенсивность исследований и

²⁰⁷ Рассчитано автором.

разработок, а также государственную финансовую поддержку, чтобы определить их сдерживающую роль. Результаты, представленные в Таблице 3.14, оценивают влияние как внутренних, так и внешних факторов на связь между цифровой трансформацией и производительностью труда. Регрессионный анализ показывает, что коэффициент взаимодействия между цифровой трансформацией (ЦТ) и государственными субсидиями (Gov_sub) составляет 0,4548, что является статистически значимым на уровне 5%. Аналогично коэффициент взаимодействия между цифровой трансформацией (DT) и интенсивностью исследований и разработок (RD) составляет 0,2370, что соответствует порогу статистической значимости на уровне 1%. Результаты свидетельствуют о том, что как государственные финансовые стимулы для цифровой трансформации, так и повышенное внимание к внутренним исследованиям и разработкам усиливают положительное влияние цифровой трансформации на производительность труда в компаниях.

Таблица 3.14. Цифровая трансформация, внутренняя и внешняя поддержка и производительность труда²⁰⁸

переменная	(1)	(2)
DT	0.0215*** (0.0050)	0.0338*** (0.0073)
DT×Gov_sub	0.4548** (0.1850)	
Gov_sub	-3.3418*** (0.4302)	
DT×RD		0.2370*** (0.0724)
RD		-2.9371*** (0.1464)
CVs	YES	YES
Year、 Industry	YES	YES
N	23 995	23 995
adj.R2	0.174	0.185

С точки зрения внешних государственных субсидий, во-первых, следует

²⁰⁸ Рассчитано автором.

подчеркнуть, что государственные субсидии целевым предприятиям выражены конкретными суммами и варьируются. Конкретные суммы субсидий определяются соответствующими функциональными департаментами на основе исторических показателей деятельности и будущего потенциала развития цифровой трансформации предприятий. Предприятия с более высокой квалификацией и большим потенциалом получают больше субсидий, что повышает вероятность того, что эти предприятия получают ожидаемые выгоды от развития цифровой трансформации, и в конечном итоге будет способствовать повышению производительности труда. Во-вторых, поток средств и выгоды, полученные в результате цифровой трансформации, служат доказательством для будущих заявок на субсидии. Это не только в определенной степени снижает потенциальный неблагоприятный отбор и проблемы морального риска среди руководителей предприятий, но и способствует дальнейшей стандартизации процесса цифровой трансформации на предприятиях (распределение ресурсов, расстановка кадров и т.д.), тем самым достигая эффекта повышения производительности труда.

С точки зрения внутренней поддержки предприятий, во-первых, независимо от того, поступает ли финансирование за счет государственных субсидий или внутренних ресурсов, повышение интенсивности внутренних исследований и разработок означает, что предприятия направляют больше средств на производственную и исследовательскую деятельность вместо того, чтобы вкладывать их в другие краткосрочные виды экономической деятельности с высокой доходностью. Стабильная и упорядоченная внутренняя финансовая ситуация создает благоприятные условия для развития процесса цифровой трансформации предприятий, повышая производительность труда. Во-вторых, рост интенсивности НИОКР на предприятиях отражает уровень важности, придаваемый руководством цифровой трансформации. Руководители понимают и проактивно отслеживают тенденции развития бизнеса цифровой трансформации, ускоряя раскрытие потенциала цифровой трансформации. Кроме того, повышение интенсивности исследований и разработок обеспечивает финансовую поддержку подготовки специалистов, найма талантов и модернизации оборудования в

процессе цифровой трансформации, позволяя предприятиям использовать интеллектуальные ресурсы и современное оборудование для решения цифровых задач, ускоряя процесс цифровой трансформации и повышая производительность труда.

3.2.5. Выводы

В рамках данного исследования проводится тщательная оценка влияния цифровой трансформации предприятий на производительность их рабочей силы. Результаты последовательно демонстрируют, что цифровая трансформация существенно повышает производительность труда, и оно сохраняется даже при расширении временных рамок, замене фиксированных эффектов, исключении выборки с отклонениями, проведении плацебо-тестов и анализе инструментальных переменных. При дальнейшем анализе данных становится очевидным, что благотворное влияние цифровой трансформации более отчетливо проявляется в государственных компаниях, высокотехнологичных фирмах и компаниях с траекторией роста. В исследовании показано, что ослабление внешних финансовых ограничений и укрепление внутреннего управления служат важнейшими каналами, через которые цифровые преобразования способствуют повышению производительности труда. Положительное влияние цифровой трансформации усиливается, когда компании получают государственную финансовую поддержку и активизируют свою деятельность в области НИОКР. Эти результаты позволяют сделать несколько важных выводов.

Во-первых, руководство предприятия должно поддерживать или повышать осведомленность о цифровой трансформации. С быстрым развитием новых технологий модели конкуренции между предприятиями нарушаются, и предприятиям надо придавать большое значение цифровой трансформации, чтобы с её помощью активизировать производственную деятельность.

Во-вторых, местные органы власти обязаны оказывать целевую поддержку цифровой трансформации, чтобы повысить ее существенную эффективность. С одной стороны, местные органы власти должны активно использовать цифровые

технологии для выявления предприятий, обладающих реальным потенциалом и квалификацией для цифровой трансформации, и оказывать им целевую поддержку. С другой стороны, государственные ведомства должны использовать цифровые технологии для заблаговременной оценки рисков предприятий и последующего мониторинга и управления поведением предприятий в режиме реального времени, чтобы обеспечить эффективное использование государственных субсидий и получение практических результатов.

В-третьих, необходимо воспитание команды цифровых талантов и содействие развитию структуры человеческого капитала. Предприятия должны активно привлекать интеллектуальных сотрудников к производственной деятельности, уделять внимание условиям работы и обучению существующих талантов высокого уровня, а также продолжать внедрять или изучать модель «гиг-экономики» и сотрудничать с компетентными специалистами. Оптимизируя внутреннюю структуру высокопрофессиональных кадров, предприятия могут преобразовать свою структуру человеческого капитала в сторону более высокого уровня, тем самым повышая эффективность производства.

3.3 Влияние цифровой трансформации на производительность труда в малых и средних предприятиях (МСП)

Важность производительности труда заключается в ее влиянии на социальное и материальное благосостояние и экономический прогресс страны. Производительность труда оказывает значительное влияние на распределение факторных доходов, особенно на доходы городского и сельского населения, также напрямую влияя на долю доходов, направляемых на оплату труда. Повышение уровня доходов населения и обеспечение всеобщего благосостояния являются важной стратегической задачей в период 14-й пятилетки в Китае. Можно предположить, что повышение и сохранение производительности труда сыграет решающую роль в увеличении доходов населения, сохранении и стабильности благосостояния страны в будущем. Обострение внутреннего демографического кризиса вызвало острую необходимость в повышении производительности труда.

Согласно результатам седьмой национальной переписи населения, в Китае заметно увеличилась доля людей в возрасте 60 лет и старше – на 5,44 процентных пункта по сравнению с данными 2010 г. В результате такого демографического сдвига в эту возрастную группу попали 260 миллионов человек, что свидетельствует о значительном ускорении тенденции старения населения. В результате продолжающегося сокращения численности трудоспособного населения в Китае начался спад предложения рабочей силы. По итогам 2018 г. уровень занятости в стране заметно снизился, что стало первым случаем такого сокращения. Прогнозы показывают, что эта тенденция к снижению, скорее всего, сохранится и в последующие годы. В свете двойной проблемы, связанной с необратимой тенденцией старения населения и постепенной ликвидацией демографических дивидендов, стало очевидно, что традиционная модель развития, которая в значительной степени зависит от трудовых ресурсов как средства стимулирования экономического роста, больше не является жизнеспособной в долгосрочной перспективе, поэтому повышение производительности труда стало одним из важнейших факторов, способствующих достижению высоких темпов экономического и социального прогресса в Китае. Каковы ключевые факторы, способствующие повышению производительности труда?

Существует достаточное количество работ на эту тему. На основе научных исследований с использованием различных иерархических данных было установлено, что качество рабочей силы, промышленная агломерация, вертикальная специализация, углубление капитала и технологический прогресс оказывают заметное положительное влияние на производительность труда. И, наоборот, связь между производительностью труда и экологическими нормами, а также искусственным интеллектом оказалась нелинейной. Несмотря на наличие выводов в исследованиях и значительного массива литературы по производительности труда, изучению влияния быстро развивающейся цифровой экономики на производительность труда уделяется ограниченное внимание. В последние годы бурный рост цифровой экономики превратил цифровые технологии в основной катализатор экономического и социального прогресса нашей страны.

Внедрение цифровых технологий побудило традиционные организации ускорить переход к сетевым, интеллектуальным и автоматизированным структурам, что привело к значительному всплеску цифровизации корпораций. Научное сообщество проявило значительный интерес к стремительному развитию цифровизации предприятий, что привело к активным дебатам между экспертами по поводу ее экономических и социальных последствий. Согласно предыдущим исследованиям внедрение цифровой трансформации предприятий дает существенные экономические преимущества физическим предприятиям. Более того, замечено, что такая трансформация может эффективно сдерживать положительное влияние государственных субсидий на долгосрочное долговое финансирование предприятий. Кроме того, она способствует организационной децентрализации на предприятиях, что приводит к снижению общей величины и доли затрат на оплату труда, а также повышению эффективности производства и значительно улучшает показатели корпоративной социальной ответственности. Способствует ли внедрение цифровых технологий на предприятиях повышению производительности труда? Какие потенциальные механизмы могут быть задействованы? Пока ни один ученый не высказался убедительно по этому вопросу.

На основе предыдущих исследований в данной работе обобщается механизм влияния цифровизации предприятий на производительность труда и делается попытка прояснить путь реализации цифровизации предприятий в повышении производительности труда на фоне цифровой экономики. По сравнению с существующими исследованиями, важный вклад данной работы может быть отражен в следующих аспектах. Во-первых, с точки зрения методов исследования, измерение уровня цифровизации предприятий является ключевым вопросом в соответствующих эмпирических исследованиях. В отличие от предыдущих исследований, в которых часто используются альтернативные показатели для измерения уровня цифровизации предприятий или генерируются переменные соотношения на основе цифровой информации, содержащейся в выборочных данных, в данной работе для более точного отображения уровня цифровизации предприятий строится индекс цифровизации предприятий на основе состояния

деятельности предприятий по управлению бизнесом через Интернет с использованием итеративного факторного метода. Во-вторых, если говорить об объектах исследования, то большая часть существующей литературы основана на региональных данных, отраслевых данных или исследованиях листинговых компаний, в то время как систематических исследований цифровизации малых и средних частных предприятий относительно мало. За последние 40 лет частные предприятия добились больших успехов, пройдя путь от «0» до «56789», составив почти 80% занятости городского населения, став крупнейшей гарантией городской занятости и крупнейшим субъектом микроэкономической основы Китая. В данной работе, основанной на выборке китайских частных предприятий для эмпирического исследования, эмпирические выводы носят более универсальный характер, предоставляя важные практические рекомендации для цифровизации и повышения производительности труда малых и микропредприятий, составляющих подавляющее большинство в Китае. В-третьих, в данной работе системно обобщается механизм влияния цифровизации предприятий на производительность труда с трех точек зрения: технологического прогресса, организационных изменений и мобильности рабочей силы, что обеспечивает теоретическую поддержку смежных исследований цифровизации предприятий и производительности труда.

3.3.1 Механизмы воздействия и гипотезы исследования

(1) Влияние цифровизации предприятий на производительность труда

Согласно фундаментальной экономической теории, труд рассматривается как основной фактор производства и деятельности предприятий. Цифровизация предприятий – это прогрессивная процедура, в которой цифровые технологии используются в качестве основного механизма последовательного объединения традиционных факторов производства с элементами данных, что приводит к преобразованию, рационализации и расширению методов производства, моделей управления и форм ведения бизнеса. Таким образом, соотношение между цифровизацией предприятий и производительностью труда может меняться в

зависимости от уровня гармонизации между компонентами данных и аспектами, связанными с трудом. На ранних этапах цифровизации предприятий распределение ресурсов, таких как деньги и технологии, направлено на процесс цифровой трансформации. Это может привести к вытеснению производственных ресурсов и, как следствие, к снижению производительности труда. Тем не менее, по мере продвижения процесса цифровизации предприятий к состоянию зрелости, когда влияние цифровизации на элементы, связанные с трудом, становится существенным, ожидается благоприятное воздействие на производительность труда. На основе вышеупомянутого анализа выдвигается следующая гипотеза.

Гипотеза 1. Цифровизация предприятий оказывает нелинейное влияние на производительность труда: сначала наблюдается снижение, а затем повышение.

(2) Механизмы воздействия

Повышение производительности труда в целом можно проследить по трём основным направлениям. Во-первых, решающую роль играет технический прогресс. Предприятия внедряют технологические инновации и оптимизируют процессы, чтобы модернизировать производство и операции и тем самым повысить производительность труда. Во-вторых, важную роль играют организационные улучшения. Благодаря структурным реформам, управленческим инновациям и четкому ведомственному разделению труда предприятия могут оптимизировать эффективность распределения ресурсов и повысить производительность труда. В-третьих, наем высококвалифицированной рабочей силы, благодаря чему в целом повысится уровень человеческого капитала в рабочей силе, приведет к росту производительности труда. Далее мы подробно рассмотрим механизмы проведения цифровизации предприятий в рамках этих трех направлений.

Механизм содействия технологическому прогрессу.

Применение Интернет-технологий способствует распространению знаний и информации, продвижению инноваций на предприятиях и стимулированию инновационных инициатив. Цифровизация предприятий повышает эффективность межведомственных коммуникаций, минимизирует потери информации и активизирует элементы данных и информации. Это приводит к высвобождению

ранее ограниченных инновационных ресурсов и возможностей, укреплению тенденций динамичного сотрудничества, снижению затрат на инновации, значительному повышению эффективности инноваций и, таким образом, стимулирует технический прогресс. Однако технологический прогресс, вызванный цифровизацией предприятий, может иметь определенные последствия для отделов труда. С одной стороны, информатизация, интеллектуализация и автоматизация производства и операций под руководством цифровых технологий может частично заменить трудоемкие методы производства, что приведет к потенциальному вытеснению элементов капитала, способствующих повышению производительности труда. С другой стороны, применение цифровых технологий может помочь работникам выполнять повторяющиеся и сложные задачи, требующие кодирования, тем самым повышая производительность труда. Таким образом, ожидается, что после достижения «человеко-машинного сотрудничества» технологический прогресс, вызванный цифровизацией предприятий, окажет значительное положительное влияние на производительность труда. На основе этого анализа выдвигается следующая гипотеза.

Гипотеза 2. Эффект технологического прогресса от цифровизации предприятий оказывает влияние на производительность труда, причем сначала наблюдается ее снижение, а затем повышение.

Механизм продвижения организационных изменений.

Организационные изменения – важнейший фактор, определяющий, смогут ли цифровые технологии повысить эффективность предприятия. Если управленческие решения предприятия не адаптируются к влиянию элементов данных, цифровые технологии могут не справиться с задачей создания ценности, повышения эффективности и даже привести к «парадоксу производительности ИТ». Стремительное развитие цифровой экономики вызывает стратегические изменения на предприятиях, приводящие к изменению целей, созданию инновационных структур управления и ряду внутренних изменений в модели управления, что подталкивает организации к сетевым и более плоским структурам. Лю Чжэн и др. (2019) утверждают, что цифровизация предприятий, благодаря комбинированному

эффекту увеличения информационных издержек организации и снижения агентских издержек, способствует децентрализации в организациях ²⁰⁹. На производительности отдела труда, как одного из основных подразделений предприятий, неизбежно сказывается влияние цифровизации предприятий. Если управленческие решения предприятия и процесс цифровизации не согласованы, ожидается негативное влияние на производительность труда и наоборот, когда управленческие решения оптимизируются за счет изменений, повышающих эффективность управления и принятия решений, ожидается положительное влияние на производительность труда. На основе этого анализа выдвигается следующая гипотеза.

Гипотеза 3. Эффект организационных изменений, вызванных цифровизацией предприятий, может повлиять на производительность труда, сначала продемонстрировав снижение, а затем рост.

Механизм повышения мобильности рабочей силы.

В большинстве работ, посвященных изучению производительности труда, используется показатель «выработка на одного работника» на разных уровнях, при этом выясняется, что помимо внешних факторов, влияющих на производительность труда, количество, качество и структура занятости рабочей силы также являются важными детерминантами производительности труда. Эффект технологического прогресса и эффект организационных изменений при цифровизации предприятий может демонстрировать определенный перекося в сторону квалификации сотрудника, в первую очередь замещая труд с более низким уровнем квалификации и увеличивая долю высококвалифицированного труда. Цай Цинфэн и др. (2021) обнаружили, что развитие цифровых финансовых технологий значительно повышает мобильность низкоквалифицированной, а не высококвалифицированной рабочей силы на региональных предприятиях ²¹⁰.

Следовательно, применение цифровых технологий приведет к тому, что

²⁰⁹ Liu, Z. (2019). Digital Labor and Data Capitalization in the Digital Economy Era: A Study Based on the Logic of Capital by Marx. Journal of Northeastern University (Social Science Edition), 2019(4), 1-8.

²¹⁰ Cai, Q. F., Wang, H. Y., & Li, D. X. (2021). Internet finance, labor productivity, and enterprise transformation: The perspective of labor mobility. China Industrial Economics, (12).

предприятия будут отдавать предпочтение найму высококвалифицированных сотрудников, что изменит первоначальную структуру занятости в связи с изменением эластичности замещения для различных уровней квалификации. Менее квалифицированные работники с более высокой эластичностью замещения чаще нанимаются временно, в то время как высококвалифицированные сотрудники работают дольше. Такая реструктуризация занятости может эффективно снизить затраты предприятий на оплату труда и стимулировать существующих работников к повышению эффективности, что косвенно приведет к увеличению объема производства на одного работника.

Гипотеза 4. Цифровизация предприятий может повысить мобильность рабочей силы, что положительно скажется на производительности труда.

3.3.2 Разработка исследования

(1) Источник данных

В данном исследовании в качестве эмпирической базы используются данные обзора частных предприятий Китая 2016 ²¹¹ года, полученные в ходе стратифицированного случайного выборочного обследования, проводимого каждые два года среди частных предприятий по всей стране совместной исследовательской группой, состоящей из Рабочего отдела Объединенного фронта ЦК КПК, Всекитайской федерации промышленности и торговли, Государственного управления промышленности и торговли и Китайской ассоциации частной экономики (Сюй и др., 2020) ²¹². В 12-м обзоре частных предприятий Китая, проведенном в 2016 г., содержится актуальная информация об «Интернете+» и промышленной трансформации предприятий.

(2) Спецификация эконометрической модели:

Для изучения влияния цифровизации предприятий на производительность труда была разработана следующая эконометрическая модель

²¹¹ <https://opendata.pku.edu.cn/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.18170/DVN/DLBWAK&language=en>

²¹² Xu, X., & Zhao, M. (2020). Data Capital and Economic Growth Path. *Economic Research*, 55(10), 38-54.

$$Labor_{ijp} = \beta_0 + \beta_1 Digitize_{ijp} + \beta_2 Digitize_{ijp}^2 + \beta_3 Controls + X_j + \eta_p + \varepsilon_{ijp} \quad (19)$$

где символы i , j , и p обозначают предприятия, отрасли, и провинции, соответственно. Зависимая переменная $Labor_{ijp}$ обозначает производительность труда предприятия, а основная объясняющая переменная $Digitize_{ijp}$ обозначает уровень цифровизации предприятия. $Digitize_{ijp}^2$ обозначает его квадратный член. Элементы управления обозначают контрольные переменные, включающие индивидуальные характеристики предпринимателей, характеристики уровня развития предприятия и региональные характеристики. Кроме того, отраслевые фиксированные эффекты (X_j) и фиксированные эффекты провинции (η_p) введены для контроля ненаблюдаемых характеристик, которые могут влиять на производительность труда на предприятии. ε_{ijp} обозначает член ошибки.

(3) Определения переменных:

Зависимая переменная: производительность труда (Labor). Для измерения производительности труда в предыдущей литературе использовались различные соотношения ВВП и занятости на разных уровнях (регион, отрасль, предприятие). Однако Лю Имин и др. (2021) применили марксистские методы экономики, утверждая, что новая стоимость, созданная на одного работника, представляет собой разумный показатель производительности труда²¹³. Другими словами, производительность труда измеряется на основе новой стоимости, созданной на одного работника на предприятии. В частности, она рассчитывается по формуле $\ln(1 + (\text{налоговая выручка} + \text{прибыль после уплаты налогов} + \text{общая заработная плата}) / \text{количество работников})$. В данном исследовании используется метод,

²¹³ Liu, Y. M., & Zhang, Y. M. (2021). Labor quality and labor productivity in private enterprises: A Marxist perspective. *World Economy*, 44 (1), 3-24

предложенный Лю Имином и др. (2021) для измерения производительности труда на предприятии, а для проверки устойчивости используется общепринятый показатель «выработка на одного работника» для замены измерения производительности труда,

т. е. отношение операционной выручки предприятия к общему числу работников (Labor2).

Основная объясняющая переменная: уровень цифровизации предприятия (Digitize). Несмотря на то, что цифровизация предприятий стремительно развивается, ограниченность данных о цифровых характеристиках и разнообразные формы, которые она принимает, привели к тому, что в исследованиях используется все меньше комплексных показателей для измерения цифровизации предприятий (Чэнь и Чжоу, 2021)²¹⁴. В большинстве научных источников авторы используют альтернативные показатели, среди которых наиболее базовым и распространенным является индекс интернетизации предприятий (Голдфарб, 2019; Чен и др., 2019)^{215 216}. В соответствии с идеям Хуан Юхуна и др. (2019),²¹⁷ в данном исследовании индекс цифровизации предприятия строится на основе информации об интернетизации предприятия.

Что касается использования Интернета частными предприятиями, то данные опроса 2016 г. содержат соответствующую информацию о 9 видах деятельности, осуществляемых предприятиями через Интернет. На основе этого, эти 9 видов деятельности по использованию Интернета преобразованы в бинарные переменные (0-1), а затем используется итеративный анализ главных компонент для построения индекса цифровизации предприятия. В Таблице 3.15 представлены значения факторных характеристик, коэффициенты вклада дисперсии и кумулятивные коэффициенты вклада дисперсии, полученные в результате факторного анализа. Согласно принципу, что собственные значения

²¹⁴ Chen, M. G., & Zhou, Y. R. (2021). Impact of digitization on labor costs of enterprises. *China Population Science*, (4).

²¹⁵ Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, (1).

²¹⁶ Chen, Y., Lin, C., & Chen, X. (2019). Artificial Intelligence, Aging, and Economic Growth. *Economic Research*, 54(7), 47-63.

²¹⁷ Huang, Y. H., & Huang, L. (2019). Financial knowledge and innovative awareness and vitality of small and micro enterprises: An empirical study based on the survey of Chinese small and micro enterprises (CMES). *Financial Research*, (4).

больше 1 или кумулятивный коэффициент вклада дисперсии превышает 80%, и учитывая то, что фактор 1 и фактор 2 вместе объясняют 0,7996 стандартизированной дисперсии, фактор 1 и фактор 2 выбраны для измерения цифровизации предприятия. В Таблице 3.16 представлены результаты теста Кайзера-Мейера-Олкина (КМО), при этом значение статистики теста Бартлетта на сферичность составляет 5 418,71, а соответствующая вероятность значимости равна 0,000. В то же время значение КМО составляет 0,769, что подтверждает рациональность проведения факторного анализа в данном исследовании. Сравнение вращающихся факторных нагрузок показывает, что фактор 1 сильно коррелирует с такими видами деятельности, как «открытие Интернет-магазинов», «реклама и продвижение предприятия», «сотрудничество с Интернет-компаниями» и «создание публичных аккаунтов в Weibo и WeChat». Фактор 2 высоко коррелирует с такими видами деятельности, как «создание веб-сайтов предприятия», «наем талантов» и «рейтинг в поисковых системах». Исходя из этого, для получения индекса цифровизации предприятия рассчитываются комплексные оценки этих двух факторов (сумма коэффициентов дисперсии, умноженная на оценки факторов).

Таблица 3.15. Результаты факторного анализа²¹⁸

фактор	Собственное значение	Уровень вклада дисперсии	Кумулятивный уровень вклада дисперсии
Factor1	1.5832	0.6603	0.6603
Factor2	0.3338	0.1392	0.7996
Factor3	0.1903	0.0794	0.8789
Factor4	0.1511	0.0630	0.9419
Factor5	0.0884	0.0369	0.9788
Factor6	0.0366	0.0153	0.9941
Factor7	0.0131	0.0055	0.9995
Factor8	0.0013	0.0005	1.0001
Factor9	-0.0002	-0.0001	1.0000

²¹⁸ Рассчитано автором.

Таблица 3.16. Результаты теста КМО для факторного анализа и факторные нагрузки после вращения²¹⁹

факторы	KMOtest	Factor1	Factor2
Создание вебсайтов предприятий	0.7697	0.0379	0.3696
Открытие Интернет-магазина	0.7280	0.0355	-0.0497
Реклама, продвижение компании	0.7916	0.2922	-0.0021
Найм талантов	0.7461	0.2254	0.3648
Сотрудничество с Интернет-компаниями	0.7853	0.0620	0.0039
Создание публичных аккаунтов Weibo и WeChat WeChat	0.7661	0.4101	0.0479
Рейтинг в поисковых системах	0.8008	-0.0428	0.0707
Обслуживание клиентов и коммуникация	0.7695	0.0299	0.0303
Другое	0.4911	0.0014	-0.0241
Итого:	0.769 3		

Контрольные переменные. В отличие от государственных предприятий производство и работа частных предприятий в большей степени зависят от личных решений предпринимателей, неоднородности предприятий и институциональной среды региона. Поэтому для получения надежных и достоверных эмпирических выводов вводится ряд контрольных переменных, которые могут влиять на производительность труда на индивидуальном, предпринимательском и региональном уровнях.

Во-первых, это введенные переменные личных характеристик предпринимателя: (1) возраст предпринимателя (Age_entre), рассчитываемый как логарифм года, предшествующего году исследования, минус год рождения; (2) пол предпринимателя (Sex_entre), принимающий значение 1 для мужчин и 0 для женщин; (3) уровень образования предпринимателя (Educ_entre), присваивающий значения в зависимости от продолжительности образования; (4) статус предпринимателя (Status_entre), рассчитываемый как среднее значение экономического статуса, политического статуса и социального статуса после обратной обработки; (5) опыт работы в системе (Exper_system), принимающий значение 1, если предприниматель работал в государственных, коллективных

²¹⁹ Рассчитано автором.

предприятиях или государственных учреждениях до начала бизнеса, и 0 в противном случае; (6) политическая принадлежность (Poli_connect), принимающая значение 1, если предприниматель в настоящее время занимает какую-либо должность в Народном собрании, Народном политическом консультативном совете Китая, отраслевых ассоциациях или Федерации промышленности и торговли, и 0 в противном случае.

Во-вторых, это введённые контрольные переменные на уровне предприятия: (1) возраст предприятия (Age_firm), рассчитывается как логарифм года, предшествующего году проведения исследования, минус год создания предприятия; (2) масштаб экономики предприятия (Income_firm), рассчитывается как логарифм выручки от продаж или операционной выручки предприятия плюс 1; (3) масштаб занятости предприятия (Scale_firm), рассчитывается как логарифм общего количества работников на предприятии; (4) средняя заработная плата (Wage_firm), рассчитывается как логарифм общей суммы заработной платы, премий и т. д., (5) расходы на обучение сотрудников (Train_fee), рассчитанные как логарифм расходов предприятия на обучение сотрудников за год; (6) капиталоемкость (Cap_int_en), рассчитанная как логарифм отношения чистых активов к общему числу сотрудников на предприятии.

Наконец, вводится переменная «Институциональная среда провинции» (Inst_index). Следуя подходу большинства существующих литературных источников, для измерения институциональной среды различных провинций и ее влияния на производительность труда на предприятиях используется индекс маркетизации, предложенный Фан и др.²²⁰ Опосредующие переменные. Согласно некоторым гипотезам данного исследования предполагается наличие трёх механизмов: технологического прогресса, организационных изменений и мобильности рабочей силы. На основе сведений, полученных из базы данных, были определены следующие опосредующие переменные.

Технологический прогресс. Данные обследования частных предприятий за

2016 год отражают инновационную деятельность предприятий с помощью таких показателей, как новые инвестиции в разработку продукции и инвестиции в технологические инновации, а также то, разработало ли предприятие новое оборудование или продукцию в области природоохранных технологий. На основе этой информации мы генерируем прокси-переменные технологической инновации предприятия (Newprod и Newtech) путем добавления 1 к двум вышеуказанным показателям и возведения их в логарифм. Также используется бинарная переменная (0-1) для обозначения исследований и разработок в области охраны окружающей среды (Epi_rd).

Организационные изменения. Поскольку данные обследования частных предприятий, используемые в данном исследовании, не содержат информации о распределении организационной власти на предприятиях, мы прибегаем к использованию количества внутренних институтов, созданных предприятиями для отражения степени децентрализации управления и плоской организационной структуры в качестве переменной-заместителя организационных изменений (Ad_min_struct).

Мобильность рабочей силы. Мобильность рабочей силы на предприятиях представлена отношением общего числа вновь нанятых сотрудников и сотрудников, покинувших компанию в течение года, к общему числу занятых сотрудников (Empl_turnover).

В Таблице 3.17 приведена описательная статистика основных переменных. Кроме того, корреляционная матрица объясняющих переменных показывает, что наибольший абсолютный коэффициент корреляции составляет 0,438. Результаты теста на коэффициент инфляции дисперсии (VIF) показывают, что наибольшее значение VIF не превышает 2,21, что значительно ниже критического значения 10, а среднее значение составляет 1,45. Исходя из этого, можно предположить, что модель и набор переменных в данном исследовании не будут страдать от серьезных проблем мультиколлинеарности.

**Таблица 3.17. Описательные статистические результаты
основных переменных²²¹**

переменные	obs	mean	SD	min	max
Labor	7 762	3.501	3.267	-2.488	12.612
Labor2	7 923	3.247	2.599	-0.288	11.513
Digitize	8 083	0	0.395	-0.419	1.402
Age_entre	7 965	3.767	0.228	2.944	4.382
Sex_entre	8 083	0.792	0.406	0	1
Educ_entre	7 930	14.041	2.656	9	23
Status_entre	7 381	4.929	1.848	1	10
Exper_system	8 083	0.004	0.064	0	1
Poli_connect	8 083	0.496	0.5	0	1
Age_firm	7 339	1.874	0.927	0	3.738
Income_firm	8 021	7.056	3.16	-3.507	15.611
Scale_empl	7 932	5.181	5.234	0	19.519
Wage_aver	7 932	1.434	1.673	0	11.512
Train_fee	8 083	2.326	3.606	0	12.165
Cap_inten	7 873	3.401	5.638	-21.321	11.512
Inst_index	8 083	7.404	1.788	0.62	9.78

3.3.3 Эмпирические результаты

(1) Тестирование полной выборки

В данном исследовании для регрессии эконометрического уравнения используется метод обыкновенных наименьших квадратов (МНК), а для преодоления потенциальных проблем гетероскедастичности и автокорреляции в модели в процессе регрессии используются кластерные стандартные ошибки на уровне предприятия. В Таблице 3.18 представлены результаты базовой регрессии для полной выборки. В столбце (1) введена только переменная цифровизации предприятия без каких-либо контрольных переменных. В столбцах (2)-(3) к столбцу (1) последовательно добавляются индивидуальные переменные предпринимателей и переменные уровня предприятия, а также фиксированные эффекты отрасли и

²²¹ Рассчитано автором.

провинции. Из таблицы видно, что вне зависимости от добавления контрольных переменных расчетный коэффициент цифровизации предприятий остается значимо отрицательным на уровне 1%, что свидетельствует о значительном отрицательном тормозящем влиянии повышения уровня цифровизации предприятий на производительность труда. Чтобы исследовать нелинейную связь между цифровизацией предприятий и производительностью труда, в столбцах (4)-(6) вводится квадратичный член цифровизации предприятий на основе столбцов (1)-(3). Из таблицы видно, что расчетный коэффициент цифровизации предприятия остается значимо отрицательным на уровне 1% в этих трех столбцах, а расчетный коэффициент его квадратичного члена остается значимо положительным на уровне 10%, что говорит о возможной U-образной нелинейной зависимости и «пороговом» эффекте между цифровизацией предприятия и производительностью труда. Данный результат подтверждает наличие значимой нелинейной зависимости между цифровизацией предприятия и производительностью труда, что подтверждает справедливость гипотезы 1. Это означает, что при низком уровне цифровизации предприятия повышение уровня цифровизации будет оказывать негативное тормозящее влияние на производительность труда. Однако когда уровень цифровизации предприятия превышает определенное «пороговое» значение, дальнейшее совершенствование цифровизации будет способствовать повышению производительности труда. Причина таких результатов может заключаться в том, что, когда предприятия находятся на ранних стадиях цифровой трансформации, и применение цифровых технологий находится на относительно низком уровне, применение цифровых технологий для интеллектуализации и автоматизации производства может привести к определенной степени замещения труда. Менее квалифицированные работники могут временно испытывать трудности с адаптацией к упрощению и информатизации производственных и управленческих процессов под воздействием цифровых технологий, что оказывает определенное влияние на эффективность труда. При достижении более высокого уровня цифровизации предприятия комплексные цифровые преобразования снижают производственные и операционные издержки, проявляются инновационные

эффекты, повышается эффективность управления, а профессиональные навыки работников предприятия интегрируются с цифровыми технологиями, что значительно повышает производительность труда. Конкретные каналы и механизмы этих эффектов будут проанализированы в разделе, посвященном проверке механизмов.

Таблица 3.18. Результаты тестирования полной выборки²²²

	труд					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Digitize	-0.5738***	-0.4659***	-0.5087***	-0.7895***	-0.593 1***	-0.6362***
	(0.0849)	(0.0708)	(0.0708)	(0.1292)	(0.1070)	(0.1064)
Digitize2				0.4651**	0.2398*	0.2393*
				(0.1583)	(0.1211)	(0.1207)
Controls	нет	да	да	нет	да	да
Industry FE	нет	нет	да	нет	нет	да
Province FE	нет	нет	да	нет	нет	да
_cons	3.5036***	4.6785***	4.4229***	3.4317***	4.6378***	4.3853***
	(0.0371)	(0.5951)	(0.7392)	(0.0416)	(0.5961)	(0.7399)
N	7762	6233	6233	7762	6233	6233
R2	0.005	0.513	0.53	0.006	0.513	0.53

Поскольку между цифровизацией предприятий и производительностью труда существует U-образная зависимость, в данном исследовании изучается, на каком этапе кривой находится уровень цифровизации компаний выборки. Используя результаты оценки из столбца (6) в качестве эталона, рассчитывается пороговое значение, при котором цифровизация предприятия переходит от торможения к повышению производительности труда. Результаты показывают, что большинство компаний находятся в левой части кривой, и только 65 компаний превысили пороговое значение. Это означает, что с точки зрения повышения производительности труда малые и средние частные предприятия Китая имеют значительные возможности для развития в плане цифровой трансформации.

²²² Рассчитано автором.

(2) Тест на устойчивость

На основе предыдущего анализа можно сделать предварительный вывод о том, что производительность труда демонстрирует U-образную тенденцию изменения с повышением уровня цифровизации предприятий. Однако следует с осторожностью подходить к окончательному выводу, поскольку базовая регрессия по всей выборке не полностью учитывает потенциальные проблемы эндогенности двух переменных. Устранение этих потенциальных проблем эндогенности имеет решающее значение для точной оценки влияния цифровизации предприятий на производительность труда.

Потенциальная эндогенность между цифровизацией предприятий и производительностью труда обусловлена тем, что цифровизация может влиять на производительность труда через различные механизмы, а производительность труда может также влиять на решения, связанные с цифровизацией предприятий. Например, при низкой производительности труда предприятия могут быть более мотивированы к цифровой трансформации для повышения эффективности производства и операционной деятельности. Следовательно, для точных выводов о влиянии цифровизации предприятий на производительность труда, необходимо устранить вышеупомянутые проблемы эндогенности. Что касается эконометрических методов, то ключ к решению проблемы эндогенности лежит в поиске подходящих инструментальных переменных.

Исходя из характеристик данных и опираясь на подход Я. Гао и др. (2021)²²³, в качестве инструментальной переменной выбран средний индекс цифровизации других предприятий в той же отрасли и провинции. Средний уровень цифровизации других предприятий в той же отрасли и провинции часто напрямую влияет на решения цифровизации фокусного предприятия, но не связан напрямую с его производительностью труда. Таким образом, данная инструментальная переменная отвечает статистическим требованиям, предъявляемым к эффективному инструменту.

²²³ Gao, Y. C., Wan, Y. L., & Zhang, S. (2021). Enterprise digitization, government subsidies, and external debt financing of enterprises: An empirical study based on Chinese listed companies. *Management Review*, (11).

В Таблице 3.19 представлены результаты регрессии инструментальных переменных. Столбцы (1)-(2) показывают, что независимо от используемого показателя производительности труда расчетный коэффициент цифровизации предприятий остается существенно отрицательным. В соответствии с предыдущими выводами, в столбцах (3)-(4) вводится квадратичный член цифровизации предприятия, и результаты показывают, что расчетный коэффициент квадратичного члена значительно положителен, что подтверждает U-образную зависимость и «пороговый» эффект цифровизации предприятия на производительность труда на частных предприятиях Китая. Кроме того, тесты инструментальных переменных показывают, что данная инструментальная переменная проходит тест на переидентификацию и тест на слабую инструментальную переменную, что свидетельствует о ее эффективности и целесообразности.

Table 3.19. Тест на устойчивость: Результаты регрессии инструментальных переменных²²⁴

	Labor	Labor2	Labor	Labor2
	(1)	(2)	(3)	(4)
Digitize	-0.9525**	-0.4990**	-1.3425*	-0.6961*
	(0.3483)	(0.1745)	(0.5702)	(0.2848)
Digitize2			0.8390*	0.4248**
			(0.3862)	(0.1423)
Kleibergen-Paap rk LM statistic	210.092	215.51	171.067	176.222
	[0.000]	[0.000]	[0.000]	[0.000]
Cragg-Donald Wald F statistic	298.285	304.651	199.623	204.547
Kleibergen-Paap rk Wald F statistic	271.834	281.407	196.397	203.091
Stock-Yogo weak ID test critical values(10%)	16.38	16.38	16.38	16.38
_cons	4.2492***	1.9407***	4.1398***	1.8893***
	(0.7466)	(0.3431)	(0.7594)	(0.3496)
N	6233	6327	6233	6327
R2	0.528	0.814	0.527	0.814

²²⁴ Рассчитано автором.

(3) Механизм

Согласно выдвинутым ранее гипотезам исследования предполагается, что цифровизация предприятий влияет на производительность труда в основном по трем каналам: содействие технологическому прогрессу, стимулирование организационных изменений и повышение мобильности рабочей силы. Чтобы проверить обоснованность этих гипотез, в данном разделе будет проведен тест механизма с использованием модели медиации для изучения влияния цифровизации предприятий на производительность труда.

Во-первых, проводится тест на механизм стимулирования технологического прогресса (Таблица 3.20). Для более наглядного сравнения оценок коэффициентов в столбце (1) представлены результаты базовой регрессии из столбца (6) Таблицы 3.20. В столбцах (2), (4) и (6) соответственно представлены результаты оценки, в которых зависимыми переменными являются исследования и разработки новых продуктов, технологические инновации и «зеленые» инновации. Все расчетные коэффициенты цифровизации предприятий являются значимо положительными на уровне 1%, указывая на то, что цифровизация предприятий в значительной степени способствует технологическому прогрессу. В столбцах (3), (5) и (7) представлены результаты оценки после включения переменных механизма в эконометрическую модель (модель 3). Из таблицы видно, что по сравнению с базовыми результатами расчетные коэффициенты цифровизации предприятий значительно снижаются после введения трех переменных механизма, а квадратичный член становится незначимым. Что касается переменных механизма, то, за исключением расчетного коэффициента исследования и разработки новых продуктов, коэффициенты технологических инноваций и «зеленых» инноваций существенно отрицательны. Это говорит о том, что для частных предприятий инвестиции в технологические и «зеленые» инновации, вызванные цифровизацией предприятий, в определенной степени вытесняют фактор дополнительного капитала и, таким образом, негативно влияют на производительность труда. Результаты подтверждают, что цифровизация предприятий оказывает негативное влияние на производительность труда через стимулирование технологического прогресса, что подтверждает справедливость

гипотезы 2.

Таблица 3.20. Тест механизма: содействие
технологическому прогрессу²²⁵

	Labor	Newpro d	Labor	Newtec h	Labor	Epi_rd	Labor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Digitiz e	- 0.6362* **	0.1354* **	- 0.6119** *	0.1091* **	- 0.5981* **	0.1285* **	- 0.5632* **
	(0.1064)	(0.0115)	(0.1069)	(0.0116)	(0.1066)	(0.0178)	(0.1101)
Digitiz e2	0.2393*	-0.0254	0.2348	-0.030 6	0.2287	- 0.0535*	0.1718
	(0.1207)	(0.0172)	(0.1208)	(0.0175)	(0.1207)	(0.0247)	(0.1242)
Newpr od			-0.1766				
			(0.0949)				
Newtec h					- 0.3457* **		
					(0.0891)		
Epi_rd							-0.1489*
							(0.0692)
_cons	4.3853* **	-0.0115	4.3854* **	0.0217	4.3950* **	-0.1322	4.2887* **
	(0.7399)	(0.0758)	(0.7405)	(0.0797)	(0.7398)	(0.1130)	(0.7581)
N	6233	6327	6233	6327	6233	5751	5665
R2	0.53	0.176	0.53	0.15	0.531	0.142	0.539
Sobel test		-0.0535***		-0.056 2***		-0.0262**	

Во-вторых, проводится тест на механизм стимулирования организационных изменений. Поскольку используемые данные обследования частных предприятий не содержат информации о распределении организационных полномочий, используется альтернативная переменная "Admin_struct", отражающая степень децентрализации управления и уплощенности организационной структуры на основе количества внутренних организаций в данных. В колонках (2) и (3) Таблицы 3.21 представлены соответствующие результаты регрессии. В столбце (2)

²²⁵ Рассчитано автором.

расчетный коэффициент цифровизации предприятий является значимо положительным на уровне 1%, что указывает на то, что цифровизация предприятий значительно увеличивает количество внутренних организационных структур, способствуя тенденции к децентрализации и уплощению организационной структуры. В столбце (3) после включения переменных механизма расчетный коэффициент цифровизации предприятия значительно снижается и теряет значимость для квадратичного члена, что говорит о том, что цифровизация предприятия действительно влияет на производительность труда через стимулирование организационных изменений. Расчетные коэффициенты переменных механизма значительно отрицательны, и это указывает на то, что изменения организационной структуры, вызванные цифровизацией частных предприятий, пока не могут привести к положительному распространению управленческих решений, а наоборот, негативно влияют на производительность труда. Результаты подтверждают справедливость гипотезы 3.

Наконец, в Таблице 3.21, столбцы (4) и (5), проведен тест на механизм повышения мобильности рабочей силы. В столбце (4), где в качестве зависимой переменной выступает мобильность рабочей силы, расчетный коэффициент цифровизации предприятий является значимо положительным на 5% уровне, что свидетельствует о значительном вкладе цифровизации предприятий в мобильность рабочей силы. В столбце (5) после введения переменной механизма мобильности рабочей силы расчетные коэффициенты цифровизации предприятий и ее квадратичного члена остаются значимыми, но их значения заметно снижаются. Расчетный коэффициент переменной механизма мобильности рабочей силы остается значимо положительным, что указывает на положительное влияние цифровизации предприятий на производительность труда за счет повышения мобильности рабочей силы. Результаты подтверждают справедливость гипотезы 4.

Для указанных моделей опосредования был проведен тест Собея, и результаты регрессии моделей опосредования выдержали этот тест, по крайней мере, на 5% уровне значимости. Это указывает на то, что три выбранные в данном исследовании опосредующие переменные оказывают значительное опосредующее влияние.

Таблица 3.21. Тест механизмов: организационные изменения и трудовая
мобильность²²⁶

	Labor	Admin_struct	Labor	Empl_turnover	Labor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Digitize	-0.6362***	1.5769***	-0.3250**	0.0382**	-0.6052***
	(0.1064)	(0.0884)	(0.1049)	(0.0129)	(0.1068)
Digitize2	0.2393*	-0.0923	0.2196	-0.0100	0.2174*
	(0.1207)	(0.1270)	(0.1184)	(0.0169)	(0.1229)
Admin_struct			-0.1959***		
			(0.0141)		
Empl_turnover					1.1373***
					-0.1418
_cons	4.3853***	-5.5432***	3.3097***	0.3355***	4.0703***
	(0.7399)	(0.6058)	(0.7393)	(0.0845)	(0.7557)
N	6233	6327	6233	6187	6095
R2	0.53	0.464	0.543	0.288	0.54
Sobel test	-0.3223***			0.0431***	

(4) Анализ гетерогенности

Проведенная ранее серия тестов подтвердила влияние цифровизации предприятий на производительность труда. Однако могут ли эти эффекты зависеть от региональных и отраслевых характеристик предприятий? В этом разделе будет рассмотрена неоднородность географических регионов и отраслевых факторов.

1. Гетерогенность регионального распределения

В экономических исследованиях ученые часто делят экономику Китая на четыре отдельные зоны: восточную, северо-восточную, центральную и западную. В этих зонах наблюдаются значительные различия в уровне экономического развития и зрелости Интернет-сектора, что может привести к различному влиянию цифрового экономического роста на эффективность рабочей силы. Был проведен анализ региональных различий во влиянии корпоративной цифровой интеграции на производительность труда. Результаты, представленные в Таблице 3.22, свидетельствуют о наличии выраженной U-образной нелинейной зависимости

²²⁶ Рассчитано автором.

между корпоративной цифровой интеграцией и производительностью труда в восточном регионе. И наоборот, в северо-восточном и центральном регионах эта связь оказывается незначительной, а в западном регионе – исключительно отрицательной. Результаты позволяют предположить, что связь между корпоративной цифровизацией и производительностью труда зависит от экономического прогресса в регионе, надежности Интернет-инфраструктуры и степени развития цифровой экономики.

Таблица 3.22. Анализ гетерогенности:
географическое распределение²²⁷

	Labor			
	east	Northeast	middle	west
Digitize	-0.7877***	0.0760	-0.3355	-0.9353***
	(0.1482)	(0.3481)	(0.2611)	(0.2130)
Digitize2	0.4502**	-0.2920	-0.2980	0.3393
	(0.1652)	(0.3658)	(0.2957)	(0.2629)
_cons	4.6656***	4.9907*	5.7620***	4.3247***
	(0.8386)	(2.4982)	(1.4875)	(1.2783)
N	2890	635	1172	1536
R2	0.535	0.606	0.579	0.521

2. Гетерогенность отраслевых характеристик

Отраслевые характеристики, в рамках которых работают предприятия, также являются важными факторами, влияющими на взаимосвязь между цифровизацией предприятий и производительностью труда. Чтобы изучить влияние неоднородности отраслевых характеристик, отрасли были расклассифицированы по двум позициям: отраслевая классификация и отраслевая фактороемкость. Во-первых, исходя из основной деятельности предприятий, отрасли были подразделены на промышленные и непромышленные. Затем отрасли были подразделены на капиталоемкие и трудоемкие, при этом в качестве границы было использовано среднее значение капиталоемкости на душу населения. В Таблице 3.23 представлены соответствующие результаты регрессии. Из таблицы видно, что

²²⁷ Рассчитано автором.

в непромышленных (услуги, сельское хозяйство) и трудоемких отраслях цифровизация предприятий оказывает наибольшее негативное влияние на производительность труда, при этом оба квадратичных члена незначимы, означая, что цифровизация предприятий оказывает наиболее значительное влияние на производительность труда на предприятиях сферы услуг, сельского хозяйства и трудоемких отраслей.

Таблица 3.23. Анализ гетерогенности:
характеристики отрасли²²⁸

	Labor			
	Industrial	non-industrial	capital-intensive	labor-intensive
Digitize	-0.4085*	-0.7669***	-0.0224	-0.7454***
	(0.1589)	(0.1419)	(0.1310)	(0.1661)
Digitize2	0.2524	0.1982	0.0497	0.2497
	(0.1655)	(0.1737)	(0.1346)	(0.1844)
_cons	4.1080***	4.0247***	3.6746***	4.1469***
	(1.0620)	(0.9982)	(0.8506)	(1.1051)
N	2672	3561	3315	2918
R2	0.484	0.559	0.722	0.383

3.3.4 Выводы

Наше исследование основано на данных обследования частных предприятий Китая за 2016 г. В нем используется итерационный метод главных факторов для построения индекса цифровизации предприятий и тщательно исследуется влияние и теоретический механизм цифровизации предприятий на производительность труда. Надежные результаты исследования указывают на значительный «U-образный» нелинейный эффект цифровизации предприятий на производительность труда. Тесты на эффект опосредования показывают, что содействие технологическому прогрессу, стимулирование организационных изменений и повышение мобильности рабочей силы являются каналами, через которые цифровизация предприятий влияет на производительность труда.

Кроме того, при исследовании регионального распределения выяснилось, что

²²⁸ Рассчитано автором.

«U-образный» нелинейный эффект цифровизации предприятий на производительность труда наиболее значителен в восточном регионе. Анализ неоднородности отраслевых характеристик показывает, что цифровизация предприятий оказывает более сильное негативное влияние на производительность труда на предприятиях сферы услуг, сельского хозяйства и трудоемких отраслей.

Выводы данного исследования имеют важные политические последствия для нынешней волны цифровизации предприятий и повышения производительности труда.

Важно содействовать интеграции данных и трудовых факторов. Согласно результатам исследования лишь небольшое количество предприятий преодолели «порог» цифровизации, что привело к положительному влиянию на производительность труда. Это говорит о том, что частные предприятия Китая все еще обладают значительным потенциалом развития в области интеграции элементов данных и трудовых факторов. Государственные ведомства должны направлять частные предприятия на изучение передового зарубежного опыта, содействовать ориентированному на человека технологическому прогрессу и организационным изменениям, ускорять интеграцию и синергию между данными и трудовыми факторами, повышать эффективность распределения факторов, в полной мере стимулировать синергетический эффект факторов и добиваться высококачественного развития.

Необходимо улучшать условия ведения бизнеса и ускорять строительство новой инфраструктуры. Анализ неоднородности регионов показывает, что положительное влияние цифровизации предприятий на производительность труда наиболее существенно в развитом восточном регионе. Таким образом, благоприятная деловая среда и строительство новой инфраструктуры являются необходимыми предпосылками для цифровизации предприятий. Государственные ведомства должны исходить из реальных потребностей предприятий, постоянно оптимизировать региональную бизнес-среду, усиливать строительство новой инфраструктуры и обеспечивать институциональную среду и инфраструктурную поддержку предприятий для повышения уровня применения цифровых технологий

и увеличения производительности труда.

Требуется разработать дифференцированную политику и меры для разных отраслей. Анализ неоднородности отраслей показывает, что цифровизация предприятий оказывает более сильное негативное влияние на производительность труда в сфере услуг, сельском хозяйстве и трудоемких отраслях. По этой причине, активно продвигая «цифровое экономическое развитие и трансформацию промышленности в цифровую», государственные ведомства должны учитывать факторную обеспеченность предприятий в разных отраслях. В тех отраслях, где негативное влияние цифровизации предприятий на производительность труда более значительно, местные органы власти должны принимать различные меры, такие как фискальная и налоговая политика, чтобы минимизировать негативные последствия замещения рабочей силы и снижения трудовых доходов, вызванные цифровизацией предприятий. Содействуя цифровизации промышленности, они также должны принимать во внимание такие вопросы, как стабильная занятость и доход для жителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последнее время Цифровая экономика переживает значительный рост, становясь ключевым фактором высококачественного экономического развития. Согласно выводам, представленным в «Белой книге по развитию цифровой экономики Китая (2022)», эмпирические данные свидетельствуют о том, что в 2021 году цифровая экономика Китая внесла значительный вклад в валовой внутренний продукт (ВВП) страны, составивший 39,8%. Этот показатель превысил темпы роста номинального ВВП на 3,4%. Рост цифровой экономики заметно ускорился во время пандемии, сыграв существенную роль как в смягчении последствий COVID-19, так и в восстановлении экономики. 19-й съезд партии сделал значительный акцент на продвижении глубокой интеграции Интернета, больших данных, искусственного интеллекта и материальной экономики. В «14-м пятилетнем плане и Концепции национального экономического и социального развития на 2035 год» особо подчеркивается необходимость стимулирования роста цифровой экономики, цифровизации промышленности и усиления взаимодействия между цифровой и реальной экономикой. Эти инициативы играют решающую роль в изменении традиционных движущих факторов и стимулировании появления новых. Точное понимание экономических последствий цифровой трансформации предприятий и изучение траектории ее развития имеют важное теоретическое и практическое значение для решения задачи «укрепления и расширения цифровой экономики Китая», достижения качественного экономического роста и реализации целей современной эпохи.

По мере перехода экономики страны к высококачественному развитию происходит заметная трансформация традиционных отраслей. Одновременно с этим происходит постоянная оптимизация промышленных структур, что приводит к постепенному изменению динамики экономического роста. Цифровые технологии достигли значительных успехов именно в этой сфере. Появление цифровых технологий, обусловленное развитием информационно-

коммуникационных технологий, оказало значительное влияние на производительность труда. Цифровые технологии стали важнейшим катализатором экономического роста Китая. В этой связи в рамках диссертационной работы были достигнуты следующие результаты, способствующую большему пониманию того, как управлять производительностью труда в современных условиях.

Общий итог работы заключается в создании комплексной системы доказательств влияния цифровизации на производительность труда в промышленности Китая, что, в целом, способствовало приращению новых знаний в области понимания таких процессов (в некоторых случаях, такие процессы оказались нелинейными). Кроме того, полученные эмпирические результаты позволили поддержать точку зрения тех исследователей, который придерживаются мнения о положительной корреляции цифровизацией и производительности труда.

Результаты диссертационного исследования:

1. При сравнении уровня цифровизации и уровня производительности труда в восточных, центральных и западных провинциях Китая обнаружен заметный тренд взаимосвязи вышеуказанных категорий. При этом для анализа этого тренда была предложена новая метрика расчета уровня цифровизации, а именно индекс цифровых технологий. Для расчета индекса необходимы данные по следующим показателям, объединенными в три группы: 1) *инфраструктура цифровых технологий*: (1) количество компьютеров на сто человек на предприятиях; (2) уровень проникновения Интернета; 2) *факторы производства цифровых технологий*: (1) доля персонала НИОКР в высокотехнологичных предприятиях; (2) доля расходов на НИОКР на высокотехнологичных предприятиях; (3) доля 100 крупнейших Интернет-компаний по регионам; 3) *технология применения цифровых технологий*: (1) выручка от бизнеса экспресс-доставки к ВВП; (2) уровень распространения мобильных телефонов; (3) доля единиц Интернет-культуры в стране. Для расчета индекса цифровых технологий предложен метод энтропийного-весового анализа и TOPSIS. Индекс цифровых технологий прошел апробацию на основе использования эмпирических данных 29 провинций и городов Китая, за

исключением Синьцзяна и Тибета. Данная методология может быть использована в целях социально-экономической политики для мониторинга и анализа уровня цифровизации в Китае.

2. При анализе влияния уровня цифровизации на производительность труда на уровне провинций обнаружена закономерность: на каждый 1% прироста применения цифровых технологий приходится 3,63% прироста производительности труда в промышленности с учетом влияния других переменных. Данный анализ проведен при учете таких контрольных переменных, как человеческий капитал, энергоемкость, открытость рынка и промышленная концентрация. Анализ влияния контрольных переменных обнаружил еще ряд закономерностей: во-первых, повышение качества рабочей силы не сопровождалось ростом производительности труда в промышленности, что расходится с большинством существующих исследований и практических наблюдений; во-вторых, более высокое отношение потребления энергии к объему производства оказывает демпфирующее воздействие на производительность труда в промышленности; в-третьих, повышенная открытость торговли способствует развитию конкурентных рынков, облегчает обмен информацией и поощряет технологические инновации, что способствует росту производительности труда; в-четвертых, чрезмерная концентрация может подавлять рыночную конкуренцию и приводить к монополистическому поведению, что, в свою очередь, будет препятствовать повышению производительности труда.

3. Доказано, что внедрение цифровых технологий значительно повышает производительность труда листинговых компаниях (с учётом времени и отраслевых эффектов коэффициент влияния составил 0,0453). Влияние цифровой трансформации на производительность труда особенно значительно в государственных компаниях, высокотехнологичных предприятиях и предприятиях, находящихся на стадии роста. При этом цифровая трансформация повышает производительность труда в этих компаниях по двум основным каналам: за счет смягчения финансовых ограничений и укрепления механизмов внутреннего управления.

4. Обнаружена U-образная нелинейная зависимость между уровнем цифровизации и производительностью труда малых и средних предприятий. При низком уровне цифровизации предприятия улучшение его цифровизации оказывает негативное сдерживающее воздействие на производительность труда. Однако, когда уровень цифровизации предприятия превышает определенное «пороговое» значение, дальнейшие усовершенствования в области цифровизации способствуют повышению производительности труда.

Опираясь на результаты анализа влияния цифровизации на производительность труда в промышленности Китая, предлагаются следующие рекомендации по обеспечению качественного экономического роста:

Во-первых, содействие скоординированному развитию региональной цифровой экономики. Эффективное развитие региональной цифровой экономики подразумевает стратегическое использование цифровых технологий в соответствии с уникальными преимуществами каждого региона, а также учет местных особенностей и использование цифровых технологий для возрождения традиционных преимуществ. Подобный подход направлен на смягчение различий в развитии региональной цифровой экономики, а не на принятие единых целей и стратегий развития для всех регионов. Каждому региону следует уделять первостепенное внимание анализу своих уникальных сильных сторон, интегрировать различные контекстуальные факторы и реализовывать специальные и точные стратегии. Главные сильные стороны восточного региона заключаются в технологическом прогрессе и обилии квалифицированных специалистов. Оптимальное использование этих сильных сторон, усиление синергии между промышленностью, научными разработками и исследованиями, создание благоприятной атмосферы для стимулирования инноваций и содействие сотрудничеству между компаниями, государственными структурами и университетами должны быть приоритетными. Правительству необходимо взять на себя роль направляющего и стимулирующего фактора инноваций в сфере цифровых продуктов, бизнес-моделей и организационных структур. Это означает, что инновационные усилия должны соответствовать стратегическим рамкам

правительства и эффективно удовлетворять потребности рынка. В контексте западного региона, характеризующегося недостаточной инфраструктурой, богатыми ресурсами и сравнительно низкой стоимостью рабочей силы, создание центров обработки данных не только укрепит цифровую инфраструктуру региона, но и будет способствовать развитию цифровых инноваций в восточном регионе. Таким образом, эта инициатива заложит основу для будущего сотрудничества между восточными и западными регионами.

Во-вторых, создание новой системы управления стандартами данных. Традиционная система стандартов и показателей данных о производительности труда и цифровизации уже не подходит для анализа развития промышленной индустрии. Поэтому очень важно создать новую систему управления стандартами данных. Во-первых, необходимо разработать разумные стандарты для метаданных, включая единые стандарты и нормы для оценки цифровых технологий, правил использования данных, прав собственности на данные и стандартов качества данных. Во-вторых, необходимо создать единый национальный стандарт для данных о производительности труда и других показателях развития промышленных предприятий. Широкое использование цифровых технологий в промышленной отрасли требует большого количества данных. Таким образом, создание единого национального стандарта для данных в основных отраслях промышленности может повысить эффективность использования данных на предприятиях и повысить эффективность принятия решений. Наконец, необходимо разработать единый набор показателей, связанных с цифровыми технологиями, в том числе методы расчета и правила учета. В настоящее время Национальное бюро статистики и департаменты промышленной информации еще не создали статистические данные, связанные с цифровыми технологиями. Создание новой системы статистических данных по основным отраслям промышленности поможет изучить и проанализировать применение цифровых технологий в различных отраслях, а также проводить оценку влияния цифровизации на производительность труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Accenture China. (2018). Outlook: Industrial Renaissance. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press.
2. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2016). The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment [Working Papers]. NBER Working Papers.
3. Adam Smith. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. (D. L. Guo & Y. N. Wang, Trans.). Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 2009.
4. Aghion, P., & Peter, H. Endogenous Growth Theory. Cambridge: MIT Press, 1998.
5. Asiedu, M., Mousa, D. S., Sabrina, S. J., et al. Analysis of Working Capital Sources on Firm Innovation and Labor Productivity among Manufacturing Firms in DR Congo. *Journal of Financial Risk Management*, 2021, 10(02), 200-223.
6. Bartel, A. P., Ichniowski, C., & Shaw, K. (2007). How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement, and worker skills. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1721-1758.
7. Baumol, W. J. (1967). Performing arts: The permanent crisis. *Business Horizons*, 10(3), 47-50.
8. Beaudry, P., & Collard, F. Why has the employment-productivity trade-off among industrialized countries been so strong? Social Science Electronic Publishing, 2002, 8754, 1-41.
9. Beso, P. E., & Husted, S. Patterns and Determinants of Productive Efficiency in State Manufacturing. *Journal of Regional Science*, 1989, 29(1), 15-28.
10. Bessonova, E. V., Morozov, A. G., Tuedyeva, N. A., et al. Opportunities for Accelerating Labor Productivity Growth: The Role of Small and Medium Enterprises. *Voprosy Ekonomiki Issue*, 2020(3), 98-114.

11. Bharadwaj, A. S. (1998). A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 22(1), 169-196.
12. Bogoviz, A. V., Danilevich, A. S., & Kalinin, V. F. (2018). Digital transformation and growth of economic productivity: Digitalization or modernization of post-industrial processes? *Revista Espacios*, 39(3).
13. Cai, Q. F., Wang, H. Y., & Li, D. X. (2021). Internet finance, labor productivity, and enterprise transformation: The perspective of labor mobility. *China Industrial Economics*, (12).
14. Cai, T., & Chen, Q. (2015). Research on the Efficiency of Labor Market "Worker-Job" Matching: Evidence from Provincial Panel Data for 1996-2011. *Journal of Xi'an Finance and Economics University*, 28(3), 107-112.
15. Cao Min. Impact of Productive Service Industry Agglomeration on Manufacturing Labor Productivity: Analysis Based on Panel Data of Core Cities in the Yangtze River Delta. Master's Thesis, Shanghai Academy of Social Sciences, 2021.
16. Cao, Y. (2018). Analysis of the role of digital economy in promoting China's industrial upgrading. *Economic Research Guide*, 12, 25-26.
17. Cennamo, Carmelo, Giovanni Battista Dagnino, and Feng Zhu, eds. *Research Handbook on Digital Strategy*. Edward Elgar Publishing, 2023.
18. Chen, G., Li, M., & Liu, J. (2019). Data capital and labor productivity. *China Economic Quarterly*, 18(2), 529-552.
19. Chen, J. (2019). Weak global economic recovery leads to sluggish growth in major economies. *China Economic Times*, 2019(002).
20. Chen, M. G., & Zhou, Y. R. (2021). Impact of digitization on labor costs of enterprises. *China Population Science*, (4).
21. Chen, W. T., Han, F., & Zhang, G. F. (2019). E-commerce, enterprise R&D, and total factor productivity. *Nankai Economic Research*, (5).
22. Chen, Y., Lin, C., & Chen, X. (2019). Artificial Intelligence, Aging, and Economic Growth. *Economic Research*, 54(7), 47-63.
23. Chowdary V. (2005). *Total quality management*. Tata McGraw-Hill Education.

24. Christopher, A. P. *Equilibrium Unemployment Theory*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press, 2000.
25. Cong, Y., & Yu, B. (2020). The Impact of the Digital Economy on the Efficiency of Labor Resource Allocation in China. *Economic Management*, 41(2), 108-114.
26. Dai, W. Q., Liu, Y., & Liao, M. Q. (2016). Halo effect: Who is "neglecting their duties" in private enterprises? *Management World*, (5).
27. Dai, W., Heshmati, A., & Causa, O. (2016). Explaining changes in female labor force participation in a global perspective. *IZA Journal of Labor & Development*, 5(1), 1-30.
28. Deichmann, J. I., Eklöf, M., & Lönnbark, C. (2016). Technology spillover and labor productivity. *Economics Letters*, 145, 75-78.
29. Dekle, R., & Vandenbroucke, G. A Quantitative Analysis of China's Structural Transformation. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2011, 36(1), 119-135.
30. Durate, M., & Restuccia, D. The Role of the Structural Transformation in Aggregate Productivity. *Quarterly Journal of Economics*, 2010, 125(1), 129-173.
31. Eriksson, C. Is there a trade-off between employment and growth? *Oxford Economic Papers*, 1997(49), 77-88.
32. Fischer, M. M., Bartkowaka, M., Riedl, A., et al. (2009). The impact of human capital on regional labor productivity in Europe. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 2, 97-108.
33. Gai, Y., Yang, R., & Yang, Z. (2013). Labor market distortions in China. *Journal of Comparative Economics*, 41(1), 75-92.
34. Gambardella, A., Giuri, P., & Luzzi, A. (1998). The market for patents in Europe. *Research Policy*, 27(9), 961-976.
35. Gan Chunhui, Zheng Ruogu and Yu Dianfan. An Empirical Study on the Effects of Industrial Structure on Economic Growth and Fluctuations in China. *Economic Research Journal*, 2011(5): 4-16.
36. Gao, Y. C., Wan, Y. L., & Zhang, S. (2021). Enterprise digitization, government subsidies, and external debt financing of enterprises: An empirical study based on Chinese listed companies. *Management Review*, (11).

37. Gary Gereffi. (1999). International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chains. *Journal of International Economics*, 48, 37-70.
38. Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, (1).
39. Gong, X. H., & Cao, Y. X. (2014). Deepening of capital and the increase of labor productivity in the manufacturing sector: Perspective of wage increase and government investment. *Economic Review*, 2014(3).
40. Gonzalez, R., & Gasco, J. L. (2017). Use of digital technologies and new business models in the logistics sector. *International Journal of Production Economics*, 192, 181-194.
41. Gordon, R. J. (2001). Has the "new economy" rendered the productivity slowdown obsolete? *Economic Policy Review*, 7(1), 21-29.
42. Gruber, G., & Walker, G. *Growth of the Service Sector: Reasons and Impacts*. Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 1993.
43. Guo, Y., & Wang, J. (2019). Infrastructure investment and the change in China's industrial structure. *China Economic Review*, 58, 101339.
44. He, F., & Liu, H. X. (2019). Performance evaluation of entity enterprise digital transformation from the perspective of digital economy. *Reform*, (4).
45. He, X. G., Liang, Q. X., & Wang, S. L. (2019). Information technology, labor structure, and enterprise productivity: Deciphering the "information technology productivity paradox". *Management World*, (9).
46. Henfridsson, O., Mathiassen, L., & Svahn, F. (2014). Managing Technological Change in the Digital Age: The Role of Architectural Frames. *Journal of Information Technology*, 29(1), 27-43. <https://doi.org/10.1057/jit.2013.30>
47. Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? *Journal of the European Economic Association*, 10(2), 323-341.
48. Hinings, B., Gegenhuber, T., & Greenwood, R. (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. *Information and Organization*, 28(1), 52–61.

49. Hintzmann, Carolina & Lladós-Masllorens, Josep & Ramos, Raul. (2016). Intangible assets and labour productivity growth. IN3 Working Paper Series. 15. 10.7238/in3wps.v0i0.2711.
50. Hu, H. (2006). The effect of human capital on economic growth: an empirical analysis based on the sampling panel causality test method. *Educational Research*, (10), 48-56.
51. Huang C., Zhou J., Chen W., Development of Producer Service Industry Specialization and Manufacturing Labor Productivity. *Journal of Hubei Institute of Economics*, 2020, 5(3), 62-72.
52. Huang, Q., Yang, L., et al. (2019). Digital transformation and firm efficiency: Evidence from manufacturing sector. *Structural Change & Economic Dynamics*, 14(4), 427-448.
53. Huang, Y. H., & Huang, L. (2019). Financial knowledge and innovative awareness and vitality of small and micro enterprises: An empirical study based on the survey of Chinese small and micro enterprises (CMES). *Financial Research*, (4).
54. Jin Chunyu, & Cheng Hao. Research on the Interactive Relationship between Spatial Agglomeration of Manufacturing and Manufacturing Labor Productivity in China. *Economic Crosscurrents*, 2015(03), 83-87.
55. Jin, J., & Sun, J. (2019). Research on the promotion mechanism of digital economy on China's high-quality economic development. *Economic Review*, 3, 110-112.
56. Jing, R., Sun, B., & Sun, L. (2019). Research on the relationship between big data and labor productivity. *Journal of Systems Science and Information*, 7(5), 69-80.
57. Jonathan, D. (2000). Corporate transformation without a crisis. *The Mc Kinsey Quarterly*, 4, 116-128.
58. Kang, H. C., & Birchenall, J. A. Agricultural Productivity, Structural Change, and Economic Growth in Post-Reform China. *Journal of Development Economics*, 2013, 104(1), 165-180.
59. Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. *McKinsey Global Institute*, 1-80.
60. Lenin V.I. Complete works. Vol. 39. p.21.
61. Levey, A., & Merry, U. (1986). *Organizational Transformation*. New York: Praeger.

62. Li, H., Huang, Q., Qi, Y., Liu, S., (2015). Impact of digital technology on enterprise performance. *Journal of Management Studies*, 11(4), 371-392.
63. Li, X. (2017). Market Distortion, Resource Mismatch, and China's Total Factor Productivity. [Doctoral dissertation, Zhejiang University].
64. Liu, S. C., Yan, J. C., Zhang, S. X., et al. (2021). Can enterprise management digital transformation improve input-output efficiency? *Management World*, (5).
65. Liu, Y. M., & Zhang, Y. M. (2021). Labor quality and labor productivity in private enterprises: A Marxist perspective. *World Economy*, 44 (1), 3-24
66. Liu, Z. (2001). The Causes and Enlightenment of the Development of the Digital Economy in the United States. *Science & Technology Information Development & Economy*, 2001(04), 72-74.
67. Liu, Z. (2019). Digital Labor and Data Capitalization in the Digital Economy Era: A Study Based on the Logic of Capital by Marx. *Journal of Northeastern University (Social Science Edition)*, 2019(4), 1-8.
68. Lu Fucui, & Xu Yuanbin. Research on the Impact of the Internet on Manufacturing Labor Productivity. *Industrial Economic Research*, 2019(4), 1-11.
69. Mao, F., & Pan, J. (2012). Capital deepening, industrial structure, and urban labor productivity in China. *China Industrial Economics*, (10), 32-44. (In Chinese)
70. Martin Bell, & Michael Albu. (1999). Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries. *World Development*, 27(9), 1715-1734.
71. Metlyakhin, A., Serebryakova, A., Shadrina, A., & Tsvetkova, A. (2020). Digitalization and labor productivity: Evidence from Russia. *Problems of Economic Transition*, 63(7), 441-464.
72. Muhanna, W. A., & Stoel, M. D. (2010). Does IT pay to build organizational capabilities? A study of IT-Intensive firms. *MIS Quarterly*, 34(1), 85-102.
73. Nordhaus, W. D. Baumol's Diseases: A Macroeconomic Perspective. *The B.E. Journal of Macroeconomics*, 2008, 8(1), 74-97.
74. Nordhaus, W. The Sources of the Productivity Rebound and the Manufacturing Employment Puzzle. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2005.

75. Paul, C. Has the Trade-off between Productivity Gains and Job Growth Disappeared? *Kyklos*, 2005, 58(1), 45-64.
76. Paul, T. (1999). Does information technology enhance productivity? Federal Reserve Bank of New York, 6(11).
77. Rangazas, P. (2002). The quantity and quality of schooling and U. S. labor productivity growth (1870-2000). *Review of Economic Dynamics*, 5(4), 932-964.
78. Rogers, L. D. (2016) *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing, Columbia University Press.
<https://doi.org/10.7312/roge17544>
79. Rouse, W. B., & Baba, M. L. (2006). Enterprise transformation. *Communications of the ACM*, 49(7), 66-72.
80. Shi, Y. (2016). Analysis of Labor Mobility and Resource Allocation Efficiency: A Perspective of Coordination between Employment Structure and Industrial Structure. *Shanghai Finance*, 428(3), 23-26.
81. Silvia Ardagna. (2006). Fiscal policy in unionized labor markets. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(5).
82. Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65—94.
83. Stigler, G. J. *Trends in Output and Employment*. New York: National Bureau of Economic Research, 1947.
84. Sun, F., & Zhang, Z. (2017). The Current Dilemma and Way Out for the Development of China's Real Economy. *China Party and Government Officials Forum*, 2017(7).
85. Sun, W. D. (2019). Research on the innovation and transformation and upgrading path of SMEs in industrial clusters - Based on the perspective of collaborative innovation. *Contemporary Economic Management*, 41(06), 24-29.
86. Sun, Z., & Hou, Y. (2019). How Industrial Intelligence Reshapes the Employment Structure. *China Industrial Economics*, 2019(5), 61-79.
87. Suo, J., Li, X. J., & Mao, J. M. (2014). Innovation-driven: The theoretical logic and path design of transformation in Chinese SMEs. *Economic Management*, 36(09), 55-66.

88. Tang, D. (2014). Vertical specialization and labor productivity: a study from a globalization perspective. *World Economy*, (11), 25-52. (In Chinese)
89. Teece, D. (2015). *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*. Oxford University Press.
90. Timmer, M. P., & Szirmai, A. (2000). Productivity growth in Asian manufacturing: the structural bonus hypothesis examined. *Structural Change & Economic Dynamics*, 11(4), 371-392.
91. Virany, B., Tushman, M. L., & Romanelli, E. (1992). Executive succession and organization outcomes in turbulent environments: An organization learning approach. *Organization Science*, 3, 72-91.
92. Wang Jiating, Li Yanxu, Ma Hongfu, et al. Transformation of Growth Momentum in China's Manufacturing Industry: Capital-Driven or Technology-Driven? *China Industrial Economics*, 2019(5), 99-117.
93. Wang Zhong(2011). Study on the Substitution Relationship between Labor Productivity Growth and Employment Growth. *Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences*, (05), 59-65.
94. Wang, H., Feng, J., Zhang, H. and Li, X. (2020). The effect of digital transformation strategy on performance: The moderating role of cognitive conflict", *International Journal of Conflict Management*, 31 (3), 441-462, <https://doi.org/10.1108/IJCMA-09-2019-0166>
95. Wang, J. (2016), "Internet plus and labor productivity: an empirical study based on China manufacturing industry", *Finance and Economics*, No. 11, pp. 91-98.
96. Wang, J. F., Feng, J., & Li, H. L. (2006). Research on the connotation of enterprise transformation. *Statistics and Decision*, 2006(02), 153-157.
97. Wang, J., Ren, D., & Chen, J. (2022). Research on the relationship between digital economy and industrial transformation in China based on innovation-driven. *Management Science*, 35(3), 121-134.
98. Wen, Z., & Zhang, L. (2004). Mediation Effect Test Procedure and Its Application. *Acta Psychologica Sinica*, 36(5), 614-620.

99. Woltjer, G., Galen, M., & Logatcheva, K. Industrial Innovation, Labor Productivity, Sales, and Employment. *International Journal of the Economics of Business*, 2021, 28(1), 89-113.
100. Wu Juncheng. Research on the Growth of China's Manufacturing Productivity. Master's Thesis, South-Central University for Nationalities, 2016.
101. Xiao, H. J., Yang, Z., & Liu, M. Y. (2021). Social responsibility of enterprise digitization: An examination of the dual pathways. *Economic Management*, (11).
102. Xu, S. K., Zheng, X. Y., & Yang, R. D. (2020). Work experience of state-owned enterprises, entrepreneur talent, and enterprise growth. *China Industrial Economics*, (1).
103. Xu, S., Li, X., Liu, C., & Wang, T. (2019). Evaluation of digital economy's impact on regional labor productivity in China. *Management Science*, 32(4), 25-33.
104. Xu, X., & Zhao, M. (2020). Data Capital and Economic Growth Path. *Economic Research*, 55(10), 38-54.
105. Xu, Z., & Yan, J. (2011). Does Skill-Biased Technological Progress Necessarily Worsen Wage Inequality? *Economic Review*, 2011(3), 20-29.
106. Yang Xiaomei, & Tan Renyou. The Impact of Capital Deepening and Market Selection on China's Manufacturing Labor Productivity. *South China Economy*, 2017(07), 51-69.
107. Yang, J. (2018). Including data capital in growth accounting. *Economic Research Journal*, 53(9), 134-147.
108. Yang, T., & Jiang, X. (2015). Changes in Industrial Structure, Labor Market Distortions, and the Slowdown of China's Labor Productivity Growth. *Economic Theory and Economic Management*, 292(4), 57-67.
109. Yuan Xiaoneng. Global Service Value Chain and Development Strategy of Modern Service Industry in China. Beijing: Economic Science Press, 2016.
110. Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. *Macroeconomic Research*, 1998(5), 13-16.
111. Zhang, H., Yao, X., & Zhang, J. (2010). The impact of education quality on regional labor productivity. *Economic Research*, (7), 57-67. (In Chinese)

112. Zhang, X. (2019). Study on the Impact of Digital Technology Application on Industrial Labor Productivity. [Master's thesis, Zhejiang Finance University].
113. Zhang, X., & Jiao, Y. (2017). China's Digital Economy Development Index and Its Application: A Preliminary Exploration. *Zhejiang Social Sciences*, 2017(04), 32-40.
114. Zhang, Y., & Wang, J. (2020). Does the Development of the Digital Economy Reduce China's Resource Mismatch Level? *Statistics and Information Forum*, 35(9), 62-71.
115. Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.
116. Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal*

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education
«SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY»

On the rights of the manuscript

Shi Yongjing

**THE IMPACT OF THE LEVEL OF DIGITALIZATION ON
LABOR PRODUCTIVITY IN INDUSTRY OF CHINA**

**Specialty 5.2.3. Regional and sectoral economy:
Population economics and labor economics**

**DISSERTATION FOR THE ACADEMIC DEGREE OF A
CANDIDATE OF SCIENCES IN ECONOMICS**

**Scientific advisor
Candidate of Sciences in Economics, Docent
Skachkova L. S.**

Rostov-on-Don – 2024

CONTEXT

INTRODUCTION	5
CHAPTER 1: THEORETICAL FOUNDATIONS OF RESEARCH AND LITERATURE REVIEW	16
1.1 Conceptual Definition.....	16
1.1.1 Definition and Measurement Indicators of Digital Technology	16
1.1.2 Concept and Measurement Indicators Of Labor Resource Allocation Efficiency	19
1.1.3 Concept and Measurement Indicators of Labor Productivity	20
1.1.4 Concept and Measurement Indicators of Digital Transformation of Enterprises.....	21
1.2 Related Theories	23
1.2.1 Labor Supply and Demand Theory	23
1.2.2 Labor Search and Matching Theory.....	24
1.2.3 The Technology Dividend Theory	25
1.2.4 Technology Innovation Theory	27
1.2.5 Enterprise Digital Transformation	29
1.3 Literature Review	35
1.3.1 The Impact of Digital Technology	35
1.3.2 Literatures Related to Labor Productivity.....	41
1.3.3 Digitalization and labor productivity	51
1.3.4 Digital transformation of SMEs.....	57
1.3.5 Digital transformation of listed companies.....	60
1.3.6 Analysis of the Impact Mechanism of Digital Technology on Labor Productivity.....	64
CHAPTER 2: ANALYSIS OF THE CURRENT STATUS OF DIGITAL TECHNOLOGY AND LABOR PRODUCTIVITY	74
2.1 Factors, indicators and calculation methods.....	74
2.1.1 Factors Influencing Digital Technology	74
2.1.2 Digital technology infrastructure	74

2.1.3 Digital technology input factors.....	75
2.1.4 Digital technology application.....	76
2.1.5 Determination of Weight and Comprehensive Evaluation Method for Digital Technology Index.....	77
2.1.6 Steps for Calculating Digital Technology Index with Entropy Weight-TOPSIS Method.....	79
2.2 Current Status of Digital Technology in Chinese industry.....	81
2.2.1 Data Description and Measurement Method	81
2.2.2 Development of Digital Technology	82
2.2.3 Analysis of Provincial-level Digital Technology Status	89
2.3.4 Data Collection and Calculation Results	90
2.3 Analysis of Current Labor Productivity in Chinese industry	96
2.3.1 Data Description and Measurement Method	99
2.3.2 Analysis of National Labor Productivity	100
2.3.3 Analysis of Regional Labor Productivity.....	103
CHAPTER 3: EMPIRICAL TESTING OF THE IMPACT MECHANISM OF DIGITAL TECHNOLOGY ON LABOR PRODUCTIVITY	106
3.1 The impact of digital technologies on labor productivity at the provincial level	106
3.1.1 Variable Selection and Statistical Description	107
3.1.2 Baseline Model Empirical Analysis.....	109
3.1.3 Mediation Effect Testing.....	113
3.1.4 Heterogeneity Analysis	117
3.1.5 summary.....	121
3.2 The Impact of Digital Transformation on Listed Firms' Labor Productivity.....	125
3.2.1 Theory Analysis and Research Hypotheses	126
3.2.2 Research Design.....	129
3.2.3 Empirical Results Analysis	131
3.2.4 Expansionary Analysis: Digital Transformation and Labor Productivity —— From the Perspective of Internal and External Support.....	138

3.2.5 Summary	140
3.3 The Impact of Digital Transformation on Labor Productivity in SMEs	141
3.3.1 Impact Mechanisms and Research Hypotheses	144
3.3.2 Research Design.....	147
3.3.3 Empirical Results	153
3.3.4 Summary	162
CONCLUSION	164
LIST OF REFERENCES	169

INTRODUCTION

Relevance of research topics. Currently, China has rapidly emerged as the world's second-largest economy, benefiting from the advantages of low labor costs and a massive labor force. However, in recent years, labor costs in China have been continuously rising, while the country faces challenges such as an aging population, declining capital returns, overcapacity, and environmental pressures. Therefore, the previous development model that relied solely on factor-driven growth (cheap labor, an undervalued yuan exchange rate, the policy of «technology in exchange for the market», the stability of the political course, etc.), which worked in the last century, is no longer sustainable. Instead, there is a need to transition towards an all-new growth mode driven by innovation. The development of innovative technologies is particularly important in enhancing the quality of economic growth. The Chinese government strongly supports the development of the digital economy and has started to guide and promote its integration with the traditional real economy through policies. Initiatives like the «Internet Plus» have been officially included in the government work report, and the national-level layout for the development of the digital economy has begun. In 2019, the scale of China's digital economy increased 16 times compared to 2005, and its share in GDP was 2.5 times higher than in 2005.

Regarding the relationship between digital technology and labor productivity, domestic and foreign scholars have conducted research, but a consensus has not yet been reached. It has been theorized that digital technology can create new momentum for economic development through the reorganization of production factors. However, this idea has not been firmly established through empirical evidence. Some scholars, led by R. Solow, even argue that the impact of technology on productivity is declining. Some scholars explain this by stating that simply purchasing or investing in digital technology does not necessarily lead to increased productivity. However, other scholars hold a positive view, suggesting that digital technology promotes economic growth. Some have demonstrated that digital technology enhances productivity through improved organizational capabilities and reduced operating costs.

Labor productivity is crucial for a nation's social welfare, livelihood security, and economic development. From the perspective of income distribution, labor productivity is closely related to the income of urban and rural residents and directly affects labor income shares. Therefore, improving labor productivity becomes a crucial support for achieving high-quality economic and social development in China.

In recent years, with the rapid development of the digital economy, digital technology has become the primary driving force for China's economic and social development. Traditional enterprises are leveraging digital technology to accelerate their transformation towards networked, intelligent, and automated operations, sparking a significant wave of digitalization across industries. The rapid development of enterprise digitalization has drawn close attention from academia, and scholars have engaged in heated discussions about its economic and social impact. Existing research findings reveal that digital transformation significantly enhances the economic performance of physical enterprises and can positively influence long-term debt financing through government subsidies, promote decentralization, reduce total and relative labor costs, and improve input-output efficiency and corporate social responsibility performance. So, does the digital technology-driven digitalization of enterprises contribute to enhancing labor productivity? What mechanisms might be involved? These questions have not been adequately addressed by scholars.

The degree of elaboration. Currently, there is a substantial body of research on labor productivity, with many scholars focusing on the impact of industrial structure and total factor productivity on a country's labor productivity. In comparison to total factor productivity studies, research on labor productivity pays more attention to labor force structure. Mainstream studies on structural transformation primarily focus on aspects such as technological progress, capital deepening, and preference for demand. B. Herrendorf and A. Valentinyi¹ found that the employment shares of the three major industries have a significant impact on overall labor productivity across countries. T. Yang

¹ Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? *Journal of the European Economic Association*, 10(2), 323-341.

and X. Jiang² attempted to demonstrate through a three-sector model that the slow growth of labor productivity in the tertiary industry has contributed to the deceleration of China's labor productivity growth. Y. Guo and J. Wang³ discovered that infrastructure investment restrained the rise in the service sector's share but increased the pace of labor productivity growth.

Regarding the relationship between the digital economy and labor productivity, scholars hold different views. E. Labaye and J. Remes⁴ argue that the rapid development of digital technologies and their widespread application in businesses, governments, and individuals will make significant contributions to future productivity growth. On the contrary, A. V. Bogoviz et al. found that the current digitalization processes have zero or negative effects on labor efficiency, attributing it to the incomplete transition from a post-industrial to a digital economy. A. Metlyakhin et al.⁵ used two sets of digital indicators to construct models for different periods (2011-2017 and 2006-2017) and found that digital factors had no significant impact on regional labor productivity in the short term, but most digital factors had a significant positive effect on labor productivity in the long term.

There are divergent views in academia regarding the relationship between technology and labor productivity. Some scholars, led by R. Solow⁶, analyzed specific data and concluded that technology did not enhance productivity but rather had a diminishing and continually diminishing effect on it. T. Paul⁷ explained this by stating that technology's development brought new goods, which would change the turnover rate of goods and ultimately underestimate productivity. W. A. Muhanna, M. D. Stoel⁸ argue that merely purchasing or investing in digital technology would not increase productivity.

² Yang, T., & Jiang, X. (2015). Changes in Industrial Structure, Labor Market Distortions, and the Slowdown of China's Labor Productivity Growth. *Economic Theory and Economic Management*, 292(4), 57-67.

³ Guo, Y., & Wang, J. (2019). Infrastructure investment and the change in China's industrial structure. *China Economic Review*, 58, 101339.

⁴ Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

⁵ Metlyakhin, A., Serebryakova, A., Shadrina, A., & Tsvetkova, A. (2020). Digitalization and labor productivity: Evidence from Russia. *Problems of Economic Transition*, 63(7), 441-464.

⁶ Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65—94.

⁷ Paul, T. (1999). Does information technology enhance productivity? Federal Reserve Bank of New York, 6(11), 177-185

⁸ Muhanna, W. A., & Stoel, M. D. (2010). Does IT pay to build organizational capabilities? A study of IT-Intensive firms. *MIS Quarterly*, 34(1), 85-102.

However, A. Gambardella, P. Giuri, A. Luzzi⁹ maintain that digital technology fosters economic growth. It achieves this by efficiently organizing and coordinating information technology resources and other resources. With the fading demographic dividend, numerous countries, particularly developed ones, witness a productivity downturn. D. Zhu, Y. Lai, X. Xie¹⁰ claimed that digital technology has emerged as a «cure-all» for invigorating economic growth worldwide. In production, it adeptly manages multiple stages, curtails expenses, and enhances the efficiency of goods production and distribution. C. Zhong, C. Liu, Y. Li¹¹ have come to the conclusion that, transactionally, it slashes communication and logistics costs, fostering closer ties among people and facilitating seamless cross-regional trade. E. Labaye, J. Remes¹² noted digital technology's evolution engenders novel industries and job prospects, bolstering employment and propelling labor productivity growth. Disparate perspectives on the nexus between technology and labor productivity primarily arise from the temporal and spatial discrepancies in technology's impact on productivity. Different stages and economic regions exhibit varying mechanisms through which technology influences labor productivity.

D. Zhu, Y. Lai, X. Xie¹³ indicated the direct impact of digital technology on labor productivity involves streamlining production processes, optimizing structures, and reducing costs. In manufacturing, it enables pre- and post-production data services. For instance, it facilitates real-time market trend monitoring pre-production and enhances understanding of product performance post-production, aligning output with market needs, minimizing resource waste, and accelerating circulation. W. Dai, Y. Liu, M. Liao¹⁴ believed it fosters technological advancement, bolsters productivity, and cuts transaction

⁹ Gambardella, A., Giuri, P., & Luzzi, A. (1998). The market for patents in Europe. *Research Policy*, 27(9), 961-976.

¹⁰ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹¹ Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.

¹² Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

¹³ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹⁴ Dai, W. Q., Liu, Y., & Liao, M. Q. (2016). Halo effect: Who is "neglecting their duties" in private enterprises? *Management World*, (5), 87-97

costs, enabling seamless cross-border trade. J. Yang¹⁵ noted that digital technology's influence on labor productivity lies in its role in capital accumulation and the refinement of labor specialization, accentuating its significance in growth accounting frameworks. G. Chen, M. Li, J. Liu¹⁶ considered data as data capital, continues to grow exponentially, expediting capital accumulation, and fostering intelligence-driven productivity enhancement. However, it is crucial to note that data alone does not directly improve productivity; its effective dissemination and utilization are essential. R. Gordon¹⁷ concluded the capital accumulation stemming from digital technology extends to traditional forms such as digital infrastructure and computer equipment.

The ambiguity of the results of the study of the impact of digital technologies on labor productivity also motivated the author's research.

The purpose and objectives. The purpose of the study is to study the impact of digital technologies on labor productivity in China's industry at the provincial level, listed companies, small and medium-sized private enterprises. In accordance with the purpose, the following objectives were formulated:

- define and summarize the concepts of digital technology and labor productivity;
- to review existing research on the relationship between digital technologies and labor productivity as a basis for further research;
- analyze the current state of digital technology and labor productivity for a comprehensive overview of the current situation in China;
- conduct an empirical study of the relationship between labor productivity and digitalization, check the relationship between them at different levels, using data from Chinese provinces, listed companies¹⁸, small and medium-sized private enterprises (SMEs).

¹⁵ Yang, J. (2018). Including data capital in growth accounting. *Economic Research Journal*, 53(9), 134-147.

¹⁶ Chen, G., Li, M., & Liu, J. (2019). Data capital and labor productivity. *China Economic Quarterly*, 18(2), 529-552.

¹⁷ Gordon, R. J. (2001). Has the "new economy" rendered the productivity slowdown obsolete? *Economic Policy Review*, 7(1), 21-29.

¹⁸ A listed company is a company (open joint stock companies) whose shares are traded on a public stock exchange. Obtaining a listing means that these companies have fulfilled the special requirements of the exchange and offered at least some of their shares for public circulation.

Object and subject. The research object is economic and managerial aspects of labor productivity in Chinese industries. The subject of the study is the impact of digital technologies on the dynamics and growth of labor productivity in Chinese industry.

The field of research. The research is completed within the framework of professional data table 5.2.3. Regional and Sectoral Economy: Population economics and labor economics: 8.15. Labor productivity and efficiency: essence, dynamics, methods of measurement, factors and reserves of improvement. Incentives and remuneration of employees.

Scientific novelty is embodied in the following provisions:

Firstly, labor productivity growth has been detected and demonstrated in all three regions of China (eastern, central and western), correlating with their digital development. At the same time, the author's contribution to identifying this trend is related to the proposal of a new metric for calculating the level of digitalization, namely the digital technology index.

Secondly, based on panel data from 31 provinces of China, a noticeable positive impact of investments in digital technologies on labor productivity in Chinese industry has been proven. Namely, with each increase in the use of digital technologies by 1%, industrial productivity increases by 3.63%, respectively.

Thirdly, based on economic data on the activities of listed Chinese companies for the period 2007-2020, it has been proved that the introduction of digital technologies significantly increases labor productivity in government agencies, high-tech firms and companies at the stage of expansion. At the same time, digital transformation increases labor productivity in these companies through two main channels: by easing financial constraints and strengthening internal management mechanisms.

Fourth, a significant U-shaped nonlinear relationship between the level of digitalization and labor productivity in small and medium-sized enterprises has been confirmed. With a low level of digitalization of an enterprise, improving its digitalization has a negative deterrent effect on labor productivity. However, when the level of digitalization of an enterprise exceeds a certain "threshold" value, further improvements in the field of digitalization contribute to increased labor productivity.

The theoretical significance of this research lies in its novel approach to analyzing the impact of digital technology on labor productivity, an area less explored in traditional labor productivity studies. By developing a unique digital technology index and employing empirical methods, this study enhances the understanding of how digitalization influences productivity. This methodology offers a new perspective in productivity factor theory, providing a framework that can be applied to similar research in other countries. Thus, this research not only contributes to the theoretical discourse on labor productivity in the digital era but also introduces a methodological innovation for broader application in productivity studies.

Practical significance. The study has important practical implications for policy development in the context of China's changing economic landscape. Several effective public policy measures, the ideas of which are formed on the basis of the findings of the study, should contribute to the management of labor productivity in Chinese industry. Among the measures, firstly, consideration of the need for a regional approach to China's digital economy in connection with the use of socio-economic differences in the western, central and eastern regions of China (it seems important to use individual strategies focusing on innovation in the advanced eastern region and on the development of digital infrastructure in the less developed western region); secondly, creation of a comprehensive system for measuring the level of digitalization and labor productivity for making national strategic decisions.

The methodology was determined by several theories that formed the conceptual and categorical apparatus, the object and subject of the study, in particular, the theory of supply and demand of labor (in particular, in the field of the influence of employment on labor productivity), the theory of job search (model Z. Xu and J. Yan, explaining the specific mechanisms by which digital technologies affect the allocation of labor resources and the effectiveness of recruitment)¹⁹, the theory of constant increase in labor productivity by V.I. Lenin²⁰, the theory of technological dividends, the theory of

¹⁹ Xu, Z., & Yan, J. (2011). Does Skill-Biased Technological Progress Necessarily Worsen Wage Inequality? *Economic Review*, 2011(3), 20-29.

²⁰ Ленин В.И. ПСС. Т.39.

technological innovations by J. Schumpeter (theory of innovation)²¹, R. Solow (new model of economic growth)²² and K. Zhang et al. (quantitative research on innovation)²³. A number of studies have made it possible to form both a general concept and identify research methods, among them, mainly those studies that support the idea of the positive impact of digital technologies on qualitative and quantitative proportions of economic growth, including labor productivity, as well as studies of general factor labor productivity (J. Stigler²⁴; C. Jin and H. Cheng²⁵ and others), the basic theoretical model of technological progress focused on skilled labor, proposed by D. Asemoglu²⁶.

Research methods. To achieve the goal and solve the tasks of the dissertation research, the following methods are used, in particular for theoretical reviews: classification, typology, methods of scientific abstraction, comparative analysis; for processing and analyzing empirical data: methods of descriptive statistics, methods of econometric analysis (regression analysis, factor analysis, least squares method, etc.), entropy-weight analysis, TOPSIS assessment methods (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution). STATA, SPSS, Python, EXCEL and other software tools are used in the work.

Information and empirical base of the study was established by materials, theoretical propositions and empirical data from databases and information sources, overing: Springerlink, ScienceDirect, ResearchGate, GoogleScholar, China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Statistics Bureau of China, World Development Bank, statistical collections and the China Statistical Yearbook (2016-2020), the National Bureau of Statistics, the Guotai'an Database, Tencent's «Internet +» Digital Economy Index Platform, Network Statistics of Science and Technology of China, WIND database.

²¹ Schumpeter, J. (1912). The economic theory of development.

²² Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // The Quarterly Journal of Economics, 70 (1), 65—94.

²³ Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. Macroeconomic Research, 1998(5), 13-16.

²⁴ Stigler, G. J. Trends in Output and Employment. New York: National Bureau of Economic Research, 1947.

²⁵ Jin Chunyu, & Cheng Hao. Research on the Interactive Relationship between Spatial Agglomeration of Manufacturing and Manufacturing Labor Productivity in China. Economic Crosscurrents, 2015(03), 83-87.

²⁶ Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2016). The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment [Working Papers]. NBER Working Papers.

Data sources such as the «Yearbook of Labor Statistics of China», «Yearbook of Statistics of Science and Technology of China», «National Statistical Yearbook», «Yearbook of Statistics of High-tech Industry of China» were also used.

The provisions submitted for the defense.

1. By developing a digital technology index that considers both existing measurement standards of various research institutes and gaps in such metrics, a comparative analysis of digital development with the level of labor productivity in industrial regions of China has been carried out. An analysis of the development of digital technologies and the level of labor productivity showed noticeable regional differences in the eastern, central and western regions of China. When comparing these development indicators, a noticeable increase in labor productivity is recorded in all three regions, correlating with their digital development.

2. Based on the results of an econometric analysis of regional data (panel data from 31 provinces of eastern, central and western China) for the period 2015-2019, a noticeable positive impact of investments in digital technologies on labor productivity in Chinese industry is demonstrated. The coefficient of the digital technology index was 0.0363. This means that for every 1% increase in the use of digital technologies, 3.63% of the increase in industrial productivity is accounted for, considering the influence of other variables. This analysis was carried out taking into account such control variables as human capital, energy intensity, market openness and industrial concentration. A negative coefficient was obtained for the variable "human capital stock". This means that an increase in the quality of the workforce is not accompanied by an increase in industrial productivity, which is at odds with most existing studies and practical observations. A negative coefficient was obtained for the variable "energy intensity", which means that a higher ratio of energy consumption to production has a damping effect on industrial productivity. As for the openness of the market, a positive coefficient was found, which emphasizes the beneficial effect of trade openness on labor productivity in industry. Increased trade openness promotes the development of competitive markets, facilitates the exchange of information and encourages technological innovation, which contributes to productivity growth. The coefficient of the variable "industrial concentration" has a negative correlation. This is

confirmed by numerous studies indicating that excessive concentration can suppress market competition and lead to monopolistic behavior, which, in turn, will hinder productivity gains.

3. Digital transformations in listed companies significantly increase labor productivity (considering time and industry effects, the impact factor was 0.0453). This improvement is especially noticeable in government agencies, high-tech firms and companies in the growth stage. An econometric analysis of data from Chinese listed companies listed on the stock exchange for the period from 2007 to 2020 shows that digital transformation increases labor productivity in enterprises through two main channels: by easing financial constraints and strengthening internal management mechanisms.

4. At the level of small and medium-sized enterprises, there is a non-linear effect ("U-shaped" dependence) of the impact of digitalization of enterprises on labor productivity. The reason for these results is that when enterprises are in the early stages of digital transformation, it may be temporarily difficult for low-skilled workers to adapt to the simplification and informatization of production and management processes caused by digital technologies, which has a certain impact on labor efficiency. When the digitalization of an enterprise reaches a higher level, comprehensive transformation into digital form reduces production and operating costs, the effects of innovation become noticeable, management efficiency increases, and the professional skills of employees of the enterprise are integrated with digital technologies, which significantly increases labor productivity. In addition, the "U-shaped" nonlinear effect of digitalization of enterprises on labor productivity is most significant in the eastern region of China, as well as in labor-intensive industries.

The degree of reliability and approbation of the research results. At all stages of implementation, the dissertation research was conducted in accordance with the rules of scientific research using appropriate methods and the application of reliable data, which was confirmed by their verification. The results of the research were tested at the second International Conference (2022) "Sustainable and Innovative Development in the Global Digital Age" in Rostov-on-Don. The fifth International Conference on "Digital

Transformation of Industry: Trends, Management, Strategies" (Ekaterinburg) DTI-2023: "Digital Transformation and Growth of Labor Productivity in Industry" at the Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. materials were published in scientific essays, journals and monographs.

Publications. All main obtained results from the dissertation, were published by 4 scientific publications from journals that are included in the list of scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Sciences, for the degree of Doctor of Sciences of the Southern Federal University should be published, with a total volume of 3,22 pp., including personally the author's contribution of 3,22 pp.

Structure and scope of the dissertation. The work consists of introduction, three chapters (each chapter has three paragraphs), conclusion and bibliography, with a total of 116 sources. The paper is explained by 2 figures and 35 tables. The work is 180 pages long.

CHAPTER 1: THEORETICAL FOUNDATIONS OF RESEARCH AND LITERATURE REVIEW

1.1 Conceptual Definition

1.1.1 Definition and Measurement Indicators of Digital Technology

Despite the growing emphasis on the development and application of digital technology as a key driver of economic growth, the academic community still lacks a clear and definitive definition of "digital technology."

Don Tapscott, an American IT consulting expert, is credited with making the first official proposal of the idea of "digital technology" in the year 1996. According to D. Tapscott (1996), the term "digital technology" most commonly refers to information and communication technology²⁷. This includes all digitized information and knowledge that is based on the technology's widespread application. In the framework of the digital economy, digital technology represents a new technological progress; nevertheless, its definition is not confined to technology alone; in order to demonstrate its superiority, it must be combined with digital infrastructure. As a result, it incorporates both information technology and the infrastructure required for communication. Therefore, in order to provide a complete definition of digital technology, it is necessary to take into account both elements. According to H. Kreinsen (2016)²⁸, the development of digital technology calls for the building of information systems in a variety of production sectors, the digitization of information, and the development of technological interactions through information-physical systems. A number of academics are of the opinion that digital

²⁷ Tapscott, D. (1996). The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence.

²⁸ Hirsch-Kreinsen, H. (2016). Digitization of industrial work: development paths and prospects. *Journal for Labour Market Research*, 49(1), 1-14.

technology is not a new technology but rather an amalgamation of several technologies, including the internet and artificial intelligence. According to Y. Shi (2016)²⁹, the speedy development of the internet and artificial intelligence creates the groundwork for the rapid development of digital technology. According to the findings of this study, the most important aspect of digital technology is its ability to represent information using bits and to digitize all forms of information. The impact that digital technology has had on the economy can be attributed to the widespread application of information and communication technology as well as relevant information technology services in a variety of different industries. As a result, information and communication technology as well as other technologies that are based on it are automatically included under the umbrella term «digital technology». According to the findings of recent study, digital technology has a wide range of uses, not only in the realm of production but also in many other spheres of life, including work and enjoyment. It has made its way into every aspect of society and demonstrates a high level of penetrability. Digital elements have started replacing other aspects and have some degree of substitutability as a result of the rapid growth of digital technology and the associated fall in costs. In addition, digital production components are able to be transmitted over the internet, which renders all information viewable and enables effective coordination, suggesting a certain level of synergy. Nevertheless, the digitization of industrial components is necessary for synergy to exist. The importance of human labor, physical capital, and industrial technology has traditionally been highlighted as a traditional production element. Nevertheless, in today's information-based economy, data has emerged as a significant new production component that can shape economic growth. However,

²⁹ Shi, Y. (2016). Analysis of Labor Mobility and Resource Allocation Efficiency: A Perspective of Coordination between Employment Structure and Industrial Structure. *Shanghai Finance*, 428(3), 23-26.

straightforward data accumulation cannot immediately contribute to the manufacturing process; rather, data must be processed in order to be truly effective (Xu Xiang and Zhao Mofei, 2020)³⁰. It is relatively difficult to measure digital technology due to the fact that its development in China is relatively young and there is no official accounting system in place. Researchers in academia and research institutes have used a variety of methodologies to do indirect measurements of digital technology. One example is the Accenture China Digital Transformation Index³¹, which evaluates the function that digital technology plays in the process of industrial upgrading and transformation. The "Internet Plus" Digital Economy Index is a tool developed by Tencent that evaluates the state of the digital economy in various locations around the world from a variety of different points of view, such as digital economy, digital government issues, digital living, and digital culture. The Digital Divide Index is a measurement of the discrepancy that exists between different groups regarding the utilization of digital technology. Other researchers have attempted to assess the impact of digital technology using a variety of different factors. To evaluate the state of digital technology, Cong Yi and Yu Boyang (2020)³² considered the following three dimensions of variables: digital infrastructure, digital business size, and digital device applications. Using the entropy weight-TOPSIS approach, Zhang Yongheng and Wang Jiating (2020) evaluated the growth of the digital economy based on four criteria: development potential, production application, life application, and infrastructure³³. Their findings may be

³⁰ Xu, X., & Zhao, M. (2020). Data Capital and Economic Growth Path. *Economic Research*, 55(10), 38-54.

³¹ Accenture China. (2018). *Outlook: Industrial Renaissance*. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press.

³² Cong, Y., & Yu, B. (2020). The Impact of the Digital Economy on the Efficiency of Labor Resource Allocation in China. *Economic Management*, 41(2), 108-114.

³³ Zhang, Y., & Wang, J. (2020). Does the Development of the Digital Economy Reduce China's Resource Mismatch Level? *Statistics and Information Forum*, 35(9), 62-71.

found in the year 2020. They determined the digital economic development index by taking into account direct benefits, capital input intensity, and labor input intensity from the perspective of the development potential; participation level, operational efficiency, and production input from the perspective of the production application; broadband life, mobile life, and internet consumption from the perspective of the life application; and transmission infrastructure, carrying capacity, and personnel allocation from the perspective of the infrastructure.

For the purpose of this paper's research on the impact of digital technology on labor productivity, we adopt a broad definition of digital technology, considering it as a technology that digitizes a range of information. Examples of such technologies include computers, the internet, artificial intelligence, big data, and cloud computing. The content primarily includes the infrastructure investment in digital technology and its application. Since Tencent's "Internet Plus" Digital Economy Index primarily focuses on the application of digital technology in the digital economy, suitable indicators for measuring digital technology were not found in the available data. Following Zhang Yongheng and Wang Jiating's (2020) approach³⁴, this paper reorganizes and calculates the indicators influencing digital technology.

1.1.2 Concept and Measurement Indicators Of Labor Resource Allocation Efficiency

Conceptually, labor resource allocation efficiency refers to the different outputs achieved with an equal amount of economic resources allocated among different regions, industries, and organizations. When understanding the concept of labor resource allocation efficiency, two key

³⁴ Zhang, Y., & Wang, J. (2020). Does the Development of the Digital Economy Reduce China's Resource Mismatch Level? *Statistics and Information Forum*, 35(9), 62-71.

points should be emphasized: Firstly, the concept emphasizes economic resources, which are also production factors. Secondly, the concept focuses on efficiency, emphasizing increasing output with the same input.

There are various methods for measuring labor resource allocation efficiency, including spatial statistical analysis, comparative analysis, index analysis, elasticity analysis, among others. However, this research aims to analyze the impact of digital technology on labor productivity, which involves multiple sectors and aspects. Thus, rather than conducting a separate measurement of labor resource allocation efficiency, this paper directly adopts the Labor Marketization Index of the National Academy of Development and Strategy at Renmin University of China for empirical analysis.

1.1.3 Concept and Measurement Indicators of Labor Productivity

Labor productivity refers to the ratio of the results created by workers to their consumption of resources during a certain period. Higher labor productivity indicates a higher level of social productivity, while lower labor productivity indicates a lower level of social productivity. Developed regions always exhibit higher labor productivity than underdeveloped regions. Labor productivity can be calculated from different perspectives, including individual, corporate, and regional labor productivity.

This paper focuses on the impact of digital technology on labor productivity, which involves multiple sectors and aspects. Thus, to measure labor productivity, the overall labor productivity of all groups is selected as the core indicator in this research. It is calculated by dividing output increase by the number of employed persons.

1.1.4 Concept and Measurement Indicators of Digital Transformation of Enterprises

(1) Characteristics

The development of the digital economy can drive enterprises or industries to climb up the value chain, further leading to their digital transformation to adapt to the requirements of digital economic development and enhance participants' experiences in the digital age. In this process, digital transformation exhibits three main characteristics:

Innovativeness: Digital transformation is a dynamic process where entities reform their relevant fields by applying new-generation digital information technologies such as 5G, big data, and cloud computing according to their needs. It demands high innovation requirements. On one hand, digital technologies continuously innovate based on the trends in digital economic development, driving self-upgrading of the technologies. On the other hand, enterprises should innovate in the application of relevant digital technologies based on their own developmental features, to enhance the flexibility of digital technology application and achieve deep integration with their development, thereby enhancing their market competitiveness.

Transformational: Digital transformation uses technological changes to drive corresponding changes in operating and business models, greatly improving production efficiency, accelerating industrial upgrading and optimization, and even fundamentally promoting the transformation of government and societal behavior patterns. Thus, digital transformation encompasses a wide range, including enterprises, industries, governments, and the entire society undergoing transformation.

Irreversibility: Through the corresponding changes, digital transformation impacts the economic system, leading to a certain "qualitative change" and structural transition, forming a technological-

economic paradigm that promotes further evolution of the digital economy. This process does not necessarily guarantee positive impacts on the economic and social aspects, but it is undoubtedly irreversible.

(2) Approaches

Digital transformation generally focuses on both the technological and strategic levels, achieved through the application of digital technologies and strategic planning. However, different types of enterprises may adopt different ways and emphases in utilizing digital technologies and digital strategies.

Digital technology application facilitating digital transformation: For enterprises that started their digital journey later, they can flexibly adopt existing digital technologies available in the market, such as the internet and big data analytics, applying them to specific business operations to expand their operational models and enhance digital competitiveness. In this process, the main focus is on digital technology application, with corresponding digital strategies developed to support and facilitate digital transformation according to the enterprise's growth needs.

Digital strategy layout driving digital transformation: Enterprises with a relatively high level of digitalization use digital strategy layout to adjust their organizational structure, establish independent departments related to digital operations, and strengthen the professionalism of digital operations within the company. Digital strategy layout takes precedence, with digital technology application serving as an innovative means, empowering collaborative development with other industries and driving enterprises to undergo digital transformation, seeking new businesses or new business models.

(3) Connotations

Scholars have extensively discussed digital transformation: He et al. (2019) defined digital transformation as a dynamic process where the

digital application of production networks leads to a series of socio-economic changes³⁵. Chen (2019) believed that digital transformation means completely changing the way of creating customer value, based on digital ideas, to build a new capability system for transformation³⁶.

This paper considers digital transformation as a dynamic process that encompasses micro, meso, and macro levels and features innovativeness, transformational impact, and irreversibility. It shapes digital ideas, uses modern digital technologies to change enterprise operations, industrial development models, and government governance thinking, thereby meeting the requirements of the new development of the digital economy. Consequently, digital transformation is a composite concept that includes micro, meso, and macro perspectives.

1.2 Related Theories

1.2.1 Labor Supply and Demand Theory

Labor demand refers to the amount of labor that enterprises are willing and able to employ at a certain wage rate, including both the willingness and ability of employers to hire. Labor supply in the labor market refers to the labor hours that people are willing and able to provide at a certain market wage rate (Hall, 1991)³⁷.

Various factors affect labor demand, including the level of economic development, technological progress, and institutional factors. More developed countries or regions require a higher proportion of high-skilled labor, while less developed regions demand fewer high-skilled workers. Technological advancements lead to changes in the labor force structure as

³⁵ He, X. G., Liang, Q. X., & Wang, S. L. (2019). Information technology, labor structure, and enterprise productivity: Deciphering the "information technology productivity paradox". *Management World*, (9).

³⁶ Chen, J. (2019). Weak global economic recovery leads to sluggish growth in major economies. *China Economic Times*, 2019(002).

³⁷ Hall, R. E. (1991). Labor demand, labor supply, and employment volatility. *NBER macroeconomics annual*, 6, 17-47.

the demand for skilled labor increases. Different countries have different institutional arrangements, such as taxation policies, which can affect the quantity of job offerings from enterprises at the micro-level. The level of support provided by the government varies for different industries based on taxation policies. Labor-intensive industries receive less support, whereas technology-intensive industries receive more significant support, thus influencing the demand for labor in different industries and leading to changes in the labor market structure.

Labor supply is also influenced by various factors, including labor's value orientation, preferences, and institutional factors. The relationship between wages and labor supply involves substitution effects and income effects. The substitution effect is related to labor preferences. When social welfare is good, and government subsidies and relief income exceed the income from work, labor may be less willing to work, leading to a decrease in labor supply in the labor market.

1.2.2 Labor Search and Matching Theory

The labor market experiences both inflows and outflows of labor. Some unemployed labor continuously searches for job positions that match their skills, while some employed labor searches for new jobs based on wage considerations. However, due to information asymmetry in the labor market, even if the number of job vacancies matches the number of unemployed people, there may still be unfilled vacancies and unemployment due to the persistent labor search behavior.

Labor search theory first appeared in the 1960s and was classified into two categories: external search and internal search. Internal search refers to on-the-job search, considering factors such as inflation, hiring costs, and the strength of labor unions. Rational economic agents will stop searching when the marginal cost of search equals the marginal benefit,

and they will decide whether to accept a job based on marginal benefit. However, in the early stages of theoretical development, most scholars focused on job search behavior from the labor side. The Diamond-Mortensen-Pissarides (DMP) model internalizes firm behavior, developing a two-sided search and matching theory that considers the search behavior of both labor supply and demand sides, making it more comprehensive (Mortensen, 1986)³⁸.

1.2.3 The Technology Dividend Theory

From the Stone Age, Bronze Age, steam engine era, computer age to the current digital age, the effect of technological progress has always been an eternal topic. Technology plays a crucial role in the development of productivity and economic life. During the First Industrial Revolution, characterized by the technological revolution of steam engines and cotton spinning, it marked the beginning of the industrial economy where machines replaced manual labor. This technological transformation resulted in the widespread adoption of machine production and the establishment of large factories, significantly increasing labor productivity. In the transportation sector, the rapid development of automobiles and trains overcame the slow transportation of traditional horse-drawn carriages and eliminated geographical barriers. The significant progress in economic production and transportation further challenged old ideas, culture, and institutions, promoting profound changes in politics and ideology (Ayres, 1953)³⁹.

From a societal perspective, the technology dividend refers to the positive impact of technological progress on social development. From an

³⁸ Mortensen, D. T. (1986). Job search and labor market analysis. *Handbook of labor economics*, 2, 849-919.

³⁹ Ayres, C. E. (1953). The role of technology in economic theory. *The American Economic Review*, 43(2), 279-287.

economic perspective, the technology dividend is the transformation and upgrading of the industrial structure brought about by a new technology through extensive technological innovation. It achieves a shift from labor-intensive production to capital-intensive production, leading to economic growth for industries and nations, particularly realizing sustainable growth in quality and efficiency. At present, the impact of digital technology's dividend is no less significant than the technological revolution during the First Industrial Revolution. It changes traditional production and sales models, promotes the transformation of the first and second industries to the third industry, and brings new momentum to the field of production.

Several foreign scholars have analyzed the technology dividend from different perspectives of trade development. Jonathan (2000) argue that reducing trade costs can increase the technology dividend⁴⁰. Bonfatti and Ghatak (2013) analyze the impact of trade liberalization on the technology dividend for developing and developed countries. They suggest that trade constraints can lead to an increase in the technology dividend, regardless of a country's level of development⁴¹.

Domestic scholars started researching the technology dividend relatively late, but more and more scholars have been studying it. Hu Huang (2006) analyzes the impact mechanism of technological progress on overall employment benefits, capital-labor substitution, and employment totals⁴². Zhang Xhaoshu (2017) examines the influence of the technology dividend on market structure and organizational forms from the perspectives of spatial patterns and time structures⁴³.

Not only is the academic community increasingly interested in the

⁴⁰ Jonathan, D. (2000). Corporate transformation without a crisis. *The Mc Kinsey Quarterly*, 4, 116-128.

⁴¹ Bonfatti, R., & Ghatak, M. (2013). Trade and the allocation of talent with capital market imperfections. *Journal of International Economics*, 89(1), 187-201.

⁴² Hu, H. (2006). The effect of human capital on economic growth: an empirical analysis based on the sampling panel causality test method. *Educational Research*, (10), 48-56.

⁴³ Zhang, X., & Jiao, Y. (2017). China's Digital Economy Development Index and Its Application: A Preliminary Exploration. *Zhejiang Social Sciences*, 2017(04), 32-40.

technology dividend, but the Chinese government also attaches growing importance to the impact of technological development. Currently, the government aims to further develop digital technology and hopes to leverage the dividends brought about by rapid digital technology development to stimulate product and production line innovations. This, in turn, will promote the transformation and upgrading of traditional industries, address overcapacity, and seize opportunities in the era of Industry 4.0.

1.2.4 Technology Innovation Theory

The application of technologies such as steam engine technology, power generation technology, radio technology, internet technology, and digital technology has profoundly transformed the economy and society. Many economists attach great importance to the role of technology in economic development. Over a hundred years ago, Joseph Schumpeter (1912) first proposed the "innovation theory": innovation involves introducing new factors and conditions of production into a new production system, establishing a new production function, and mainly includes innovations in products, technology, markets, resources, and management⁴⁴. Product innovation can be a completely new product, a new quality of a product, or new features of a product; technological innovation represents a new method of production or a new way of handling products; market innovation means opening up a new market; resource innovation can involve using existing but previously unused resources in a particular area or creating new resources; and management innovation means achieving a new organizational form.

Schumpeter proposed two types of innovation models. The first innovation model, referred to as Innovation Model I, was put forward in

⁴⁴ Schumpeter, J. (1912). The economic theory of development.

1912⁴⁵. Its formation mechanism is that firms engage in innovative activities through scientific inventions, obtain new technologies and methods for production activities, and produce new products. These new products will creatively disrupt the production of existing products, ultimately leading to changes in market structure, resulting in profits and losses for firms. Entrepreneurs then consider issues related to the second innovation. In 1947, Schumpeter proposed another type of innovation model, mainly emphasizing the role of monopoly enterprises. He believed that innovation is mainly executed by large or dominant firms, which hold a monopoly position in the innovation and production equipment, and their intrinsic strength enables them to organize the disruptive effects of innovation on economic progress to some extent. Large firms treat research and development as part of their daily work, and the success of technological innovation creates a positive incentive for them to focus on research and development. The characteristic of Innovation Model II is that it considers technology to originate from innovation departments within firms, and successful technological innovation allows firms to obtain excess monopoly profits.

As the "innovation theory" of Schumpeter developed, new classical economists represented by R. Solow (1956)⁴⁶ further studied this theory. They introduced the element of "technology" into economic models and began to emphasize the role of "technological innovation" in the economy. Solow incorporated "technological progress" into the production function of the new classical school of economic theory and proposed a new economic growth model. In China, many scholars have also studied the role of technological innovation. Zhang et al.(1998)⁴⁷ believed that the

⁴⁵ Schumpeter, J. (1912). The economic theory of development.

⁴⁶ Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // The Quarterly Journal of Economics, 70 (1), 65—94.

⁴⁷ Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. Macroeconomic Research, 1998(5), 13-16.

fundamental cause of economic fluctuations is technological innovation. He used Schumpeter's two-stage model of ascent and decline to analyze the impact of technological innovation on the economy. Entrepreneurial pursuit of innovation activities, such as new products, new processes, new markets, and new organizations resulting from new technology, brings them profits, but soon other competitors join in, leading to inflation and credit expansion, forming an upward phase in the economy. Subsequently, an inevitable downward phase occurs, where innovation-induced competition causes costs to rise, product prices to decline, and the demand for credit to gradually shrink. Zhang et al. (1998) explored the methodological approaches to quantitative research on technological innovation⁴⁸. Technological aspects can be incorporated into the production function for analysis, or the input-output method can be used to measure technological innovation.

1.2.5 Enterprise Digital Transformation

Levey and Merry (1986) equate enterprise transformation with a thorough and comprehensive organizational transformation⁴⁹. They believe that enterprise transformation involves restructuring in terms of organizational structure and organizational strategy to form new operating and profit models with distinctive development characteristics. Compared to non-transformation or improper transformation, achieving transformation at a faster pace is more favorable for enterprises to adapt to new environmental changes (Virany, Tushman, Romanelli, 1992; Jonathan, 2000)^{50 51}. Rouse W. B. and Baba M. L. (2006) view enterprise transformation as a state where enterprises redeploy their human, financial,

⁴⁸ Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. *Macroeconomic Research*, 1998(5), 13-16.

⁴⁹ Levey, A., & Merry, U. (1986). *Organizational Transformation*. New York: Praeger.

⁵⁰ Virany, B., Tushman, M. L., & Romanelli, E. (1992). Executive succession and organization outcomes in turbulent environments: An organization learning approach. *Organization Science*, 3, 72-91.

⁵¹ Jonathan, D. (2000). Corporate transformation without a crisis. *The Mc Kinsey Quarterly*, 4, 116-128.

and material resources to cope with future environmental uncertainties and risks⁵². Teece (2015) sees enterprise transformation as a reform of business management operations in line with economic development⁵³.

Many academics in this country have interpreted the transformation of businesses based on how they think Chinese businesses have changed over time. According to Wang, Feng, and Li (2006)⁵⁴, enterprise transformation is a strategic decision-making process that is proactive, marked by high risk, and characterized by a long-term vision. According to Suo Jian, Li Xianjun, and Mao Jianmei (2014)⁵⁵, SMEs can establish new growth points to boost their chances of survival and development by making use of prospective possibilities and engaging in innovation activities. According to Sun Weidong (2019)⁵⁶, the process of enterprise transformation may involve the innovation of business models based on the peculiarities of the enterprises' business operations and the requirements of their respective industries. In addition to delving into the meaning behind the term "enterprise transformation," academics all over the world are focusing their attention on the processes and strategies that can lead to its realization. According to Martin Bell, Michael Albu, and Gary Gereffi (1999)^{57 58}, organizations must have the flexibility to adapt to the external environment and utilize their core capabilities in order to establish brands in order to undergo enterprise transformation. In addition,

⁵² Rouse, W. B., & Baba, M. L. (2006). Enterprise transformation. *Communications of the ACM*, 49(7), 66-72.

⁵³ Teece, D. (2015). *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*. Oxford University Press.

⁵⁴ Wang, J. F., Feng, J., & Li, H. L. (2006). Research on the connotation of enterprise transformation. *Statistics and Decision*, 2006(02), 153-157.

⁵⁵ Suo, J., Li, X. J., & Mao, J. M. (2014). Innovation-driven: The theoretical logic and path design of transformation in Chinese SMEs. *Economic Management*, 36(09), 55-66.

⁵⁶ Sun, W. D. (2019). Research on the innovation and transformation and upgrading path of SMEs in industrial clusters - Based on the perspective of collaborative innovation. *Contemporary Economic Management*, 41(06), 24-29.

⁵⁷ Martin Bell, & Michael Albu. (1999). Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries. *World Development*, 27(9), 1715-1734.

⁵⁸ Gary Gereffi. (1999). International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chains. *Journal of International Economics*, 48, 37-70.

successful transformation is associated with favorable financial policies and public services offered by the government, both of which encourage the growth of businesses (Silvia Ardagna, 2006; Cai, Chen, , 2015)^{59 60}.

There are diverse routes to transformation that can be taken by various kinds of businesses because of the dissimilar characteristics and trajectories of their development. Researchers whose primary attention is on the topic of SME transformation provide strategies for promoting SME transformation, some of which include boosting investment in research and development, exploiting technical innovations, and building innovative ecosystems. In addition, SMEs can accomplish transformation by optimizing their industrial structures to increase their competitive advantage and promote transformation based on industry and industrial chain transitions. These objectives can be accomplished through transformation. Transformation models are categorized as "individual transformation," "collective transformation," "industry internal transformation," and "regional internal transformation" for SMEs in manufacturing that are facing challenges in the context of supply-side structural reform by scholars. They argue that SMEs ought to align themselves with the ongoing reform context and undertake transformations in the following seven directions: "innovation, specialization, integration, sharing, networking, internationalization, and green." According to the research of Chang Rong (2017)⁶¹ and Xu Huizhen (2019)⁶², a number of academics believe that businesses can achieve transformation in emerging fields by entering into new business ventures, engaging in strategic mergers

⁵⁹ Silvia Ardagna. (2006). Fiscal policy in unionized labor markets. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(5).

⁶⁰ Cai, T., & Chen, Q. (2015). Research on the Efficiency of Labor Market "Worker-Job" Matching: Evidence from Provincial Panel Data for 1996-2011. *Journal of Xi'an Finance and Economics University*, 28(3), 107-112.

⁶¹ Chang, R. (2017). Exploring Transformation Strategies in Emerging Markets. *Journal of Global Business Perspectives*, 18(3), 112-128.

⁶² Xu, H. (2019). Strategic Approaches to Business Transformation: An Analysis of Emerging Markets. *International Journal of Management Studies*, 42(2), 75-91.

with other emerging businesses, and adopting new business models in order to satisfy the requirements of economic development. On the other hand, there are a very small number of studies that concentrate on the development status and transformation trajectories of SMEs in developing fields. These researchers believe that SMEs can improve their strategic awareness of service-oriented transformation by adopting innovative thinking, altering leadership styles, and restructuring industrial chains, hence encouraging SMEs' transformation (Ren Dawei, 2008; Lin Pingfan, 2016)^{63 64}. They indicate that SMEs can do this through reorganizing industrial chains. The growth of the information technology sector is positively correlated with the expansion of the digital economy. On the basis of previous study on enterprise transformation, academics from both the United States and other countries have conducted additional research on enterprise digital transformation in order to facilitate the incorporation of enterprises with digitalization.

When discussing enterprise digital transformation, international academics frequently use phrases such as "digitization" and "digitalization," whereas domestic academics frequently correlate it with notions such as "internet transformation" and "internet+". The majority of the attention paid to study in this field is concentrated on two different areas. To begin, academics study the core of what is meant by "enterprise digital transformation" and investigate the changes that result from this transition. Both Gemini (2011)⁶⁵ and Berman (2012)⁶⁶, two academics from other countries, feel that digital transformation enables businesses to make use

⁶³ Ren, D. (2008). Strategic Awareness in SMEs: A Guide to Service-Oriented Transformation. *Journal of Business Innovation*, 15(3), 45-62.

⁶⁴ Lin, P. (2016). Leadership Styles and Industrial Restructuring in Small and Medium Enterprises. *International Journal of Organizational Change*, 22(1), 112-128.

⁶⁵ Gemini, A. (2011). Digital Transformation: Leveraging Modern Technologies for Business Development. *International Journal of Digital Innovation*, 24(4), 211-227

⁶⁶ Berman, L. (2012). The Impact of Digital Transformation on Organizational Reforms and Digital Competitiveness. *Journal of Global Technology Management*, 15(2), 89-104.

of modern digital technologies, which in turn enables them to develop digital products and efficiently reorganize operational models. It also pushes organizational reforms in businesses so that they can adapt to the growth of the digital economy. These reforms ultimately result in the development of digital business models, which in turn leads to an improvement in digital competitiveness. Rogers (2016), on the other hand, contends that digital technologies have little impact on the digital transformation of enterprises and that the digital strategy of the organization is the only factor that really matters in this regard⁶⁷. Scholars in China investigate the essence of enterprise digital transformation in light of the actual growth of China's digital economy. They emphasize that this means firms should be data-driven and that it involves innovation-driven and features of new economic forms.

The implementation of digital transformation in businesses can result in improved integration of economies of scale and scope, a shift away from old forms of profit generation, and enhanced quality in company growth. According to Chen et al. (2021)⁶⁸, digital transformation enables businesses to improve the effectiveness of essential processes like product demand forecasting and supply chain management, as well as to optimize operational systems, restructure organizational structures, and improve business processes in order to generate more business value. The second thing that academics do is classify businesses according to certain criteria so that they may examine the resources and capabilities that are required for successful digital transformation in an organization. This is done based on the features of the business itself. According to Christopher (2000)'s

⁶⁷ Rogers, L. D. (2016) *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing, Columbia University Press.
<https://doi.org/10.7312/roge17544>

⁶⁸ Chen, M. G., & Zhou, Y. R. (2021). Impact of digitization on labor costs of enterprises. *China Population Science*, (4).

theory⁶⁹, businesses can accomplish digital transformation by internally integrating certain resources with digital technology and then reorganizing those resources as core competences. Other academics stress the significance of employing resources from outside the organization in order to accomplish digital transformation. Wang Shubai and Zhang Yong (2019) classify the digital transformation of enterprises into three stages and create the digital transformation path for international trade enterprises based on the nature and characteristics of the transformation at each level. These findings can be found in Wang and Zhang's paper⁷⁰. Wang Hua (2018) conducts in-depth research on digital transformation in the oil and gas industry⁷¹. He emphasizes the need to drive transformation in six aspects, including leadership, comprehensive experiential services, human resources integration, operational model reforms, business model changes, and the application of information collection. This research was published in 2018. According to the research conducted by Li Jun, Qiu Junjiang, and Cheng Yu (2019)⁷², the usage of information technology, particularly the internet, to its maximum potential in order to accomplish comprehensive integration of business processes is hypothesized to be the most important factor in the digital transformation of industrial enterprises. They emphasize the building of information sharing platforms in order to promote the comprehensive integrated development of small and medium enterprise groups.

Utilizing multiple regression analysis, Ren Lihai's 2019 study delves into the impact of digital transformation on brick-and-mortar retail

⁶⁹ Christopher, A. P. *Equilibrium Unemployment Theory*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press, 2000.

⁷⁰ Wang, S., & Zhang, Y. (2019). Advancements in Corporate Digital Transformation: A Three-Stage Categorization. *International Journal of Business and Technology*, 15(2), 231-249.

⁷¹ Wang, H. (2018). Catalyzing Digital Transformation in the Oil and Gas Sector: A Holistic Approach. *Journal of Energy Innovation and Strategy*, 29(4), 301-320.

⁷² Li, J., Qiu, J., & Cheng, Y. (2019). Leveraging Information Technology for Comprehensive Integration: A Key Factor in Digital Transformation of Industrial Enterprises. *Journal of Information Technology Integration*, 32(3), 145-162.

companies, revealing that both internal mechanisms and external societal responsibilities positively influence the branding of retail businesses. Cha (2015) and Besson and Rowe (2012) examine the digital evolution within SMEs, advocating for an IT-led transformation that prioritizes the digitization of human resources and organizational competencies^{73 74}. This, they argue, would bolster SMEs' capacity to manage digital changes and collaborative endeavors. Despite these insights, a significant barrier for SMEs is their limited ability to develop proprietary digital infrastructures due to developmental constraints, necessitating reliance on external digital service platforms to streamline their digital overhaul.

Other scholars draw parallels between digital transformation and nascent sectors like the internet, advising companies to adopt internet-centric thinking to leverage their strengths and adapt their internal management and product marketing strategies accordingly. This could involve embracing internet technologies to transition into O2O (Online-to-Offline) e-commerce models, devising platform-based strategies, and fostering a mindset attuned to the strategic shifts required in the digital economy.

1.3 Literature Review

1.3.1 The Impact of Digital Technology

The Impact of Digital Technology. The foundation and starting point of digital transformation is digital technology, which holds substantial strategic value. Digital technology also supports and drives digital transformation. As a result, a significant number of academics characterise digital transformation from the point of view of the evolution of digital

⁷³ Cha, Y. (2015). Navigating the Digital Landscape: A Study of Digital Evolution in SMEs. *Journal of Small Business Technology*, 8(3), 145-162.

⁷⁴ Besson, J., & Rowe, C. (2012). Strategic Transformation through Digital Evolution: A Case Study of SMEs. *International Journal of Business Innovation and Research*, 4(2), 185-202.

technology. On the other hand, the academic community does not have a single consensus on how to define digital technology. Tapscott (1996) was the first person to suggest using the term "digital technology," and he also made the accurate prediction that it will have a significant impact on the expansion of the economy⁷⁵. Carlsson (2004) considers the process of digitising information and the convergence of the internet to be a type of technology that opens up many new doors of opportunity⁷⁶. He refers to this phenomenon as the "new economy." According to Piccinini et al. (2015), digital technology is a collection of information, computer, communication, and internet technologies. Examples of digital technology include mobile terminals, cloud computing, and social media⁷⁷. According to Xing et al. (2019)⁷⁸, digital technology is considered to comprise three different levels of technology: the hardware level, the software level, and the network level, which includes cloud computing and big data. Digital technology is defined by Qiu et al. (2021)⁷⁹, who hold a similar position, as a technology that uses communication equipment, such as computers, to process, compute, and send information using two-digit coding. This definition is identical to the one given above. In addition to this, they consider it to be an accumulation of several other kinds of cutting-edge technology.

A tendency towards decoupling as well as disintermediation⁸⁰ is exhibited by digital technology, as stated by Autio et al. (2018)⁸¹. When

⁷⁵ Tapscott, D. (1996). Digital Technology and its Impact on Economic Expansion. *Journal of Technological Trends*, 19(4), 215-230.

⁷⁶ Carlsson, M. (2004). The New Economy: Digitising Information and Convergence of the Internet. *Journal of Economic Perspectives*, 27(3), 45-58.

⁷⁷ Piccinini, G., et al. (2015). Understanding Digital Technology: A Comprehensive Overview. *Journal of Information Technology*, 12(2), 105-122.

⁷⁸ Xing, L., et al. (2019). Digital Technology: Exploring Hardware, Software, and Network Levels. *International Journal of Advanced Technology*, 5(1), 33-48.

⁷⁹ Qiu, Y., et al. (2021). Digital Technology: Processing, Computing, and Sending Information through Communication Equipment. *Journal of Emerging Technologies*, 8(4), 175-190.

⁸⁰ Approx. the author. Disintermediation is the elimination of intermediaries.

⁸¹ Autio, J., et al. (2018). Decoupling and Disintermediation Trends in Digital Technology. *Journal of Innovation Management*, 15(1), 67-82.

companies employ digital technology to aid in production, this indicates that the companies are not overly dependent on proprietary parts and middlemen in the value chain. They are able to do this as a result of the fact that this allows them to maximise the value of the production elements and magnify the functions that deliver value. The authors Henfridsson et al. (2014)⁸², Carmelo et al. (2023)⁸³, and Zhang (2019)⁸⁴ discuss how digital technology is embedded, open, dynamic, integrated, and self-growing. These features of digital technology make new product design more flexible and scalable, encourage innovation in product portfolios, and make it easier to provide personalised services. This, in turn, helps firms to develop competitive advantages based on their efficiency and agility. Chen et al. (2019) highlight the qualities of relevance, traceability, and socialising of digital technology from the angles of satisfying the wants of customers and boosting the efficacy of management decisions made by businesses⁸⁵. These characteristics are highlighted from the perspectives of satisfying the demands of consumers and enhancing the effectiveness of management decisions made by businesses. According to Yu et al. (2021), the capacities of memorability, communicability, and associativity are also included among the qualities of digital technology⁸⁶. In addition, Liu and Zhang (2021) point out that the rapid process of digital technology modularization is increasing the technology's usability, dissemination, and technical extensibility, all of which are improving⁸⁷. These findings are

⁸² Henfridsson, O., Mathiassen, L., & Svahn, F. (2014). Managing Technological Change in the Digital Age: The Role of Architectural Frames. *Journal of Information Technology*, 29(1), 27-43. <https://doi.org/10.1057/jit.2013.30>

⁸³ Cennamo, Carmelo, Giovanni Battista Dagnino, and Feng Zhu, eds. *Research Handbook on Digital Strategy*. Edward Elgar Publishing, 2023.

⁸⁴ Zhang, X. (2019). *Study on the Impact of Digital Technology Application on Industrial Labor Productivity*. [Master's thesis, Zhejiang Finance University].

⁸⁵ Chen, W. T., Han, F., & Zhang, G. F. (2019). E-commerce, enterprise R&D, and total factor productivity. *Nankai Economic Research*, (5).

⁸⁶ Yu, L., et al. (2021). Exploring the Capacities of Digital Technology: Memorability, Communicability, and Associativity. *International Journal of Communication Technology*, 7(2), 88-105.

⁸⁷ Liu, Y. M., & Zhang, Y. M. (2021). Labor quality and labor productivity in private enterprises: A Marxist perspective. *World Economy*, (1).

supported by previous research. When it comes to the measurement methodologies for the level of deployment of enterprise digital technology, there are essentially two different approaches to choose from. The first way to evaluate the degree to which a corporation makes use of digital technology is to determine what portion of the entire value of the organization's intangible assets can be attributed to digitally-related holdings. The total amount of an organization's intangible assets can be used in a second method for determining the extent to which digital technology is being applied within the business. This tactic is implemented, for example, in the research that was carried out by He and Liu (2019)⁸⁸, which explores the impact that digital transformation has on the entire performance of physical enterprises and how it might be improved. The alternate tactic is making use of text mining techniques as well as the technology that is behind Python crawlers in order to determine the frequency with which terms linked with the implementation of digital technology appear in the annual reports of the organization.

For example, Python technology is used to retrieve and calculate the frequency of keywords taken from the annual reports of listed firms based on a specified keyword library. They do this by comparing the frequency of the keywords to a predetermined keyword library. They then characterize the degree of enterprise digital technology application by using the logarithm of the sum of the obtained word frequencies plus one. Additionally, they investigate the relationship between digital transformation and capital market performance, as well as the relationship between digital technology application and dual innovation in enterprises. According to the findings of previous studies, the implementation of digital technology will result in a number of advantageous outcomes, including

⁸⁸ He, F., & Liu, H. X. (2019). Performance evaluation of entity enterprise digital transformation from the perspective of digital economy. *Reform*, (4).

the following: to begin, it helps businesses become more efficient in terms of their inputs and outputs. Digital technology eliminates the "data silos" that exist within businesses, increases the effectiveness of information exchange and processing, makes scientific decision-making easier, leads to more efficient production management, lowers market transaction costs for businesses, improves resource allocation efficiency, and strengthens supply chain management capabilities, all of which lead to an improvement in value creation performance (Li et al., 2014; Huang et al., 2019)^{89 90}. Digital technology's extensive data computing and information processing skills help to the achievement of more refined, adaptable, and personalized intelligent manufacturing for businesses at the production level.

Additionally, it shortens the production cycle, decreases the scale of labor, and decreases the rate of defective goods, thereby generating cost savings and efficiency gains (Liu et al., 2021)⁹¹. Wang et al. (2020)⁹² also demonstrated that by applying digital information technology to various aspects of internal production management and operations, businesses receive technical support for intelligent manufacturing, marketing, and production. This, in turn, effectively coordinates various production factors and improves total factor productivity. These findings were presented in the context of a business receiving such support. Second, it improves an organization's ability to respond to changes in the market and adapt to new circumstances.

According to Singh and Hess (2017), widespread adoption of digital technology enables businesses to better detect and react to shifting market

⁸⁹ Li, H., Huang, Q., Qi, Y., Liu, S., et al. (2014). Impact of digital technology on enterprise performance. *Journal of Management Studies*, 11(4), 371-392.

⁹⁰ Huang, Q., Yang, L., et al. (2019). Digital transformation and firm efficiency: Evidence from manufacturing sector. *Structural Change & Economic Dynamics*, 14(4), 427-448.

⁹¹ Liu, S. C., Yan, J. C., Zhang, S. X., et al. (2021). Can enterprise management digital transformation improve input-output efficiency? *Management World*, (5).

⁹² Wang, H., Feng, J., Zhang, H. and Li, X. (2020). The effect of digital transformation strategy on performance: The moderating role of cognitive conflict", *International Journal of Conflict Management*, 31 (3), 441-462, <https://doi.org/10.1108/IJCMA-09-2019-0166>

conditions in terms of both speed and sensitivity⁹³. According to Hansen and Sia's research (2015)⁹⁴, employing digital technology to collect information about customer feedback and communicate with customers in real time enables businesses to more effectively meet the requirements of their customers. The findings of the study carried out by Li et al. (2015) also suggested that the implementation of big data considerably increased the effectiveness and decision-making capacities of businesses in the analysis of information relevant to decision-making, particularly with regard to the management of decisions in environments that are both complex and dynamic⁹⁵.

Third, it helps to rectify the imbalance of information that exists between the various market actors. The widespread adoption of digital technology mitigates the negative effects of information asymmetry, boosts the likelihood of satisfying positive market expectations, and introduces fresh momentum for the advancement of business effectiveness. According to Liu et al. (2001), digital transformation significantly improves an organization's capacity to encode data into standardized and structured information⁹⁶. This effectively reduces information asymmetry between different departments within an enterprise as well as with external market entities, which in turn improves the evaluation of the company by external stakeholders (Sun & Hou, 2019)⁹⁷. Both Hinings et al. (2018) and Xiao et al. (2021) are of the opinion that the high generality and penetration of digital technology thoroughly reconfigure the information disclosure

⁹³ Singh, A., & Hess, T. (2017). Enhancing Market Sensing: The Impact of Widespread Adoption of Digital Technology. *Journal of Business Innovation*, 22(4), 301-318.

⁹⁴ Hansen, M., & Sia, S. K. (2015). Real-Time Customer Communication: Leveraging Digital Technology for Effective Customer Relationship Management. *International Journal of Marketing Technology*, 5(1), 45-62.

⁹⁵ Li, H., Huang, Q., Qi, Y., Liu, S., (2015). Impact of digital technology on enterprise performance. *Journal of Management Studies*, 11(4), 371-392.

⁹⁶ Liu, Z. (2001). The Causes and Enlightenment of the Development of the Digital Economy in the United States. *Science & Technology Information Development & Economy*, 2001(04), 72-74.

⁹⁷ Sun, Z., & Hou, Y. (2019). How Industrial Intelligence Reshapes the Employment Structure. *China Industrial Economics*, 2019(5), 61-79.

system of organizations⁹⁸. This results in a significant decrease in the amount of information asymmetry that exists both internally and externally.

1.3.2 Literatures Related to Labor Productivity

(1) Meaning and Early Research of Labor Productivity

Prior to the Second World War, the representation of labor productivity was that of productivity, which assessed the output of labor over a specific amount of time. However, these measurements only considered the productivity of a single element or location, so they did not accurately portray overall production efficiency. Later on, Adam Smith (2009) expanded the idea of labor productivity beyond the agricultural sector and pointed out that the increase in labor productivity supported by the division of labor was the primary source of quick and sustained development in national income⁹⁹. He also argued that the increase in labor productivity fostered by the division of labor was a direct result of the division of labor. When the Cobb-Douglas production function first appeared in the 20th century, it signaled a transition away from earlier methods of study on productivity that had been primarily qualitative toward quantitative approaches. Gong and Cao (2014) held the opinion that labor productivity is not just a straightforward one-level idea but rather a complex system made of numerous levels¹⁰⁰. The concept of labor productivity can be broken down into several subcategories, according to various behavioral entities. These subcategories include society productivity, sector productivity, and individual productivity. Each of these subcategories has its own unique manifestations and meanings, and the

⁹⁸ Xiao, H. J., Yang, Z., & Liu, M. Y. (2021). Social responsibility of enterprise digitization: An examination of the dual pathways. *Economic Management*, (11).

⁹⁹ Adam Smith. *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. (D. L. Guo & Y. N. Wang, Trans.). Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 2009.

¹⁰⁰ Gong, X. H., & Cao, Y. X. (2014). Deepening of capital and the increase of labor productivity in the manufacturing sector: Perspective of wage increase and government investment. *Economic Review*, 2014(3).

specific choice should be made based on the actual scenario.

Researchers from both the United States and other countries have conducted studies and analyses on the following aspects of worker productivity: (1) The connection between labor productivity and the number of available jobs. There are a variety of perspectives held by academics regarding the connection between labor productivity and employment. Eriksson (1997)¹⁰¹, Beaudry and Collard (2002)¹⁰², and Yuan Xiaoneng (2016) are just a few of the academics who have argued that an increase in social labor productivity will result in a decrease in the employment rate¹⁰³. This would indicate that there is a substitution effect between the two. Other academics are of the opinion that an increase in the social employment rate is indicative of a compensation effect, and they are of the same opinion (Christopher, 2000; Nordhaus, 2005)¹⁰⁴. They consider this to be the case since they share a common view. There are also academics who believe that the relationship between the two is not static and is in fact always shifting (Aghion and Peter, 1998; Paul, 2005; Wang Zhong, 2011)^{105 106 107}. These academics claim that the connection between the two is fluid. (2) The connection between the level of labor productivity and the composition of the industry. Only a few studies have delved into the relationship between industrial labor productivity and structural changes (Durate and Restuccia, 2010; Herrendorf and Valentinyi,

¹⁰¹ Eriksson, C. Is there a trade-off between employment and growth? *Oxford Economic Papers*, 1997(49), 77-88.

¹⁰² Beaudry, P., & Collard, F. Why has the employment-productivity trade-off among industrialized countries been so strong? *Social Science Electronic Publishing*, 2002, 8754, 1-41.

¹⁰³ Yuan Xiaoneng. *Global Service Value Chain and Development Strategy of Modern Service Industry in China*. Beijing: Economic Science Press, 2016.

¹⁰⁴ Nordhaus, W. *The Sources of the Productivity Rebound and the Manufacturing Employment Puzzle*. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2005.

¹⁰⁵ Aghion, P., & Peter, H. *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: MIT Press, 1998.

¹⁰⁶ Paul, C. Has the Trade-off between Productivity Gains and Job Growth Disappeared? *Kyklos*, 2005, 58(1), 45-64.

¹⁰⁷ Wang Zhong(2011). Study on the Substitution Relationship between Labor Productivity Growth and Employment Growth. *Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences*,(05), 59-65.

2012)^{108 109}, but there is a body of literature that investigates the connection between industrial labor productivity and structural shifts. The majority of researchers who participate in the research process only consider agriculture and non-agriculture as two large sectors. The second type of literature focuses primarily on the study of the relationship between labor productivity and the reassignment of labor in various sectors in China (Dekle and Vandenbroucke, 2011; Kang and Birchenall, 2013)^{110 111}. These researchers note that the reallocation of capital between state-owned and non-state-owned sectors is an essential factor in the labor productivity.

(2) Manufacturing Labor Productivity

Stigler (1947) was the first person to compute the manufacturing industry's total factor productivity¹¹². According to Gruber and Walker (1993)¹¹³, the degree of technological sophistication in industrial production and the degree of specialization in production technology are the two elements that determine whether or not there is an increase in the labor productivity of manufacturers. Data envelopment analysis (DEA) and other reasonably extensive methodologies are typically utilized by international researchers when studying and analyzing manufacturing labor productivity. The majority of the time, these researchers prefer to investigate manufacturing labor productivity from the perspective of subdivision industries. For instance, Beso P. E. and Husted S. (1989) used stochastic frontier analysis to explore the manufacturing labor productivity

¹⁰⁸ Durate, M., & Restuccia, D. The Role of the Structural Transformation in Aggregate Productivity. *Quarterly Journal of Economics*, 2010, 125(1), 129-173.

¹⁰⁹ Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? *Journal of the European Economic Association*, 10(2), 323-341.

¹¹⁰ Dekle, R., & Vandenbroucke, G. A Quantitative Analysis of China's Structural Transformation. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2011, 36(1), 119-135.

¹¹¹ Kang, H. C., & Birchenall, J. A. Agricultural Productivity, Structural Change, and Economic Growth in Post-Reform China. *Journal of Development Economics*, 2013, 104(1), 165-180.

¹¹² Stigler, G. J. *Trends in Output and Employment*. New York: National Bureau of Economic Research, 1947.

¹¹³ Gruber, G., & Walker, G. *Growth of the Service Sector: Reasons and Impacts*. Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 1993.

of various states in the United States from 1959 to 1972 and assessed the results¹¹⁴. This research was carried out in the period of time covered by the study, which was from 1959 to 1972. Some academics restrict their research to one or a few specific industries, such as Bessonova E. V. (2020)¹¹⁵, who investigated the contribution of SMEs to the growth of labor productivity based on micro and macro data and considered the necessary conditions for accelerating labor productivity growth in Russia. Research conducted by Hintzmann C (2021) investigated the impact that investments in a variety of intangible asset categories, including economic ability, inventive property, and computer information, had on the increase of manufacturing worker productivity in 18 European countries between the years 1995 and 2017¹¹⁶. By doing an empirical analysis of the CI survey between the years 2002 and 2010, Woltjer G. (2021) was able to differentiate between the expansion effect of innovation and the labor productivity effect¹¹⁷. Research conducted by Asiedu M. (2021) on the relationship between 529 manufacturing enterprises in the Democratic Republic of the Congo¹¹⁸, innovation activities, and labor productivity found that external funding is the most important source of funds for innovation activities in manufacturing companies in the Democratic Republic of the Congo. The research also found that innovation activities in manufacturing companies in the Democratic Republic of the Congo increased labor productivity.

¹¹⁴ Beso, P. E., & Husted, S. Patterns and Determinants of Productive Efficiency in State Manufacturing. *Journal of Regional Science*, 1989, 29(1), 15-28.

¹¹⁵ Bessonova, E. V., Morozov, A. G., Tuedyeva, N. A., et al. Opportunities for Accelerating Labor Productivity Growth: The Role of Small and Medium Enterprises. *Voprosy Ekonomiki* Issue, 2020(3), 98-114.

¹¹⁶ Hintzmann, Carolina & Lladós-Masllorens, Josep & Ramos, Raul. (2016). Intangible assets and labour productivity growth. *IN3 Working Paper Series*. 15. 10.7238/in3wps.v0i0.2711

¹¹⁷ Woltjer, G., Galen, M., & Logatcheva, K. Industrial Innovation, Labor Productivity, Sales, and Employment. *International Journal of the Economics of Business*, 2021, 28(1), 89-113.

¹¹⁸ Asiedu, M., Mousa, D. S., Sabrina, S. J., et al. Analysis of Working Capital Sources on Firm Innovation and Labor Productivity among Manufacturing Firms in DR Congo. *Journal of Financial Risk Management*, 2021, 10(02), 200-223.

In China, one of the most pressing and pressing problems that has to be solved is how to fast encourage the development of small and medium-sized manufacturing firms. In their 2017 analysis, Yang Xiaomei and colleagues selected segmented data from the manufacturing sector. Their findings indicated that wage growth and capital intensification, spurred by governmental investments, exert divergent impacts on labor productivity within China's manufacturing realm¹¹⁹. The increase in wages was linked to a notable rise in labor productivity, whereas capital intensification appeared to hinder its enhancement. These factors were deemed to have a substantial influence on the labor productivity in the manufacturing sector of China.

Jin Chunyu and Cheng Hao, in their 2015 study, explored the dynamics between manufacturing concentration and labor productivity, suggesting that the congestion effect of industrial clustering could dampen productivity in manufacturing¹²⁰. Conversely, they found that a denser employment landscape could facilitate productivity improvements. Concurrently, they observed that an uptick in the productivity of manufacturing workers could fuel further industrial clustering.

Wu Juncheng, in 2016, employed the Cobb-Douglas production function to compute the annual single-factor productivity of China's manufacturing sector¹²¹. His findings pointed to a gradual growth pattern in labor productivity, with stability across various industries and regions. Wang Jiating and colleagues, in 2019, delved into the evolution of growth drivers in manufacturing, examining the factors behind labor productivity enhancements across different provinces and sectors. Utilizing kernel

¹¹⁹ Yang Xiaomei, & Tan Renyou. The Impact of Capital Deepening and Market Selection on China's Manufacturing Labor Productivity. *South China Economy*, 2017(07), 51-69.

¹²⁰ Jin Chunyu, & Cheng Hao. Research on the Interactive Relationship between Spatial Agglomeration of Manufacturing and Manufacturing Labor Productivity in China. *Economic Crosscurrents*, 2015(03), 83-87.

¹²¹ Wu Juncheng. Research on the Growth of China's Manufacturing Productivity. Master's Thesis, South-Central University for Nationalities, 2016.

density estimation, they detected a "U-shaped" relationship between innovation capacity and labor productivity¹²².

Lu Fucui and Xu Yuanbin, in their 2019 work, posited that the Internet could amplify labor productivity by diminishing production expenses and bolstering innovation competencies¹²³. In 2021, Cao Min analyzed panel data from 27 key cities in the Yangtze River Delta spanning 2008 to 2017¹²⁴. By constructing a fixed-effects model and incorporating theoretical factors, Cao investigated the "U-shaped" impact of specialized service agglomeration on manufacturing labor productivity, taking into account economies of scale and technological spillovers. This research was carried out in order to investigate the "U"-shaped effect of professional agglomeration in productive services on manufacturing labor productivity. The authors Huang Cancan et al. (2020) studied 27 different manufacturing sub-industries and empirically demonstrated that the professionalization of the manufacturing service industry will increase with the improvement of market transaction efficiency and the deepening of industry division of labor, both of which have a positive impact on service industry specialization¹²⁵. In addition, the authors found that the improvement of market transaction efficiency will lead to an increase in the professionalization of the manufacturing service industry. At the same time, the improvement of manufacturing labor productivity is affected by the level of labor technical specialization as well as the continual growth of industrial production scale; nevertheless, the overall R&D expenditure has

¹²² Wang Jiating, Li Yanxu, Ma Hongfu, et al. Transformation of Growth Momentum in China's Manufacturing Industry: Capital-Driven or Technology-Driven? *China Industrial Economics*, 2019(5), 99-117.

¹²³ Lu Fucui, & Xu Yuanbin. Research on the Impact of the Internet on Manufacturing Labor Productivity. *Industrial Economic Research*, 2019(4), 1-11.

¹²⁴ Cao Min. Impact of Productive Service Industry Agglomeration on Manufacturing Labor Productivity: Analysis Based on Panel Data of Core Cities in the Yangtze River Delta. Master's Thesis, Shanghai Academy of Social Sciences, 2021.

¹²⁵ Huang C., Zhou J., Chen W., Development of Producer Service Industry Specialization and Manufacturing Labor Productivity. *Journal of Hubei Institute of Economics*, 2020, 5(3), 62-72.

not played a substantial role in the development of this improvement. Not only does this increase the competitiveness of businesses in society, but it also helps the socialist system surpass capitalism, which serves as the economic foundation of a country and industry. Lenin first proposed the idea of "raising productivity" for the primary purpose of cautioning the people to continuously improve labor productivity¹²⁶. He also promoted continuous improvement in labor productivity. For there to be progress made in terms of manufacturing quality, there must first be progress made in terms of increasing worker productivity.

(3) Factors affecting labor productivity

In the numerous literatures studying labor productivity, factors influencing labor productivity can be categorized into the following: industrial structure and global industrial division of labor, capital deepening, education and human capital, market allocation of resources effectiveness, innovation and technological progress, urban scale, environment, etc. This article mainly focuses on the research results regarding the relationship between industrial structure, export structure, capital deepening, education and human capital, and labor productivity.

Industrial Structure and Labor Productivity: The process of industrial upgrading, defined as the reallocation of production factors from sectors with lower productivity to those with higher productivity, is generally seen as beneficial for economic growth. Yet, the perspective known as "Baumol's cost disease" posits that labor tends to migrate from dynamic to static sectors, which could lead to a reduction in aggregate productivity¹²⁷. Post-1990, the shift in industrial structure in African and Latin American countries, particularly those dependent on natural resource exports, saw a regression with labor transitioning from more productive to

¹²⁶ Lenin V.I. Complete works. Vol. 39. p.21.

¹²⁷ Baumol, W. J. (1967). Performing arts: The permanent crisis. *Business Horizons*, 10(3), 47-50.

less productive sectors, causing a dip in labor productivity. An analysis of labor productivity growth, utilizing data from 39 countries across 24 industries provided by the United Nations Industrial Development Organization from 1973 to 1990, indicated that the shift towards service industries generally impacted labor productivity negatively. However, nations that concentrated on developing their electronics sectors saw accelerated growth in labor productivity. Research into Russia's labor productivity from 1995 to 2012 suggested that the influence of structural shifts waned over time, even as the rate of labor productivity growth climbed. Robinson and colleagues examined China's economic expansion from 1978 to 1995 and concluded that the industrial structural shift positively influenced economic growth by channeling resources from less productive to more productive sectors. Conversely, Li and associates, studying China's labor and total factor productivity from 1979 to 2005, did not observe a significant "structural dividend" from the three phases of industrial restructuring. More recent analyses post-2010 indicate that China's economy may be undergoing "structural deceleration," with the industrial shift towards services—a sector with comparatively lagging productivity—implicated in the persistent economic slowdown since 2011. This "structural deceleration" is attributed to the service sector's relative underperformance and lower productivity compared to the industrial sector. Lu and colleagues also contend that structural deceleration is an expected outcome given the backdrop of a declining or negative labor force growth, reduced capital investment, and a fall in factor output elasticity.

Export Structure and Labor Productivity: Developing nations engage in the global division of labor, capitalizing on the "latecomer advantage" to absorb technology from advanced economies and spur rapid growth in labor productivity. Kates' comparison of labor productivity growth between Latin American countries and the United States from 1970 to 1996

revealed that Latin American countries' shift towards industries with raw material and labor-intensive comparative advantages helped bridge the productivity gap with the United States in those sectors, while the gap in other sectors continued to expand. Sun and colleagues argue that participation in the international division of labor for products enhances labor productivity by leveraging comparative advantages, scale economies, technological advancements and spillovers, as well as organizational innovation within firms and industries¹²⁸. Tang's investigation into China's role in the global division of labor from 2000 to 2006 found that engagement in the international vertical division of labor positively influenced labor productivity, notably in high-tech sectors and among less productive companies¹²⁹.

Capital Deepening and Labor Productivity. Capital deepening refers to the continuous increase in per capita capital, and according to the Solow growth model, when the economy is on the balanced growth path, per capita capital remains stable. For developing countries, high savings rates and an outward-oriented development strategy indicate the sustainability of capital deepening. Scholars decomposed the labor productivity growth from 1987 to 2005 in China and found that savings were the main reason for the continuous labor productivity growth during this period, which was related to China's continuous deepening of capital accumulation during the process of opening up. Similarly, Mao et al. also believed that capital deepening contributed the most to the labor productivity of cities at the prefecture level and above from 1995 to 2010, although this impact was slowly decreasing¹³⁰. Li also believed that capital accumulation and

¹²⁸ Sun, F., & Zhang, Z. (2017). The Current Dilemma and Way Out for the Development of China's Real Economy. China Party and Government Officials Forum, 2017(7).

¹²⁹ Tang, D. (2014). Vertical specialization and labor productivity: a study from a globalization perspective. *World Economy*, (11), 25-52. (In Chinese)

¹³⁰ Mao, F., & Pan, J. (2012). Capital deepening, industrial structure, and urban labor productivity in China. *China Industrial Economics*, (10), 32-44. (In Chinese)

deepening were important reasons for the continuous growth of agriculture in China since the reform and opening up¹³¹.

Human Capital and Labor Productivity. In the endogenous growth theory, knowledge and human capital play a crucial role in improving total factor productivity, thereby affecting long-term economic growth. In empirical studies, most scholars use education and human capital as proxy variables and confirm the promotion effect of improving human capital on labor productivity. Fischer et al. used observational data from NUTS-2 regions of the European Union and found that the relative improvement of human capital in the region indeed had a promoting effect on regional labor productivity¹³². Rangazas' study on long-term labor productivity in the United States from 1870 to 1970 showed that education quantity and quality could explain 30%-40% of the labor productivity growth in the United States. Other research has also shown a positive effect of human capital on labor productivity¹³³.

In the existing research on China's labor productivity, most scholars analyze labor productivity growth from the perspective of capital deepening and factor structural transformation, and a few studies examine the influence of capital deepening and education and human capital. The former overlooks the contribution of education expansion during China's economic development, while the latter fails to consider the dynamic changes of structural factors. Moreover, when studying the impact of education and human capital on labor productivity, most scholars only consider education quantity while neglecting education quality. Although Zhang et al. estimated the impact of education quality, the data used in their

¹³¹ Li, X. (2017). Market Distortion, Resource Mismatch, and China's Total Factor Productivity. [Doctoral dissertation, Zhejiang University].

¹³² Fischer, M. M., Bartkowaka, M., Riedl, A., et al. (2009). The impact of human capital on regional labor productivity in Europe. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 2, 97-108.

¹³³ Rangazas, P. (2002). The quantity and quality of schooling and U. S. labor productivity growth (1870-2000). *Review of Economic Dynamics*, 5(4), 932-964.

study were relatively old (1980-2005) and cannot reflect the effects of the expansion of higher education¹³⁴. Considering the existing literature, this article will examine the marginal impact and growth contribution of structural transformation, capital deepening, and education (both quantity and quality) on labor productivity.

1.3.3 Digitalization and labor productivity

Currently, there is a substantial body of research on labor productivity, with many scholars focusing on the impact of industrial structure and total factor productivity on a country's labor productivity. In comparison to total factor productivity studies, research on labor productivity pays more attention to labor force structure. Mainstream studies on structural transformation primarily focus on aspects such as technological progress, capital deepening, and preference for demand. Herrendorf and Valentinyi (2012) found that the employment shares of the three major industries have a significant impact on overall labor productivity across countries. Gai et al. (2013) explained the changes in China's labor productivity using labor market distortions. Scholars have also observed a slowdown in China's labor productivity growth accompanied by the rise in the proportion of the tertiary industry¹³⁵. Yang and Jiang (2015) attempted to demonstrate through a three-sector model that the slow growth of labor productivity in the tertiary industry, along with the increasing proportion of the service sector, has contributed to the deceleration of China's labor productivity growth¹³⁶. Guo and Wang (2019) discovered that infrastructure investment restrained the rise in the service

¹³⁴ Zhang, H., Yao, X., & Zhang, J. (2010). The impact of education quality on regional labor productivity. *Economic Research*, (7), 57-67. (In Chinese)

¹³⁵ Gai, Y., Yang, R., & Yang, Z. (2013). Labor market distortions in China. *Journal of Comparative Economics*, 41(1), 75-92.

¹³⁶ Yang, T., & Jiang, X. (2015). Changes in Industrial Structure, Labor Market Distortions, and the Slowdown of China's Labor Productivity Growth. *Economic Theory and Economic Management*, 292(4), 57-67

sector's share but increased the pace of labor productivity growth¹³⁷.

Regarding the relationship between the digital economy and labor productivity, scholars hold different views. Labaye and Remes (2015)¹³⁸ argue that the rapid development of digital technologies and their widespread application in businesses, governments, and individuals will make significant contributions to future productivity growth. On the contrary, Bogoviz et al. (2018) found that the current digitalization processes have zero or negative effects on labor efficiency, attributing it to the incomplete transition from a post-industrial to a digital economy¹³⁹. Metlyakhin et al. (2020) used two sets of digital indicators to construct models for different periods (2011-2017 and 2006-2017) and found that digital factors had no significant impact on regional labor productivity in the short term, but most digital factors had a significant positive effect on labor productivity in the long term¹⁴⁰.

Within domestic research on the relationship between the digital economy and labor productivity, recent years have primarily focused on the internet's impact on manufacturing labor productivity. Wang (2016) theoretically analyzed the "Internet +" approach, which reduces transaction costs, transforms supply chains, and enhances human capital, and empirically demonstrated that "Internet +" significantly improves China's manufacturing labor productivity¹⁴¹. Lu and Xu (2019) empirically found that the internet promotes the increase in manufacturing labor productivity and provided a mechanism analysis showing that the internet boosts labor

¹³⁷ Guo, Y., & Wang, J. (2019). Infrastructure investment and the change in China's industrial structure. *China Economic Review*, 58, 101339.

¹³⁸ Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

¹³⁹ Bogoviz, A. V., Danilevich, A. S., & Kalinin, V. F. (2018). Digital transformation and growth of economic productivity: Digitalization or modernization of post-industrial processes? *Revista Espacios*, 39(3).

¹⁴⁰ Metlyakhin, A., Serebryakova, A., Shadrina, A., & Tsvetkova, A. (2020). Digitalization and labor productivity: Evidence from Russia. *Problems of Economic Transition*, 63(7), 441-464.

¹⁴¹ Wang, J. (2016), "Internet plus and labor productivity: an empirical study based on China manufacturing industry", *Finance and Economics*, No. 11, pp. 91-98.

productivity by reducing production costs and fostering innovation¹⁴².

This study leverages established academic methodologies for quantifying the digital economy and broadens the scope of prior studies on the nexus between internet utilization and labor productivity, to conduct an empirical examination of the digital economy's effects on the productivity within the industrial sector. The intention is to broaden the scope of digital economy research to encompass the industrial domain, thereby offering a theoretical framework and empirical substantiation to bolster high-caliber industrial progression.

There are divergent views in academia regarding the relationship between technology and labor productivity. Some scholars, led by Robert Solow, analyzed specific data and concluded that technology did not enhance productivity but rather had a diminishing and continually diminishing effect on it. Some scholars explained this by stating that technology's development brought new goods, which would change the turnover rate of goods and ultimately underestimate productivity (Paul, 1999)¹⁴³. Others argue that merely purchasing or investing in digital technology would not increase productivity (Muhanna et al., 2010)¹⁴⁴.

However, some scholars maintain a positive attitude, believing that digital technology promotes economic growth (Gambardella et al., 1998)¹⁴⁵. Digital technology positively impacts the economy by organizing and coordinating information technology resources and other resources (Bharadwaj, 1998)¹⁴⁶. As the demographic dividend gradually disappears,

¹⁴² Lu Fucui, & Xu Yuanbin. Research on the Impact of the Internet on Manufacturing Labor Productivity. *Industrial Economic Research*, 2019(4), 1-11.

¹⁴³ Paul, T. (1999). Does information technology enhance productivity? Federal Reserve Bank of New York, 6(11).

¹⁴⁴ Muhanna, W. A., & Stoel, M. D. (2010). Does IT pay to build organizational capabilities? A study of IT-Intensive firms. *MIS Quarterly*, 34(1), 85-102.

¹⁴⁵ Gambardella, A., Giuri, P., & Luzzi, A. (1998). The market for patents in Europe. *Research Policy*, 27(9), 961-976.

¹⁴⁶ Bharadwaj, A. S. (1998). A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 22(1), 169-196.

many countries experience a decline in productivity, especially in developed countries. Digital technology has become a "panacea" for stimulating economic growth in various countries. In the production process, digital technology efficiently coordinates multiple production stages, reduces costs, and improves the efficiency of goods production and distribution (Zhu et al., 2017)¹⁴⁷. In transaction processes, digital technology reduces communication and even logistics costs, bringing people closer together and facilitating convenient cross-regional trade (Zhong et al., 2017)¹⁴⁸. In terms of employment, digital technology's development creates new industries and job opportunities, increasing employment and driving labor productivity growth (Labaye and Remes, 2015)¹⁴⁹. The differing views on the relationship between technology and labor productivity mainly stem from the temporal and spatial differences in technology's impact on productivity. Different stages and economic regions have different mechanisms through which technology influences labor productivity.

The direct impact mechanism of digital technology on labor productivity lies in simplifying production processes, optimizing organizational structures, and lowering costs. In the manufacturing sector, digital technology facilitates the generation of data services before and after production. Before production, technologies like big data enable real-time and accurate monitoring of market trends, while after production, they help understand product performance through after-sales services. This meets market demands, reduces the production of goods that do not meet market needs, avoids resource waste, and speeds up product circulation and

¹⁴⁷ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹⁴⁸ Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.

¹⁴⁹ Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.

reproduction, thus increasing labor productivity (Zhu et al., 2017)¹⁵⁰. Furthermore, digital technology improves collaboration and organizational efficiency during the production process, consequently raising labor productivity. For instance, efficient information flow through digital technology enhances coordination and collaboration among stages, reducing unnecessary time wastage and improving the productivity of existing production factors (Deichmann et al., 2016)¹⁵¹. Digital technology can also directly enhance technological processes, improve total factor productivity (Zhong et al., 2017)¹⁵². After production, digital technology can replace manual quality inspections with information processing systems, reducing labor input and increasing labor productivity. Scholars also believe that digital technology can shorten production equipment's operating time based on production demands, reducing ineffective labor and enhancing labor productivity (Bartel et al., 2007)¹⁵³. Moreover, digital technology lowers transaction costs, breaks geographic barriers in trade, and transforms traditional international trade (Dai et al., 2016)¹⁵⁴. The investment effect of digital technology on labor productivity primarily refers to technological progress promoting rapid capital accumulation and increasing capital intensity (Gordon, 2001)¹⁵⁵. With the development of the digital economy, data becomes a new production factor that positively impacts the refinement of labor specialization, promoting economic growth. Therefore, data should be included in growth accounting

¹⁵⁰ Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.

¹⁵¹ Deichmann, J. I., Eklöf, M., & Lönnbark, C. (2016). Technology spillover and labor productivity. *Economics Letters*, 145, 75-78.

¹⁵² Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.

¹⁵³ Bartel, A. P., Ichniowski, C., & Shaw, K. (2007). How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement, and worker skills. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1721-1758.

¹⁵⁴ Dai, W., Heshmati, A., & Causa, O. (2016). Explaining changes in female labor force participation in a global perspective. *IZA Journal of Labor & Development*, 5(1), 1-30.

¹⁵⁵ Gordon, R. J. (2001). Has the "new economy" rendered the productivity slowdown obsolete? *Economic Policy Review*, 7(1), 21-29.

frameworks (Yang, 2018)¹⁵⁶. Currently, data has been officially defined as data capital, referring to information and data based on modern information networks and various types of databases as essential carriers, fully digitized, and produced through information and communication technologies (Xu et al., 2020)¹⁵⁷. As a carrier network, with increasing data processing experience, data processing speed becomes faster. Coupled with the continuous generation of data capital, data volume increases exponentially, accelerating capital accumulation. In production, digital technology's intelligence can improve labor productivity, increase capital return rates, and boost capital accumulation (Chen et al., 2019)¹⁵⁸. However, data itself cannot improve labor productivity; the dissemination and circulation of data are crucial. Thus, the capital accumulation caused by digital technology is also reflected in traditional capital, such as digital infrastructure, computer equipment, electronic chips.

The diffusion of digital technology into labor resource management is characterized by the integration of foundational infrastructures with advanced technologies such as big data, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence (AI), which revolutionize conventional modes of production and daily living (Gonzalez et al., 2017; Jing et al., 2019; Xu et al., 2019)¹⁵⁹¹⁶⁰. Thus, digital technology merges established technological merits with unique attributes that affect the efficiency of labor resource distribution.

Divergent outcomes in the existing body of research examining the

¹⁵⁶ Yang, J. (2018). Including data capital in growth accounting. *Economic Research Journal*, 53(9), 134-147.

¹⁵⁷ Xu, S. K., Zheng, X. Y., & Yang, R. D. (2020). Work experience of state-owned enterprises, entrepreneur talent, and enterprise growth. *China Industrial Economics*, (1).

¹⁵⁸ Chen, G., Li, M., & Liu, J. (2019). Data capital and labor productivity. *China Economic Quarterly*, 18(2), 529-552.

¹⁵⁹ Jing, R., Sun, B., & Sun, L. (2019). Research on the relationship between big data and labor productivity. *Journal of Systems Science and Information*, 7(5), 69-80.

¹⁶⁰ Xu, S., Li, X., Liu, C., & Wang, T. (2019). Evaluation of digital economy's impact on regional labor productivity in China. *Management Science*, 32(4), 25-33.

interplay between digital technology and labor productivity can be attributed to variances in sample selections and analytical methodologies. Contemporary studies have predominantly concentrated on the roles of employment and labor division as intermediate variables. However, a pivotal aspect of digital technology—its potential to lower transactional and educational expenditures—stands out as a catalyst for augmenting the efficiency of resource distribution, a topic not extensively investigated in prior studies. This paper, therefore, explores the nexus between digital technology and labor productivity through this lens and employs empirical techniques to substantiate the mediating influence of labor resource allocation efficiency.

In summary, based on a comprehensive review of relevant literature, this study first explores the impact of digital technology on labor productivity. Next, it constructs a digital technology index. Lastly, this research analyzes the mechanisms between digital technology and labor productivity from the perspective of labor resource allocation efficiency and investigates the relationship between the two empirically using specific methods.

1.3.4 Digital transformation of SMEs

Digital transformation encapsulates the shift in business value creation through the adoption of contemporary technologies and modes of communication. As defined by Baidu Baike, it represents an advanced stage of change that builds upon the foundations of digitization and digitalization, delving into the fundamental operations of a company to forge innovative business models. It entails the cultivation of digital technologies and the requisite competencies to foster a vibrant, digital-centric business paradigm. In essence, the concept of digital transformation can be distilled into the mantra of being 'customer-focused, data-oriented,

and integrative of internal and external resources,' which succinctly conveys its fundamental nature and offers guidance for enterprises embarking on this journey. Thus, digital transformation is about leveraging digital tools to initiate transformative actions, including the alteration of business frameworks, organizational constructs, and corporate ethos, positioning it as a vital conduit for bolstering manufacturing competitiveness and a key vector for business innovation and transformation.

(1) The current status of digital transformation in SMEs

SMEs stand as a cornerstone in the advancement of China's economy and societal progression, playing a pivotal role in the establishment of a contemporary economic framework and the pursuit of superior economic growth. The digital evolution of enterprises is a fundamental aspect of China's strategy to foster a robust digital economy. However, in contrast to their larger counterparts, SMEs often grapple with the digital shift, constrained by their limited resources and capabilities, necessitating innovative solutions to these impediments. According to the "Analysis Report on Digital Transformation of SMEs (2021)" by the China Electronics Technology Standardization Institute, a significant 79% of SMEs are in the nascent stages of digital adoption, 12% are actively applying these practices, and a mere 9% have achieved advanced integration. This data underscores the challenges and sluggish pace of digital adoption among smaller businesses. The underlying causes are multifaceted: some businesses harbor misconceptions about digital transformation, deterring their willingness to adapt; others acknowledge its inevitability yet remain hesitant to commit. A number of SMEs entertain the notion of digitization and aspire to evolve, yet they falter at the execution phase due to a lack of comprehensive understanding and strategic planning, often deterred by the perceived risk of investment and

financial constraints.

(2) Common problems faced by SMEs in digital transformation

A comprehensive analysis shows that SMEs generally face the following problems in digital transformation:

Lack of funds, focusing on specific areas and neglecting the overall picture. Digital transformation is a complex systemic project that requires significant resources in equipment renovation, system operation and maintenance, and human resources. These require substantial upfront investments and impose considerable cash flow requirements on enterprises. Due to limited funds and weak trial-and-error capabilities, the cost of digital transformation is the most significant obstacle for SMEs. Because of limited funds, some SMEs tend to focus only on specific issues in digital transformation and plan for digitalization using the mindset of the information age. This approach results in tackling issues in isolation and neglects the overall planning and consideration of digitalization for the entire enterprise, leading to misconceptions about digitalization.

Lack of talent and weak foundation. Most SMEs have a weak foundation in digitalization, especially for digital transformation, which requires more multi-talented individuals with both technical and managerial expertise. Talent development is challenging for SMEs, and this is a common pain point. From the perspective of SMEs themselves, their attractiveness to talents is insufficient, making it difficult to recruit highly skilled digital talent. These factors are constraints for SMEs in digital transformation.

Data security emerges as a paramount issue for SMEs undergoing digital transformation. The shift towards a data-centric approach means that traditional assets transition into digital form, encompassing a spectrum of operational data such as procurement, R&D, production, and sales. The safeguarding of these digital assets, alongside the protection of sensitive

information and trade secrets, is a critical challenge in the digitalization of SMEs.

Moreover, a lack of awareness and defined objectives can hinder the digital transformation process. SMEs should not solely focus on the immediate financial gains of cost savings and enhanced efficiency. A holistic assessment of digital transformation's value, considering its potential to boost revenues, cut expenses, elevate quality, hasten delivery, improve customer satisfaction and loyalty, and broaden brand reach, is crucial. Without this recognition, SMEs may lack the impetus to change. The absence of clear digital transformation objectives can lead to disarray in its execution, causing some businesses to adopt digital measures without a thorough understanding of their implications or advantages. Digital transformation demands strategic planning and execution for an enterprise's sustained growth and survival. However, relegating this task to the IT department as a mere upgrade of information systems can stray from its strategic importance, often resulting in outcomes that fall short of expectations.

1.3.5 Digital transformation of listed companies

Leading enterprises publicly traded on stock markets are pivotal to the national economy and serve as a catalyst for China's economic progression. Analyzing the digital evolution of these enterprises and their engagement with the digital economy is crucial for comprehending the current state and trajectory of China's digital economic development. The Information and Digitalization Special Committee of the China Listed Companies Association recently convened, during which the "China Listed Companies Digital Economy White Paper" (2022)¹⁶¹ was unveiled. This document, drawing from a robust and systematic framework for evaluating

¹⁶¹ <https://www.sohu.com/a/723186397121717447>

the digital economy within these corporations, highlights the policy backdrop, capital market dynamics, and the digital transformation progress of listed companies in the era of the digital economy. The digital economy is typically viewed through two lenses: the industrialization of digital and the digitization of industries. The former encompasses the production of digital goods (like computers, electronic parts, communication devices, etc.), services related to digital products, industries applying digital technologies, and sectors driven by digital components. The latter pertains to sectors that leverage digital technology to enhance efficiency, such as public administration, manufacturing, logistics, and retail sectors.

Among the listed companies, 1,058 are in the field of digital industrialization, with electronic components and equipment manufacturing accounting for 34%, 357 companies; information technology services accounting for 14%, 151 companies; and software development accounting for 12%, 128 companies. The remaining categories are all below 10%.

There are 3,626 companies in the field of industrial digitization, with smart manufacturing accounting for the highest proportion at 67%, 2,443 companies; digital commerce accounting for 7%, 243 companies; and other sectors, including digital finance, smart transportation, smart agriculture, digital society, and smart logistics, accounting for 18%, 642 companies.

In terms of regional distribution, companies in the field of digital industrialization are mainly located in five provinces and cities: Guangdong, Beijing, Jiangsu, Zhejiang, and Shanghai, accounting for 71.8% of the total. Companies in the field of industrial digitization are mainly distributed in six provinces and cities: Zhejiang, Guangdong, Jiangsu, Shanghai, Beijing, and Shandong, accounting for 61.5%.

In addition, reasons for companies not implementing digital transformation include insignificance to the company's business (45%), not

knowing how to carry out digital transformation (27%), too low cost-benefit ratio for digital transformation investment (11%), and other reasons (17%). In terms of industry penetration rates, the financial and banking industry has the highest penetration rate of 100%; the penetration rate for digital industrialization in computers is 94%; the penetration rate for textiles and clothing is 93%; and the penetration rates for transportation, manufacturing, and home appliances are 88% each.

The reasons for not implementing digital transformation

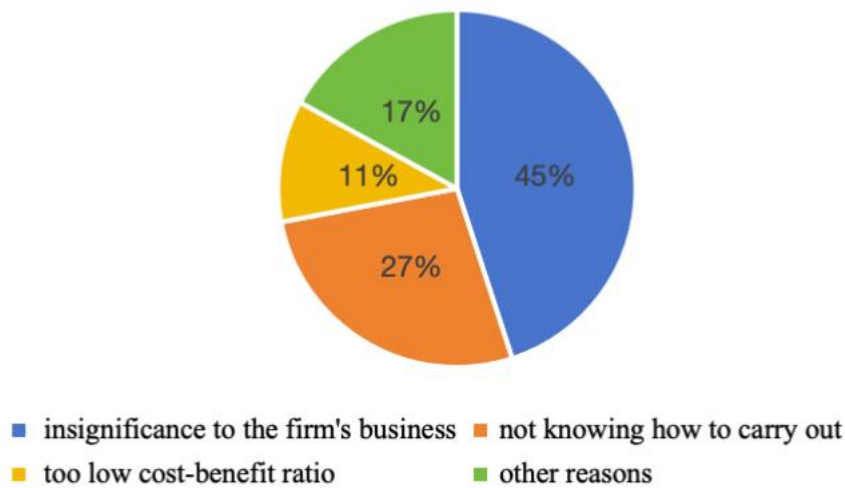


Figure 1.1 The reasons for firms not implementing digital transformation¹⁶²

Regarding the stage of digital transformation, 49.27% are in the preliminary stage of results, 41.82% are in the exploratory pilot stage, 8.73% have a relatively mature transformation, and 0.18% have completed the transformation. From the perspective of promotion momentum, 53% of enterprises believe that business is the main driving force, 24.07% consider the market as the main driving force, 13.47% see technology as the main driving force, 5.89% believe that policies are the main driving force, and

¹⁶² Data is from China Listed Companies Digital Economy White Paper" (2022) , developed by the author.

other factors account for 3.54%. Thus, business development and market competition are the key influencing factors for enterprises to promote digitalization. In terms of absolute investment amounts, petroleum and petrochemicals have the highest investment of 56.6 billion, non-ferrous metals have 35.7 billion, and the construction industry has 31 billion. In the next three years, 32 companies plan to make significant investments, with private enterprises accounting for 6.2% and local state-owned enterprises accounting for 9.4%. In terms of the direction of digital transformation, 85% of companies will invest in digitalization to accelerate the digitization of the industrial chain, followed by 43.44% for regulatory digitization, and 18.01% for financial aspects such as bank certificates. In terms of the approach to achieving digital transformation, the majority of companies adopt a combination of independent exploration and third-party vendor customization, accounting for 71.8%. Among them, 23.8% also purchase from third-party vendors, 0.7% acquire technology-leading digital companies, and 3.6% choose other options. Furthermore, the issues that listed companies are most concerned about during the process of digital transformation include technology, cost, and data, accounting for 50.8%; 32.2% are related to efficiency and benefits, and 17.0% are business-related. In terms of the benefits brought about by digital transformation, 49.09% of companies believe that the most significant benefit is the promotion of existing business development, while 26% and 22% of companies believe that establishing new development models and creating greater benefits are the most significant benefits of digital transformation. Additionally, digital transformation has also brought some companies benefits such as meeting national policy requirements and strengthening differentiated competitiveness. From a risk perspective, 47.81% of companies believe that the biggest risk lies in the high cost of investment, and 31.31% of companies believe that the lack of a clear

strategic direction is the biggest risk.

Regarding the difficulties and challenges encountered in the process of promoting digital transformation, talent issues are the most significant challenges for all listed companies. This is followed by funding issues, and the internal ideas and cognition of digital transformation within the company are also important challenges that hinder digital transformation. The long period required for digital transformation is also an essential reason why some companies are unwilling to transform.

Among the 550 listed companies that have already promoted digital transformation, talent, business, and technology are the most critical difficulties. Of these, 313 companies also mentioned policy requirements. Among them, 33.5% have policy support demands in terms of finance and funding, 15% have policy support demands in terms of technology and science and technology, and approximately 20% of companies have certain policy support demands in terms of talent exchange and learning.

1.3.6 Analysis of the Impact Mechanism of Digital Technology on Labor Productivity

Digital technology has developed relatively late, and related theories are not yet well-established. However, from the essence of digital technology, it is a type of technology. Technological economics believes that technology and the economy mutually promote and constrain each other, and technological progress in promoting economic development is also constrained by economic conditions. Many studies have shown that technology does not necessarily directly impact labor productivity but rather acts through influencing the firm or industry level. In the study of the application of digital technology and labor productivity, it is believed that digital technology affects labor productivity by influencing the development of various technologies in the production and management

processes. However, whether this impact is positive or negative has not formed a unified view. On the one hand, most people agree that the advent of digital technology can greatly enhance production efficiency. On the other hand, in many studies, researchers have found that the application of digital technology does not necessarily lead to an increase in productivity. This paper attempts to analyze the mechanism by which digital technology affects labor productivity from the perspectives of the firm level and industry level, in order to explore the relationship between the application of digital technology and labor productivity.

Since the First Industrial Revolution, technology has always been a key factor influencing economic development. Although digital technology started relatively late, its impact on the economy is no less significant than the appearance of steam engines and electricity. According to the "Innovation Theory," the rapid development of digital technology will inevitably bring about various technological innovations, and the most obvious technological innovations in the industrial sector are production technology and management technology.

Looking at the entire production process, firstly, the internet and information communication technology, as the most basic technologies of digital technology, have overcome the separation of production machinery and production data in traditional production processes, enabling timely feedback of data information during production, accelerating information exchange in various production stages. Next, big data processing technology filters, sorts, and denoises the collected complex data, establishes corresponding databases for further analysis, including real-time analysis of product production resource utilization, production quality, and production machine conditions, etc. Finally, cloud computing, artificial intelligence, and the Internet of Things integrate, analyze, and simulate problems that occur in the production process through intelligent

computing methods, solving situations that arise during production and optimizing production systems. Through the division of labor among various basic technologies, digital technology integrates all possible data, which, through analysis and processing by the computer backend, can achieve the maximum utilization of production factors, reduce defect rates (even achieving zero defects), and continuously analyze the entire production line, automatically inspecting and switching adjustments to ensure the stable operation of the production line, ultimately achieving efficient production. In short, digital technology improves production processes, enhances production equipment performance, efficiency, and automation, efficiently producing high-quality, high-performance, and high-value-added products, thus promoting the improvement of labor productivity. In addition to production technology innovation, digital technology can also improve the management technology of industrial enterprises. From the perspective of enterprise management processes, digital technology enhances the operational efficiency of enterprises by realizing the digitalization of enterprise management systems through technological innovation, thereby enhancing labor productivity. Here, technological innovation refers not only to the technological innovation required by the enterprise management equipment triggered by digital technology but also includes the digital management technology brought about by digitalization thinking. Digital management technology transforms discrete and chaotic information into quantifiable digital information, fully utilizing digital technology such as the Internet and big data and related equipment to effectively manage management objectives. Enterprises digitize management elements such as data, knowledge, and information, utilizing quantitative management techniques to transform enterprise management indicators into digital information and strengthen connections between various departments through digital platforms, thus

optimizing the entire business process and adjusting organizational structures. After digital management, those single and repetitive tasks within the enterprise will be eliminated, and labor productivity in internal management departments will be greatly improved. Furthermore, digital management also plays a role in improving production efficiency. For example, frontline employees in contact with customers can analyze customer needs and product usage information more efficiently and accurately through big data processing technology. At the same time, the collected data is promptly fed back to the design department, which puts all the data into the data system for analysis. Using 3D technology, artificial intelligence, and other technologies, the design department flexibly designs products with higher demand and quality, providing a guarantee for improving the production efficiency of the production department. The innovation of digital management technology not only improves the labor productivity of internal management departments by improving business processes but also indirectly promotes the improvement of labor productivity of production departments by promoting efficient work in other departments from the supply and demand sides.

In summary, digital technology brings about technological innovation, and technological innovation enhances labor productivity in both production and internal management departments.

Digital Technology, Industry Structure, and Industrial Labor Productivity

The Impact of Digital Technology on Industry Structure. Digital technology affects the industry structure from both the supply and demand perspectives. From the supply perspective, the application of digital technology promotes economic growth and leads to changes in the industry structure. Firstly, digital technology alters existing technological processes and introduces new ones to various fields, which, by improving the efficiency of production factors, drives the upgrading of low- and medium-

end industries to high-end industries. At the same time, the emergence of new processes requires the entire industry's equipment to be re-equipped, improving the proportion of different asset allocations and thus promoting the transformation and upgrading of the industry structure. During this process, some products or production processes may give rise to new production sectors, often resulting in positive impacts on the industry structure. Secondly, the advent of digital technology leads to changes in human capital. Digital technology demands higher human capital, forcing practitioners and even the general public to enhance their skills to adapt to the new production methods. The continuous improvement of human capital affects both the quantity and quality of productivity, and the labor force structure influences the industry structure. Moreover, the technical spillover of highly skilled workers increases the productivity of low-tech industries, thereby promoting the advanced development of the industry structure.

Finally, based on the research of Li Dan (2010), in the national economic system, each industry sector has its upstream and downstream related sectors, and it is influenced by these related sectors. Meanwhile, changes in the technology of an industry sector also affect its upstream and downstream related sectors. The rapid expansion of digital technology in various production areas is bound to affect its related industry sectors, transmitting and diffusing between them, prompting them to achieve technological breakthroughs, and leading to the expansion and contraction of industries.

Consumption is the endpoint of production as viewed through the lens of demand, and demand can influence the price of any good or service. A product's worth is diminished if it is not acknowledged by the general public. The application of digital technology has a significant impact on the raw materials, production methods, and finished products of daily

necessities, such as food range, clothing materials, housing materials, construction processes, as well as the emergence of autonomous vehicles, drones, and other means of transportation. This impact can be thought of as having an impact on the material life. Because of this, there have been significant shifts in the structure of people's final demand, which has, in turn, caused the structure of the industry to shift in a commensurate manner. People's interest in digital technology has been stoked on a deeper level as a result of the profound effect that digital technology has had on the world's economy and society. The decision on the part of an increasing number of people to study digital technology-related equipment and acquire digital technology-related technical skills also contributes to changes in the industry structure. In addition, the implementation of digital technology raises the level of trade openness, and the framework of international trade is strongly influenced by the progression of technology, which also has an effect on the framework of industries. Products that are exported into foreign markets need to have a high level of competitiveness, and only products with a high value-added component can have this level of competitiveness. As a result of the demand for products with high value-added content from international markets, businesses will relentlessly work to strengthen their capabilities, thereby driving the growth of the domestic industry structure towards greater levels.

The Influence of Sectoral Composition on Industrial Labor Productivity. It is widely acknowledged among scholars that shifts in industry composition play a pivotal role in influencing labor productivity, a key indicator of economic advancement. The concept of a "structural dividend" was first introduced by Timmer and Szirmai (2000)¹⁶³, suggesting that the migration of production factors from less productive to

¹⁶³ Timmer, M. P., & Szirmai, A. (2000). Productivity growth in Asian manufacturing: the structural bonus hypothesis examined. *Structural Change & Economic Dynamics*, 11(4), 371-392.

more productive sectors fosters productivity growth. Subsequent research by numerous scholars has corroborated this theory. Researchers such as Gan Chunhui and Zheng Ruogu (2011)¹⁶⁴ have noted that the impact of structural dividends on productivity exhibits stage-wise characteristics. This research builds upon the "structural dividend hypothesis" to further explore how industry composition affects industrial labor productivity levels.

Alterations in the industrial sector's composition, especially the reallocation of production elements from low to high marginal output sectors, can enhance industrial labor productivity. In a market economy, where resources are scarce, industries vie for these resources, and production factors are thus driven by profit maximization. This competition leads to the reallocation of production factors to sectors with higher marginal outputs, boosting the labor productivity of the industrial sector as a whole. It is important to note that such factor movements occur outside of economic equilibrium conditions. In equilibrium, the marginal outputs of production factors are equal across sectors, and there is no incentive for factors to shift, precluding any enhancement in output and labor productivity. Observing China's current industrial structure, it is evident that the economy is far from a state of general equilibrium. There are significant variances in the efficiency of different industries, and numerous factors influence the allocation of resources among industrial sectors. For example, varying levels of technology affect the marginal output of production factors across sectors, and labor market frictions influence resource distribution among industries. Additionally, government intervention may also play a role in the resource allocation process among different industrial categories.

¹⁶⁴ Gan Chunhui, Zheng Ruogu and Yu Dianfan. An Empirical Study on the Effects of Industrial Structure on Economic Growth and Fluctuations in China. *Economic Research Journal*, 2011(5): 4-16.

Nordhaus (2008) broke down the effects of labour productivity into three categories¹⁶⁵. The first component is known as the pure productivity effect, and it assesses the influence that higher labour productivity in a variety of sectors has had on the average labour productivity of the entire society, assuming that the output and input share ratios have remained the same. The Denison Effect is the second component, and it examines how the influence of redistributing components across other industries may be measured in terms of the level of labor productivity.

If the marginal output rate of production factors in a particular industry is greater than the marginal output rate of production factors in the entire industrial sector, then the influence of industrial structure changes brought about by the flow of production factors will have a relatively significant impact on the level of productivity achieved by laborers. In other words, when production components migrate to industries that have a higher marginal output than the total industrial sector's marginal output, the overall productivity of the industrial sector as a whole sees an improvement as a result of this movement of production factors. From the point of view of structural shifts, an increase in the share of industries that have a high marginal output of production components will encourage an increase in labor productivity in the industrial sector. This can be understood as an outcome of structural changes. In addition to this, the rate at which labour productivity in the industrial sector improves is proportional to the degree to which this structural shift is important.

The study presented above makes it possible to comprehend the connection that exists between digital technology, industrial structure, and the level of labor productivity. Alterations in technology have the potential to have an impact on the structure of the industrial sector, which in turn has

¹⁶⁵ Nordhaus, W. D. Baumol's Diseases: A Macroeconomic Perspective. *The B.E. Journal of Macroeconomics*, 2008, 8(1), 74-97.

the potential to have an impact on labor productivity via the flow of production components. In other words, technological advancements can result in shifts in the organizational structure of industries, which can have an effect on the amount of labor that is produced. It is possible for the implementation of digital technology to have an effect on the industrial structure from both the supply and demand points of view. It is generally accepted that the appearance of new technologies tends to have a beneficial impact on the industrial structure. As a result of China's relatively slow adoption of digital technology, which is only in its infancy at this point, it is initially thought that the application of digital technology has a positive impact on the industrial structure. This would cause production factors to flow towards industries with higher marginal output, which would then promote the improvement of labor productivity.

Combining the above analysis, from the supply perspective, the application of digital technology improves existing production processes and separates new production sectors in the new production processes, leading to rapid growth of new products and emerging industries, thereby driving the industrial structure towards higher levels and subsequently increasing labor productivity.

Additionally, different industries have varying capabilities to adopt digital technology, and the rate of growth in digital technology dividends varies across different sectors. Dominant industries that hold a core position in the industrial structure usually have the capability to invest in technology and rapidly absorb the fruits of technological innovation. These technological applications, in turn, drive the succession of dominant industries, constantly evolving and upgrading the industrial structure, thus enhancing labor productivity.

From the demand perspective, as consumer demands continue to grow, the expansion of demand coexists with limited resources. Therefore,

it is necessary to rely on digital technology to promote the improvement of the industrial structure and achieve intensive economic development. By making the output rate greater than the expansion rate of demand, it is possible to phase out enterprises or industries with lower marginal output, thereby enhancing the labor productivity of the entire industrial sector.

Furthermore, with increasing income, consumers' demand structure gradually moves towards higher levels, leading to the need for developing new products to gain market share. Meanwhile, the demand elasticity of existing products decreases, and production factors flow from the original production sectors to new sectors with higher demand elasticity. This flow stimulates adjustments among interconnected sectors within the industrial sector, leading to the upgrading of the industrial structure and ultimately increasing labor productivity.

CHAPTER 2: ANALYSIS OF THE CURRENT STATUS OF DIGITAL TECHNOLOGY AND LABOR PRODUCTIVITY

2.1 Factors, indicators and calculation methods

2.1.1 Factors Influencing Digital Technology

China is in the initial stage of digital technology development, and there is no perfect official calculation and statistics of the digital technology level of each province. Some institutions and scholars have made estimations of digital technology development levels. This study adopts a broad definition of digital technology, including two aspects: digital technology infrastructure and digital technology applications. Based on this definition, appropriate existing indicators for calculation were not found.

In this study, based on the analysis of the connotation of digital technology, three main indicators and eight specific indicators are established from the perspective of digital technology's influencing factors. Due to difficulties in obtaining application data in production aspects, the number of computers used per hundred people by major enterprises is used as a proxy for digital technology infrastructure, and it is not separately listed as an indicator at the production level. The reasons for selecting each indicator are as follows:

2.1.2 Digital technology infrastructure

The development of digital technology is based on the advancement of information technology. Without inventions such as computers that reduce computation costs and increase computation efficiency, the reflection and storage convenience of digital technology through bits cannot truly manifest. Thus, the development of digital technology lacks a

foundation. Infrastructure reflects the current human and equipment base of digital technology development, considered from both hardware and software facilities, involving two third-level indicators.

(1) Number of Computers Used per Hundred People in Enterprises

The number of computers used per hundred people can reflect that enterprises with a larger number of computers have a more advanced infrastructure for digital technology development. Employees have more opportunities to work with computers, experiencing the convenience brought by computers, which provides a solid foundation for the development of digital technology in various stages of production departments.

(2) Internet Penetration Rate

The development and application of digital technology in production and life are premised on possessing network facilities; otherwise, it can only be classified as information technology. The development and the effects brought about by digital technology are closely related to the possession of network facilities and the ability to share information. Lowering the social information barrier and reducing the cost of obtaining information are closely tied to sharing information via networks.

2.1.3 Digital technology input factors

In addition to infrastructure, labor input, capital input, and data input also affect the development of digital technology. This section involves three third-level indicators:

(1) Proportion of Research and Development Personnel in High-Tech Enterprises

Labor input is an important driving force for the development of digital technology. Considering that most enterprises related to digital technology belong to high-tech enterprises, the proportion of research and

development personnel in high-tech enterprises is selected to reflect the intensity of talent input for digital technology development. Regions with stronger talent input will have more high-skilled personnel and faster development of digital technology.

(2) Proportion of Research and Development Expenditure in High-Tech Enterprises

Capital is an essential aspect of production theory, and its input significantly affects national and regional economic growth. Consistent with the previous indicator, the proportion of research and development internal expenditure in high-tech enterprises is selected to reflect the intensity of financial input for digital economy development.

(3) Proportion of Top 100 Internet Companies by Region

With the development of digital technology, data has become an independent new production factor, which has significant impacts on economic development and production efficiency. Enterprises play a crucial role in data acquisition, especially internet companies. Therefore, this study uses the number of top 100 internet companies to assess the level of data input in each region. The more top 100 internet companies a region has, the higher the development environment and level of digital technology.

2.1.4 Digital technology application

A significant difference between the calculation of digital technology and traditional technology lies in that digital technology requires attention to its application level. A critical feature of digital technology development is information sharing, and without the application of technology, data information sharing cannot be achieved, making it difficult to sustain development. This section covers three third-level indicators from the perspectives of internet consumption, cultural

consumption, and mobile life:

(1) Express Business Revenue/GDP

Internet consumption requires the participation and cooperation of express delivery. In China, the proportion of express delivery in online shopping exceeds half, so the ratio of express business revenue to GDP is used to measure the application of digital technology in consumption.

(2) Proportion of Internet Cultural Units in the Country

The application of digital technology in cultural life is becoming more significant. Internet games, online music, and the rise of short video platforms like Douyin (TikTok) have become prominent in cultural life. This study uses the proportion of internet cultural units in the country to measure the level of digital technology application in cultural life.

(3) Penetration Rate of Mobile Phones (4G)

The penetration rate of mobile phones reflects the extent of mobile internet penetration in residents' lives. Since mobile phones are one of the primary carriers of digital technology application in life, incorporating this indicator provides a more comprehensive measurement of the level of digital technology development.

2.1.5 Determination of Weight and Comprehensive Evaluation Method for Digital Technology Index

Weight is a measure of the importance of a factor. The larger the weight, the more significant its importance relative to other factors in the overall assessment. Therefore, reasonable allocation of weights is often based on the importance of each indicator, with more influential indicators assigned higher weights.

There are two main methods for assigning weights: subjective weighting and objective weighting. Subjective weighting is based on experts' subjective perceptions of the indicators. Although this approach

may make the indicators appear more reasonable and aligned with actual conditions, it also introduces subjectivity. Moreover, due to the limited cognition of experts, any deviation in their perceptions can lead to corresponding errors in the indicators. On the other hand, objective weighting relies on data itself and is related to the information reserve within the data. It judges the impact of each indicator based on its variation within the dataset.

After determining the weights of each indicator, a comprehensive evaluation needs to be performed. Different comprehensive evaluation methods yield different analysis results. In a comprehensive evaluation system, constructing an indicator system is the most fundamental step. Firstly, the selected evaluation indicators should be relevant to the research subject. Secondly, the indicators must be quantifiable and not too few in number. Finally, the selected evaluation objects should be ranked based on the magnitude of the indicator values. Currently, major evaluation methods include TOPSIS, Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Comprehensive Evaluation, and others. Each method has its own advantages and disadvantages, and selecting the most suitable method depends on its alignment with the research content.

This study adopts the Entropy Weight and TOPSIS method for calculation and analysis. The Entropy Weight method falls under objective weighting and can handle a large number of indicators while ensuring that various indicators reflect their importance in the overall assessment to a considerable extent, thereby making the research results more objective and scientific. Utilizing TOPSIS for comprehensive evaluation is more reasonable than using the Entropy Weight method or TOPSIS method alone.

2.1.6 Steps for Calculating Digital Technology Index with Entropy Weight-TOPSIS Method

(1) Constructing the Raw Data Matrix

Assuming there are m cities as evaluation objects and n evaluation indicators, the raw data matrix $X = (x_{ij})_{m \times n}$ is as follows:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Where x_{ij} is the raw data of city i and index j .

(2) Standardization of raw data

Due to the different units of various indicators, there is a dimensional issue caused by the unit difference in the raw data. Therefore, it is necessary to standardize the raw data. Since some indicators may have negative values, different methods are used to handle positive and negative indicators:

Standardization of positive indicators.

$$x_{ij}^- = \frac{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Standardization of negative indicators.

$$x_{ij}^+ = \frac{x_{ij} - \max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}{\max(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

We collectively denote the standardized variables x_{ij}^- and x_{ij}^+ as x_{ij} .

(3) Entropy weight calculation method

Firstly, calculate the proportion of each indicator in different provinces, i.e., the weight of the j -th indicator for the i -th province.

$$T_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Where $\sum_{i=1}^n x_{ij}$ is the sum of attribute values for the j -th indicator across all evaluated provinces. Next, we calculate the entropy value for the

j-th indicator using the following formula:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m T_{ij} \ln (T_{ij}) \quad (5)$$

Where $k > 0, k = \frac{1}{\ln(m)}, e_j \geq 0$. Finally, we calculate the entropy weight w_j for the j-th indicator. There is a negative relationship between the differences in indicator values and the entropy value.

$$w_j = \frac{1-e_j}{n-E_e}, E_e = \sum_{j=1}^n e_j \quad (6)$$

Finally, the entropy weights obtained for each indicator are arranged to form a combination vector.

$$W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)^T \quad (7)$$

(4) Comprehensive evaluation using the TOPSIS method

Step one involves calculating the weighted standardized matrix. Firstly, the decision matrix is normalized, and the weights obtained from the entropy weight method are used. The two are multiplied together to obtain the final matrix.

$$V = \{v_{ij}\}_{m \times n} = \{w_{ij} \times x_{ij}\}_{m \times n} \quad (8)$$

Step two involves calculating the positive ideal solution and the negative ideal solution. The positive ideal solution is the set of all indicators with optimal values, while the negative ideal solution is the set of all indicators with the worst values.

$$A^+ = [\max_i v_{ij}], (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (9)$$

$$A^- = [\min_i v_{ij}], (j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (10)$$

Step three involves calculating the Euclidean distance of each province's digital technology index to the positive ideal solution and the negative ideal solution. S_i^+ represents the Euclidean distance to the positive ideal solution, while S_i^- represents the Euclidean distance to the negative ideal solution.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - A_j^+)^2}, (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (11)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - A_j^-)^2}, (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (12)$$

Step four involves calculating the relative closeness value C. The value of C for each province is calculated using the distance to the positive ideal solution and the distance to the negative ideal solution, based on the following formula:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \quad (13)$$

Step five is to obtain the data. The calculated value of C_i^+ indicates the level of digital technology. A larger C_i^+ value indicates a higher level of digital technology, while a smaller CR value indicates a lower level of digital technology.

2.2 Current Status of Digital Technology in Chinese industry

2.2.1 Data Description and Measurement Method

In this study, the entropy weight-TOPSIS method is employed to calculate the digital technology index for 29 provinces and cities in China from 2015 to 2019 (excluding Xinjiang and Tibet) based on three dimensions: infrastructure¹⁶⁶, input factors, and application technology, with a total of eight indicators¹⁶⁷. Data sources include the "China Labor Statistics Yearbook,"¹⁶⁸ "China Science and Technology Statistics Yearbook,"¹⁶⁹ "National Statistical Yearbook," "China High-tech Industry

¹⁶⁶ My data is only updated to 2019, because since 2020, China has been closed to a large area due to the COVID-19 epidemic, and its economic activities are in an abnormal state.

¹⁶⁷ Data sources include the "China Labor Statistics Yearbook," "China Science and Technology Statistics Yearbook," "National Statistical Yearbook," "China High-tech Industry Statistics Yearbook," and "China Cultural Relics and Tourism Statistics Yearbook."

¹⁶⁸ https://www.stats.gov.cn/zsk/snapshoot?reference=2af5e433078f04afa4dd276ccda961e4_414DB6EEFB3587595CC6557241DDAEFA&siteCode=tjzsk

¹⁶⁹ <https://www.sts.org.cn/Page/Main/Index>

Statistics Yearbook,"¹⁷⁰ and "China Cultural Relics and Tourism Statistics Yearbook."¹⁷¹

2.2.2 Development of Digital Technology

Between 2015 and 2020, China's digital economy showcased robust and sustained expansion. The digital economy's share in China's GDP has seen a notable ascent, climbing from 27.5% in 2015 to 38.6% in 2020, marking an 11.1% surge. This significant share underscores the digital economy's role as a key propellant of the national economic growth¹⁷².

The year 2020, marked by the COVID-19 pandemic onset, witnessed an expedited growth in the digital economy, propelled by widespread home isolation and control practices. In this year alone, the digital economy's contribution to the GDP peaked at 38.6%, a substantial 2.4% hike from the previous year. Projecting from this trajectory, the digital economy is poised to remain a dominant force in shaping future developmental trends.

The digital economy is bifurcated into two primary segments: digital industrialization and industrial digitization, each with its unique attributes. Digital industrialization encompasses industries related to information and communication technologies, whereas industrial digitization involves embedding digital technologies into conventional industries to bolster productivity and operational efficiency. The expansion of industrial digitization has been remarkable, with its contribution to the digital economy escalating by 6.4% from 2015 to 2020. This growth trajectory highlights the pivotal role of industrial digitization in fortifying the digital economy and its instrumental role in cushioning the adverse effects of the COVID-19 pandemic on China's tangible economy.

¹⁷⁰ <https://www.stats.gov.cn/was5/web/search?channelid=288041&andsen=中国高技术产业统计年鉴>

¹⁷¹ https://www.mct.gov.cn/gywhb/jgsz/zgxwcbdw_jgsz/zzs_zgxwcbdw/201904/t20190416_842837.htm?eqid=dc1ac84e00065900000000036460f216

¹⁷² Calculated by the author and the detailed data is shown in the table 2.1-2.3

Looking ahead, it is anticipated that industrial digitization will persist as a cornerstone for the digital economy's progression, continuously infusing vitality into China's traditional industries. This transformation and modernization are essential for maintaining competitive edge in the global market.

Looking at the overall trend, the penetration of the three major industrial digital economies has been continuously increasing year by year, with the annual ranking as follows: tertiary industry > secondary industry > primary industry. In 2020, their respective contributions to GDP were 40.7%, 21%, and 8.9%. This shows that the development of the digital economy is unstoppable and has permeated all sectors.

Especially for the tertiary industry, which emphasizes "dealing with people," the degree of digitization is higher compared to the primary and secondary industries. Specifically, for the tertiary industry, with the continuous upgrading of digital information technology and the emergence of new digital models such as e-commerce, sharing economy, and platform economy, user and enterprise digital penetration are progressing simultaneously, providing significant development space for the digital economy of the service industry. As for the primary industry, with the enhancement of agricultural technology and unified management awareness, digital information technology will play an increasingly important role, and the digital penetration rate will continue to increase.

However, there are still issues such as small and scattered resources, making it necessary to gradually implement digital penetration work rather than taking large leaps.

For the secondary industry, the digital economy penetration rate in 2020 was only 21%, which is not particularly ideal, indicating that there is still considerable room for improvement in the future. The implementation of industrial Internet and smart manufacturing provides an excellent

opportunity, as industrial digital transformation has vast development space. In conclusion, China's digital economy has a promising development momentum and has become an essential force driving the country's economic development. Furthermore, industrial digitization has significantly mitigated the adverse effects of the pandemic on China's economy.

Finally, the digital economy penetration rates of the three major industries have shown a year-on-year increase, with the tertiary industry ranking first, the secondary industry second, and the primary industry last. Globally, the overall scale of the digital economy is growing, but there are significant differences among continents, mainly due to the regional distribution of major countries. Looking at individual countries, China's digital economy ranks second globally, achieving commendable results, but there is still a significant gap compared to the first-ranked United States. In 2020, China's digital economy ranked lower in terms of the proportion of GDP, indicating a decline from the second global position. This suggests that while China's digital economy is vast and has significantly contributed to global digital economy development, its contribution to the country's own GDP is still relatively low, which also means that there is immense potential for further development. In terms of the level of manufacturing digitalization, South Korea, China, and the United States are among the leading countries, with absolute values consistently maintained at 10%-20%. South Korea stands out with particularly strong advantages in manufacturing digital development. In recent years, it has steadily risen, surpassing 21% in 2018. China follows slightly behind South Korea, ranking second. It is worth noting that although the United States has a leading advantage in digital economy size and digital technology, its manufacturing digitalization capability is relatively weak, ranking third among the selected countries, behind China and South Korea. The

manufacturing digitalization levels of the UK, France, and Germany are generally below 5%, at a medium to lower level, with little difference between France and Germany, which have been in a close competition for years. Specifically, in 2017, France, which had consistently ranked above Germany in terms of manufacturing digitalization, was surpassed, showing a slight disadvantage. Even in 2018, Germany's manufacturing digitalization level slightly surpassed that of France, but the difference was not significant, indicating intense competition.

China's manufacturing digitalization level holds an absolute advantage compared to these countries. In most years, China's manufacturing digitalization level ranks as follows: Russia > South Africa > India > Brazil. However, the gaps between these four countries are small, with values ranging from 1% to 2%, far from reaching China's manufacturing digitalization level, which has remained around 10% for many years. In summary, except for China's relatively high level of manufacturing digitalization, the levels in most developing countries are generally low. Overall, China's manufacturing cross-border operation depth and breadth are showing a growth trend, with significant internationalization trends. However, there are still several issues to address: First, the advantages of manufacturing cross-border operations are mainly due to "large scale," while "quality benefits" are insufficiently driven. Compared with major global countries, China's manufacturing cross-border operations are primarily driven by "scale development," with a relatively lagging development in terms of "quality benefits." There is also significant room for improvement in both "sustainable development" and "structural optimization," so there is an urgent need to explore new driving forces and actively promote the transformation of manufacturing towards high-quality development. Second, the penetration rate of industrial digitization is relatively low and needs to be enhanced. China's

digital economy has developed rapidly, and digitization has been permeating the three major industries. However, while industrial digitization has been increasing year by year, the absolute value of its penetration rate is relatively low, reaching only 21% in 2020. Industrial digitization needs further strengthening. Third, although China's manufacturing digitalization level is relatively high on a global scale, there is still room for further improvement in absolute terms. Currently, the global economy is facing a trend of digital development. For the manufacturing industry, while China's level of manufacturing digitalization is relatively high compared to other countries, it still faces the development dilemma of being large but not strong. This indicates insufficient driving forces for China's manufacturing internationalization due to its relatively low level of manufacturing digitalization.

Tables 2.1 through 2.3 reveal discernible regional variations in the advancement of digital technology across China. The digital technology index's mean value demonstrates that the eastern provinces exhibit a notably higher level of digital technology development compared to the central and western regions, with the central region marginally outpacing the west. The eastern region boasts a more sophisticated digital technology infrastructure, with clear leads in technological innovation, high-skilled talent acquisition, market dynamics, and supportive industrial policies. In contrast, the central and western regions are somewhat behind in developing their digital infrastructures and have less robust industrial bases.

When examining digital technology utilization, the eastern region outshines with a more substantial mobile phone penetration rate, laying a robust groundwork for digital technology's broad application. The proliferation of new commercial models, such as e-commerce, has catalyzed the adoption of digital technology in the east, enriching various facets of daily life and consumer behavior with innovative applications and

diverse usage contexts. Nonetheless, certain western areas, including Guizhou, Sichuan, and Chongqing, have leapfrogged over many central cities in digital technology progression. Guizhou's government, in particular, has prioritized digital economy growth, enacting policies to foster big data's convergence with the tangible economy, enhance data asset governance, and bolster information infrastructure. Moreover, Sichuan enjoys a robust foundation in the information sector, which, when coupled with favorable policy support, has engendered optimistic development trajectories.

Table 2.1 Digital Technology Index of Eastern Region¹⁷³

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	0.6563	0.5443	0.5283	0.5528	0.6873
Fujian	0.1604	0.191	0.1947	0.2026	0.2408
Guangdong	0.572	0.6347	0.5933	0.6232	0.5666
Hainan	0.1093	0.1054	0.1112	0.1263	0.1258
Hebei	0.0661	0.0674	0.0687	0.0724	0.0938
Jiangsu	0.1591	0.1849	0.1653	0.1805	0.2228
Liaoning	0.0989	0.089	0.0924	0.0927	0.1109
Shandong	0.0722	0.0746	0.0815	0.0751	0.1318
Shanghai	0.4528	0.4604	0.4787	0.4731	0.6354
Tianjin	0.1151	0.105	0.113	0.1091	0.1364
Zhejiang	0.2167	0.297	0.3095	0.2732	0.3112
Eastern region average	0.2435	0.2503	0.2488	0.2528	0.2966

¹⁷³ Calculated by the author

Table 2.2 Digital Technology Index of Central China¹⁷⁴

province	2015	2016	2017	2018	2019
Anhui	0.061	0.0772	0.082	0.085	0.1142
Henan	0.0577	0.0644	0.058	0.0649	0.105
Heilongjiang	0.0618	0.0697	0.0625	0.0604	0.0906
Hubei	0.0731	0.0833	0.1054	0.0913	0.1342
Hunan	0.0841	0.0891	0.0829	0.0676	0.0955
Jilin	0.052	0.0551	0.0566	0.0601	0.0724
Jiangxi	0.0625	0.0521	0.0887	0.098	0.1212
Central region average	0.0646	0.0701	0.0766	0.0753	0.1047

Table 2.3 Digital Technology Index of Western China¹⁷⁵

province	2015	2016	2017	2018	2019
Gansu	0.0248	0.0296	0.0355	0.039	0.0489
Guangxi	0.0339	0.0343	0.0348	0.0436	0.0541
Guizhou	0.0948	0.0937	0.0869	0.0839	0.1005
Inner Mongolia	0.0577	0.0546	0.0589	0.0648	0.0736
Ningxia	0.0675	0.0707	0.0715	0.0767	0.0925
Qinghai	0.0683	0.0591	0.0607	0.0776	0.0874
Shanxi	0.0878	0.0957	0.096	0.0973	0.1157
Sichuan	0.0656	0.0759	0.0912	0.095	0.134
Yunnan	0.0385	0.0431	0.0381	0.0388	0.0551
Chongqing	0.068	0.0713	0.0777	0.0849	0.1237
Western region average	0.06069	0.0628	0.06513	0.07016	0.08855

¹⁷⁴ Calculated by the author¹⁷⁵ Calculated by the author

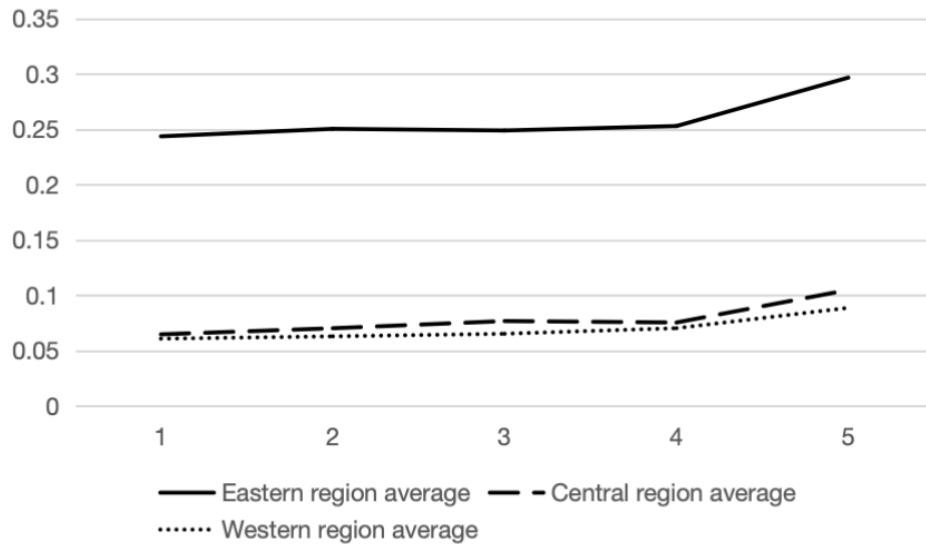


Figure 2.1 The digital index of 3 regions in China¹⁷⁶

In terms of development trends from 2015 to 2019, the digital technology index of the eastern, central, and western regions has all been steadily increasing. In 2016, the digital technology index of Beijing, Jiangsu, and Guangdong experienced a slight decline due to increased global economic uncertainty, ongoing supply-side reforms, continuous adjustment of industrial structure, and traditional industries frequently recruiting talents from high-tech industries to meet their own transformation needs. This led to a higher turnover rate of talents in high-tech enterprises, resulting in a slight decrease in the proportion of R&D personnel and a corresponding decline in the digital technology index.

2.2.3 Analysis of Provincial-level Digital Technology Status

The development of digital technology across China exhibits pronounced regional variations, which can be categorized into a three-tier system reflecting the eastern, central, and western regions. The leading tier is represented by Beijing, Shanghai, and Guangdong, with the intermediate tier comprising Jiangsu, Zhejiang, Shandong, Sichuan, Fujian, and Hubei.

¹⁷⁶ Developed by the author.

All other provinces fall into the third tier. During the period from 2015 to 2019, there was a consistent upward trajectory in the digital technology indices of these provinces and cities. This growth has been fueled by enhancements in digital infrastructure and a broadening of digital application contexts. The year 2017 marked a pivotal point for digital technology, receiving heightened focus. Initial investments in digital infrastructure had been made, but the digital technology indices did not show marked improvements due to the nascent stage of digital application. Nevertheless, by 2019, there was a noticeable surge in the digital technology indices, reflecting significant advancements across the provinces and cities.

2.3.4 Data Collection and Calculation Results

This paper calculated the digital technology index for 29 provinces and cities (excluding Xinjiang and Tibet) from 2015 to 2019. Most of the data used in this study were obtained from "China Labor Statistical Yearbook,"[<https://www.chinayearbooks.com/tags/china-labour-statistical-yearbook>] "National Statistical Yearbook," "China High-Tech Industry Statistical Yearbook," "China Science and Technology Statistical Yearbook," and "China Cultural, Cultural Relics and Tourism Statistical Yearbook." Based on extensive data inquiry, the digital technology index was calculated using the entropy weight-TOPSIS method (Table 2.4, 2.5).

Based on the calculations from Table 2.4-2.5, the digital technology index of each province showed a steady growth trend from 2015 to 2019. The increase in the digital technology index before 2017 was not significant, but by 2019, there was a considerable growth in the digital technology index. Through analysis, it is evident that while digital technology development has long been under scrutiny, its impact on productivity depends on the application of digital technology, as the

benefits of investing in digital infrastructure may not be immediate. Therefore, with the improvement of digital technology infrastructure, the development of digital technology is expected to continue to improve.

Table 2.4 Digital technology index of some provinces¹⁷⁷

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	0.6563	0.5443	0.5283	0.5528	0.6873
Tianjin	0.1151	0.105	0.113	0.1091	0.1364
Hebei	0.0661	0.0674	0.0687	0.0724	0.0938
Shanxi	0.0655	0.059	0.0581	0.0576	0.0735
Inner Mongolia	0.0577	0.0546	0.0589	0.0648	0.0736
Liaoning	0.0989	0.089	0.0924	0.0927	0.1109
Jilin	0.052	0.0551	0.0566	0.0601	0.0724
Heilongjiang	0.0618	0.0697	0.0625	0.0604	0.0906
Shanghai	0.4528	0.4604	0.4787	0.4731	0.6354
Jiangsu	0.1591	0.1849	0.1653	0.1805	0.2228
Zhejiang	0.2167	0.297	0.3095	0.2732	0.3112
Anhui	0.061	0.0772	0.082	0.085	0.1142
Fujian	0.1604	0.191	0.1947	0.2026	0.2408
Jiangxi	0.0625	0.0521	0.0887	0.098	0.1212
Shandong	0.0722	0.0746	0.0815	0.0751	0.1318
Henan	0.0577	0.0644	0.058	0.0649	0.105
Hubei	0.0731	0.0833	0.1054	0.0913	0.1342
Hunan	0.0841	0.0891	0.0829	0.0676	0.0955
Guangdong	0.572	0.6347	0.5933	0.6232	0.5666
Guangxi	0.0339	0.0343	0.0348	0.0436	0.0541
Hainan	0.1093	0.1054	0.1112	0.1263	0.1258
Chongqing	0.068	0.0713	0.0777	0.0849	0.1237
Sichuan	0.0656	0.0759	0.0912	0.095	0.134
Guizhou	0.0948	0.0937	0.0869	0.0839	0.1005
Yunnan	0.0385	0.0431	0.0381	0.0388	0.0551
Shanxi	0.0878	0.0957	0.096	0.0973	0.1157
Gansu	0.0248	0.0296	0.0355	0.039	0.0489
Qinghai	0.0683	0.0591	0.0607	0.0776	0.0874
Ningxia	0.0675	0.0707	0.0715	0.0767	0.0925

¹⁷⁷ Calculated by the author

Table 2.5 per capita labor productivity of some provinces, yuan per person¹⁷⁸

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	194035.8317	210385.4602	224694.7385	244950.5574	277857.6591
Tianjin	184413.3586	198193.6349	207292.8936	209797.8942	157315.5171
Hebei	70756.34421	75925.25953	80863.01246	85818.63115	83582.19048
Shanxi	68169.38636	68390.84797	81125.21093	88011.46057	89496.34691
Inner Mongolia	121824.8958	122985.7531	112963.7869	128201.2457	129320.2855
Liaoning	118963.5255	96675.21293	102460.892	111985.0925	111282.3892
Jilin	94982.64217	98398.51371	100397.9093	102253.5001	80517.56693
Heilongjiang	74905.24904	75860.81254	79315.11222	82368.20379	76609.15077
Shanghai	184526.3715	206400.7061	223166.7942	237557.7541	277251.2716
Jiangsu	147349.7531	162709.6308	180482.0715	194900.7556	209962.7413
Zhejiang	114864.7838	125668.5106	136375.8166	146499.3483	160903.1486
Anhui	50679.69416	55960.24395	61714.52066	68425.92297	84657.80109
Fujian	93843.83094	103004.1866	114700.8989	128266.9084	152430.9126
Jiangxi	63933.71053	70135.72945	75621.06894	83398.88472	94063.44985
Shandong	94990.32039	102297.0811	110712.6635	123725.3179	118685.2319
Henan	55759.73478	60172.15284	65838.37742	71810.90855	82686.98568
Hubei	80782.36741	89912.96449	98277.25762	109962.4302	129166.6009
Hunan	72613.14474	80479.77125	88815.8398	97432.12664	108420.3923
Guangdong	109628.7268	118943.9857	128836.6599	136377.2696	150583.6439
Guangxi	59585.53191	64476.02957	65176.84729	71462.46489	74432.70714
Hainan	66623.96315	72619.77282	76429.06077	80467.11074	90577.52679
Chongqing	92055.442	103291.8976	113293.4589	119117.1154	138487.6272
Sichuan	62003.3794	67766.54321	75903.57143	83339.74595	95348.3739
Guizhou	53951.96877	59366.89654	66927.78766	72634.04464	81825.60749
Yunnan	46284.35004	49312.97914	54721.86858	59747.12644	77661.53465
Shanxi	87003.2828	93591.22926	105704.5422	117991.1163	124556.5482
Gansu	44216.73645	46491.79333	48009.44756	53007.57245	56265.24685
Qinghai	75201.45608	79329.28334	80277.39548	87020.28792	89822.83465
Ningxia	80391.22032	85823.13109	91608.40649	97274.35022	97287.30859

¹⁷⁸ Calculated by the author

Table 2.6 per capita human capital, thousand yuan¹⁷⁹

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	13.331	13.402	13.525	13.561	13.828
Tianjin	11.859	11.857	11.939	12.146	12.444
Hebei	10.216	10.282	10.36	10.391	10.414
Shanxi	10.592	10.650	10.718	10.845	10.902
Inner Mongolia	10.054	10.248	10.365	10.435	10.691
Liaoning	10.519	10.577	10.609	10.53	10.769
Jilin	9.998	10.100	10.269	10.26	10.411
Heilongjiang	10.329	10.262	10.171	10.183	10.514
Shanghai	12.547	12.616	12.744	12.826	12.877
Jiangsu	10.748	10.880	10.922	10.913	10.921
Zhejiang	10.602	10.705	10.88	10.951	11.124
Anhui	9.087	9.136	9.067	9.304	9.609
Fujian	9.952	10.011	10.147	10.248	10.362
Jiangxi	9.649	9.631	9.639	9.797	9.952
Shandong	10.046	10.058	10.085	10.196	10.3
Henan	9.866	9.851	9.892	10.028	10.34
Hubei	10.008	10.036	10.039	10.117	10.356
Hunan	9.957	10.141	10.302	10.356	10.77
Guangdong	10.638	10.789	10.857	10.908	11.085
Guangxi	9.730	9.711	9.8	9.713	9.903
Hainan	9.940	10.036	10.104	10.226	10.684
Chongqing	9.885	9.898	9.965	10.079	10.648
Sichuan	9.060	9.175	9.216	9.128	9.663
Guizhou	8.221	8.182	8.315	8.316	8.78
Yunnan	8.443	8.468	8.616	8.671	9.053
Shanxi	10.212	10.353	10.482	10.582	10.767
Gansu	9.144	9.221	9.33	9.425	9.47
Qinghai	9.174	9.356	9.515	9.582	9.966
Ningxia	9.733	9.885	10.131	10.197	10.692

¹⁷⁹ Calculated by the author

Table 2.7 energy intensity, kg per ten thousand yuan.¹⁸⁰

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	0.297767633	0.271220723	0.254614145	0.239775884	0.208078418
Tianjin	0.499450061	0.460990786	0.431878697	0.423878394	0.584290726
Hebei	0.98620719	0.929017211	0.893277109	0.893772804	0.927088591
Shanxi	1.518349993	1.486619961	1.291631731	1.20102675	1.225077349
Inner Mongolia	1.061435627	1.073306083	1.237247774	1.334241799	1.472531929
Liaoning	0.755763538	0.945345194	0.92083297	0.881718009	0.953413263
Jilin	0.578960729	0.542336636	0.536316632	0.464356647	0.608178517
Heilongjiang	0.803915758	0.7981235	0.788294803	0.698952793	0.853175128
Shanghai	0.453241892	0.415633822	0.387131651	0.35049099	0.306536546
Jiangsu	0.431211651	0.401275232	0.366019423	0.341647641	0.326462951
Zhejiang	0.457253555	0.429109342	0.406233472	0.385695716	0.359139937
Anhui	0.560402043	0.520124453	0.483085351	0.443065943	0.373713625
Fujian	0.468825419	0.428939646	0.40053334	0.366746322	0.323575893
Jiangxi	0.504670595	0.47283637	0.449608149	0.422383121	0.390386751
Shandong	0.602279313	0.569250868	0.532586944	0.530680988	0.582403807
Henan	0.625936432	0.571187981	0.514984121	0.471513776	0.41099021
Hubei	0.555123334	0.515836644	0.483396936	0.423760782	0.377845048
Hunan	0.535218587	0.500897425	0.476979001	0.426730739	0.402519413
Guangdong	0.414008299	0.386383461	0.360536392	0.342627098	0.317095391
Guangxi	0.580904023	0.550944336	0.564587443	0.531777162	0.530674093
Hainan	0.523393361	0.494917596	0.47125628	0.449084757	0.426451281
Chongqing	0.568419325	0.518810254	0.491383921	0.420219032	0.376560477
Sichuan	0.661762015	0.6182567	0.564463922	0.489599694	0.446007385
Guizhou	0.947197636	0.868407444	0.774103212	0.67781271	0.621550997
Yunnan	0.760472187	0.720563792	0.677257556	0.64816969	0.523515797
Shanxi	0.650099379	0.624755472	0.572496862	0.527859526	0.522541432
Gansu	1.107900659	1.018558769	1.010469309	0.948694348	0.896734455
Qinghai	1.710349393	1.598062578	1.60086558	1.523088897	1.427873026
Ningxia	1.856259251	1.764822839	1.884387088	1.916236188	2.040293666

¹⁸⁰ Calculated by the author

Table 2.8 industry concentration index¹⁸¹

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	0.032361769	0.036094428	0.038929969	0.030673244	0.038726167
Tianjin	0.042262249	0.045704929	0.041726143	0.064604415	0.043837509
Hebei	0.037957043	0.040840602	0.029646074	0.031287296	0.026628204
Shanxi	0.025589174	0.026158264	0.025846152	0.036387635	0.026857657
Inner Mongolia	0.065500191	0.06658965	0.048939377	0.058178386	0.045097938
Liaoning	0.048064157	0.037297351	0.035722445	0.042170251	0.040101762
Jilin	0.072695332	0.076384445	0.071489536	0.080419848	0.055296148
Heilongjiang	0.059920747	0.061122128	0.047426799	0.063864929	0.045996243
Shanghai	0.054146533	0.060731158	0.063226638	0.074155132	0.079102483
Jiangsu	0.036753789	0.040565593	0.036446741	0.045088648	0.042811444
Zhejiang	0.028645133	0.031560556	0.028881044	0.036369958	0.032720644
Anhui	0.033789679	0.037477939	0.03095324	0.036896096	0.039211481
Fujian	0.034559214	0.038324784	0.036988782	0.050942965	0.04503892
Jiangxi	0.035992054	0.039812591	0.034914234	0.048383382	0.04341928
Shandong	0.038135503	0.041175432	0.036046707	0.042452466	0.030773597
Henan	0.045302536	0.049550478	0.046171415	0.037566004	0.038242537
Hubei	0.037722555	0.041699278	0.037602559	0.046141616	0.045512228
Hunan	0.052296642	0.057090122	0.049491566	0.058490504	0.05912872
Guangdong	0.047858284	0.053144372	0.045882986	0.031113454	0.032148717
Guangxi	0.035413758	0.038605716	0.034344182	0.041512268	0.033105286
Hainan	0.04360138	0.047727942	0.044448495	0.048274157	0.042288079
Chongqing	0.029482559	0.033277916	0.032451623	0.03973538	0.039917158
Sichuan	0.055356909	0.060664435	0.05870631	0.053387787	0.05373724
Guizhou	0.030929545	0.034681916	0.030248699	0.042529061	0.035592284
Yunnan	0.030138175	0.032725635	0.028283785	0.039447766	0.040642101
Shanxi	0.045581804	0.049066428	0.047327289	0.045917703	0.04394029
Gansu	0.032220245	0.034165943	0.033548599	0.035909934	0.0327018
Qinghai	0.036978306	0.039356374	0.024131264	0.039320287	0.030106277
Ningxia	0.035975759	0.039148844	0.038023917	0.053841057	0.033096531

From a regional perspective, the level of digital technology

¹⁸¹ Calculated by the author

development in China's eastern regions is generally higher than in the central and western regions. The digital technology index of the central region is slightly higher than that of the western region. In terms of digital technology infrastructure development, the eastern region is more advanced, with significant advantages in technology, talent, market, industry, and policies. However, in some western regions such as Guizhou, Sichuan, and Chongqing, the development of digital technology has even surpassed that of many cities in the central region. This can be attributed to the local government's attention, policy support, and industrial foundation.

However, in 2016, the digital technology index of Beijing, Jiangsu, and Guangdong declined. The main reason for this decline was the increase in external global economic uncertainties, ongoing supply-side reforms, and deepening industrial restructuring. The rapid development of emerging industries resulted in frequent competition with traditional industries, leading to talent flow in high-tech enterprises and a slight decrease in the digital technology index.

2.3 Analysis of Current Labor Productivity in Chinese industry

Examining the broader economic landscape, it's evident that shifts in factor allocations play a pivotal role in the dynamics of labor productivity. The disparity in investment rates across nations is not the primary determinant of their economic growth disparities. Over-reliance on capital accumulation can lead to reduced marginal yields, whereas elevating productivity levels is the cornerstone of sustained economic expansion. An analysis of data spanning from 1978 to 2006 for 31 provinces and autonomous regions within mainland China reveals that while labor productivity in the eastern region shows limited convergence, the absolute figures display significant divergence. Market distortions between sectors

and persistent institutional hindrances to the non-agricultural shift of rural labor contribute to a modest Denison effect and incur losses in societal efficiency.

As China's economic reforms progress, particularly with the gradual elimination of labor mobility constraints, the redistribution of rural labor and substantial material capital buildup have emerged as the primary impetus for rapid economic growth. Post-2004, after surpassing the Lewis turning point, China's reliance on demographic dividends for high growth rates became less feasible, shifting the focus towards enhancing labor productivity as a growth driver.

Observations from 1990 to 2012 and post the 18th National Congress of the Communist Party of China indicate persistent disparities between agricultural and non-agricultural labor productivity, with labor market distortions influencing production efficiency. Regional and sectoral variations in manufacturing labor productivity growth are evident, with stability in the eastern regions contrasting with swift advancement in central and western areas. Innovation and technology are identified as the fundamental forces propelling high-quality development within the manufacturing sector.

Further findings suggest that the deepening of material capital and technological efficiency enhancements are chiefly responsible for the growing labor productivity gaps among provinces and regions. The once prevalent high-level "club" is diminishing, with regions moving towards convergence. The relative surge in industrial productivity in the national, eastern, and central regions has led to an uptick in service prices and employment shares, triggering the "Baumol cost disease" and a deceleration in economic growth. Conversely, the western region, with its lagging service sector, still enjoys structural dividends.

Hence, fostering the integrated development of productive services

and traditional manufacturing is a crucial strategy for catalyzing the transformation and elevation of traditional manufacturing sectors towards high-quality development.

Analyzing from a mesoscopic angle, the quintet of China's economic corridors each display distinct attributes and rely on varied growth drivers. Within the Yellow River Economic Belt, a majority of urban centers demonstrate a rising pattern in the green total factor productivity within the manufacturing sector, marked by a pronounced capital city effect and a central region downturn. The gradient of development spans from the less advanced upstream to the moderately developed midstream, and finally to the more advanced downstream areas. Growth impetus predominantly stemmed from green technological efficiency enhancements pre-2013, shifting towards advancements in green technological frontiers post-2013.

Contrastingly, the Yangtze River Economic Belt's productivity evolution across its 11 provincial and municipal regions is characterized by temporal cycles and spatial disparities, with notable inter-regional variability. Here, the industrial sector's green productivity mirrors the Yellow River Belt's pattern of stability, volatility, and growth, with a step-like gradation from downstream superiority to upstream modesty.

In the coordinated economic zone of Beijing-Tianjin-Hebei, green productivity is on an ascent, primarily fueled by technological advancements. However, the technological innovation spillover from Beijing to Tianjin and Hebei is minimal, resulting in a U-shaped distribution. The Yangtze River Delta's integrated economic belt envisions seamless factor, goods, services, and corporate flows, establishing a robust and influential industrial chain. This region's economic growth pole formation is marked by the clustering of tech-intensive firms, which induces significant productivity swings, exhibiting an N-shaped pattern.

The "Belt and Road" initiative's economic belt encompasses 18

provinces and regions that have witnessed a fluctuating yet ascending total factor productivity trend from 2012 to 2016, with the zenith in East China and the nadir in Central and South China. Here, technological advancements are the primary contributors to productivity shifts. Additionally, academic discourse delves into labor productivity impacts from urban scale, industrial concentration, and novel infrastructure perspectives.

From a micro perspective, the growth rate of total factor productivity in China's manufacturing enterprises ranges from 2% to 6%, with an average annual growth rate of 3.83%. The complementary effect of the new generation of information technology with high skills and long-term employment of employees can enhance enterprise productivity. In regions with higher marketization, technology-intensive industries show significantly enhanced features. Production segmentation resulting from fine division of labor helps to improve enterprise labor productivity, especially in state-owned sectors, high-tech industries, and low-productivity enterprises. The productivity enhancement brought about by intra-regional production segmentation shows a "reverse U-shaped" effect, with a stronger effect on the east than the central and western regions, and on enterprises below the provincial level than those above the provincial level. The market segmentation resulting from administrative divisions has mixed effects, and market segmentation between inter-provincial regions beyond a certain intensity will weaken the improvement of local enterprise productivity. Within enterprises, capital structure, effective management, social security investment, technology selection, and absorption also significantly affect enterprise labor productivity.

2.3.1 Data Description and Measurement Method

In this study, labor productivity is calculated based on the formula

using provincial panel data from 2015 to 2019, and all data are sourced from the "China Statistical Yearbook" and various provincial statistical yearbooks. Labor productivity is measured using labor productivity per capita (GDP of each province/number of employees in each province).

2.3.2 Analysis of National Labor Productivity

Since 2001, China's labor productivity has shown a continuous growth trend, with its annual growth rate peaking in 2007. In 2008 and 2009, it experienced a rapid decline due to the impact of the international financial crisis. In 2010, stimulated by the "Four Trillion Yuan Investment" policy, labor productivity briefly increased but then continued to decline until 2015 when the supply-side structural reform provided sustained momentum for recovery. However, the growth rate of labor productivity declined faster in 2018 and 2019 due to the impact of the China-US trade friction.

Regarding regional differences, the relative gap in labor productivity between regions in China has narrowed, while the absolute gap has widened. In 2000, the labor productivity in the eastern, western, central, and northeastern regions of China was 21,936 yuan per person, 9,239 yuan per person, 9,762 yuan per person, and 19,257 yuan per person, respectively. By 2019, these figures increased to 155,162 yuan per person, 94,259 yuan per person, 95,844 yuan per person, and 91,610 yuan per person, respectively. In 2000, the highest labor productivity in the eastern region was 2.37 times that of the lowest in the western region, with an absolute difference of 12,697 yuan per person. In 2019, the highest in the eastern region and the lowest in the northeastern region had a relative gap of 1.693 times and an absolute difference of 63,552 yuan per person. While the relative differences have shown a decreasing trend, the absolute differences have increased. In 2019, within the eastern region, Beijing had

a labor productivity of 278,438 yuan per person, while Hebei had only 83,632 yuan per person, with a gap of 3.33 times. In the western region, Chongqing had the highest labor productivity at 138,488 yuan per person, and Gansu had the lowest at 56,265 yuan per person, with a gap of 2.46 times.

Furthermore, the four major regions in China generally share similar trends in labor productivity growth. The western and central regions, benefiting from the policies of Western Development and Central Rise, experienced faster growth rates, while the eastern region had moderate growth, and the northeastern region had a relatively slower growth rate. The western region's growth rate reached 9.66 times, and the northeastern region was at 4.75 times, showing an expanding relative gap.

During the observation period, the overall trend of labor productivity showed a fluctuating pattern of "gentle rise-decline-gentle rise-decline." Except for 2002 and 2015, the overall Gini coefficients of all industries decreased. The largest Gini coefficient was 0.3406 in 2001, and the smallest was 0.223 in 2019. The changes in Gini coefficients were relatively slow from 2001 to 2003 and from 2014 to 2018, indicating that the unevenness of labor productivity did not change significantly. However, from 2003 to 2014, the Gini coefficient decreased rapidly, indicating a trend towards more balanced labor productivity in China.

When decomposing labor productivity by industries, it shows that the growth of labor productivity exhibits a phased characteristic. From 2001 to 2003, 2004 to 2009, 2010 to 2015, and 2015 to 2019, the Gini coefficients and contributions for each industry were calculated separately. The results show that while the contribution of pure productivity shows an increasing trend, its effect values are decreasing. This indicates that breakthroughs in new technologies are needed to enable labor to gain new production capacity, and this requires significant innovation and

entrepreneurial spirit to maintain the growth rate of labor productivity at a certain level. The contribution of the "Denison effect" showed a trend of rising and falling, and its contribution to the overall labor productivity growth also displayed a similar trend. The structural dividend brought by changes in employment structure is gradually disappearing. The "Baumol effect" showed no significant change in phases, with negative effect values indicating the possibility of the coexistence of structural dividends and "Baumol's disease."

In conclusion, the differences in labor productivity in China mainly stem from inter-regional disparities, which contribute the most, averaging 66.89%. This is followed by intra-regional disparities, contributing an average of 22.65%, and the least is the super-variation density, contributing an average of 10.46%. The sample cross-overlap between regions has a relatively small impact but tends to increase. The growth of labor productivity in China is mainly driven by the pure productivity effect, with a significant contribution rate, surpassing 100% in 2001 and then decreasing to 80.08% in 2003. The pure productivity effect is affected by new technological breakthroughs, which enable labor capacity to gain new production capabilities. The "Denison effect" and the "Baumol negative effect" coexist, indicating the potential simultaneous presence of structural dividends and "Baumol's disease."

Figure 2.1 shows the labor productivity in China from 2015 to 2019, indicating a steady increase with growth rates of 6.8%, 8.1%, 11.4%, 10.6%, and 7.9% respectively, with the peak in 2017. The study suggests that people were more aware of the impact of digital technology on productivity before the government, leading to increased investments in digital technology. In 2017, the government included the development of the digital economy in its work plan, creating a conducive environment for the development of digital technology and enabling enterprises to better

leverage digital technology to enhance labor productivity. After 2017, despite initial infrastructure investments, as Chinese enterprises went through transformation and economic growth drivers began to shift, the labor productivity growth rate slowed down, as long as the innovative development brought about by the integration of digital technology with industries had not fully materialized.

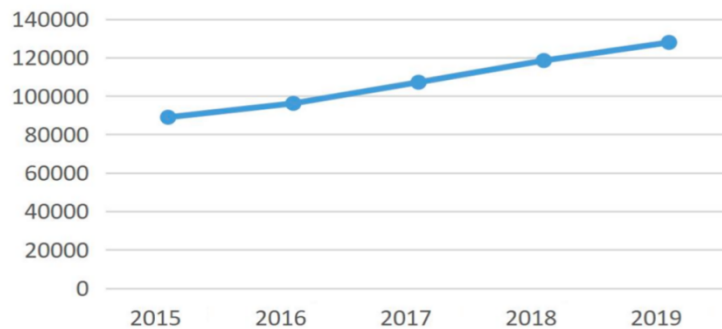


Figure 2.2 national labor productivity(2015-2019)¹⁸²

2.3.3 Analysis of Regional Labor Productivity

The data presented in Tables 2.9 through 2.11 reveal that despite a general uptrend in labor productivity across China's eastern, central, and western regions since 2015, notable regional disparities persist. The eastern region outpaces the central and western regions in terms of labor productivity. Within these broad categories, the central provinces exhibit a more uniform development pattern, whereas the western provinces display greater variance, with certain locales surpassing the eastern benchmarks in labor productivity. When cross-referenced with the previously discussed regional digital technology advancements, a marked surge in labor productivity across all three regions becomes apparent in 2017, a surge that correlates with the progression of digital technology. Nonetheless, the reliance on conventional factors of production in the central and western regions means that the influence of digital technology on labor productivity is less evident there.

¹⁸² Developed by the author

Table 2.9 Labor Productivity in Different Regions, yuan per person¹⁸³

province	2015	2016	2017	2018	2019
Beijing	194035.8317	210385.4602	224694.7385	244950.5574	277857.6591
Fujian	93843.83094	103004.1866	114700.8989	128266.9084	152430.9126
Guangdong	109628.7268	118943.9857	128836.6599	136377.2696	150583.6439
Hainan	66623.96315	72619.77282	76429.06077	80467.11074	90577.52679
Hubei	80782.36741	89912.96449	98277.25762	109962.4302	129166.6009
Jiangsu	147349.7531	162709.6308	180482.0715	194900.7556	209962.7413
Liaoning	118963.5255	96675.21293	102460.892	111985.0925	111282.3892
Shandong	94990.32039	102297.0811	110712.6635	123725.3179	118685.2319
Shanghai	184526.3715	206400.7061	223166.7942	237557.7541	277251.2716
Tianjin	184413.3586	198193.6349	207292.8936	209797.8942	157315.5171
Zhejiang	114864.7838	125668.5106	136375.8166	146499.3483	160903.1486
east	116000.6826	118241.8386	135540.3173	147119.9851	158684.32

Table 2.10 Labor Productivity in Central China, yuan per person¹⁸⁴

province	2015	2016	2017	2018	2019
Anhui	50679.69416	55960.24395	61714.52066	68425.92297	84657.80109
Henan	55759.73478	60172.15284	65838.37742	71810.90855	82686.98568
Heilongjiang	74905.24904	75860.81254	79315.11222	82368.20379	76609.15077
Hubei	80782.36741	89912.96449	98277.25762	109962.4302	129166.6009
Hunan	72613.14474	80479.77125	88815.8398	97432.12664	108420.3923
Jilin	94982.64217	98398.51371	100397.9093	102253.5001	80517.56693
Jiangxi	63933.71053	70135.72945	75621.06894	83398.88472	94063.44985
Shanxi	68169.38636	68390.84797	81125.21093	88011.46057	89496.34691
midland	66203.8192	71419.03862	77870.74588	84872.82756	94135.44115

¹⁸³ Calculated by the author¹⁸⁴ Calculated by the author

Table 2.11 Labor Productivity in Western China, yuan per person¹⁸⁵

province	2015	2016	2017	2018	2019
Gansu	44216.73645	46491.79333	48009.44756	53007.57245	56265.24685
Guangxi	59585.53191	64476.02957	65176.84729	71462.46489	74432.70714
Guizhou	53951.96877	59366.89654	66927.78766	72634.04464	81825.60749
Inner Mongolia	121824.8958	122985.7531	112963.7869	128201.2457	129320.2855
Ningxia	80391.22032	85823.13109	91608.40649	97274.35022	97287.30859
Qinghai	75201.45608	79329.28334	80277.39548	87020.28792	89822.83465
Shanxi	87003.2828	93591.22926	105704.5422	117991.1163	124556.5482
Sichuan	62003.3794	67766.54321	75903.57143	83339.74595	95348.3739
Yunnan	46284.35004	49312.97914	54721.86858	59747.12644	77661.53465
Chongqing	92055.442	103291.8976	113293.4589	119117.1154	138487.6272
west	67273.55426	72325.89159	77419.01928	84654.89911	94222.81292

Most provinces experienced a steady increase in labor productivity during this period. However, significant disparities exist among different provinces and cities. In 2019, Tianjin, Heilongjiang, Jilin, and Liaoning witnessed a substantial decline in GDP despite almost no change or even an increase in employment, leading to a decrease in labor productivity.

The study suggests that the industrial structure in Tianjin and the northeastern provinces (Heilongjiang, Jilin, and Liaoning) mainly relies on heavy and chemical industries, which are characterized by extensive production, low value-added, overcapacity, and a dominance of state-owned enterprises. These factors have resulted in challenges for these regions to transition into the era of robust internet and digital economic development, thus missing opportunities for growth. In contrast, Beijing and Shanghai showed significant increases in labor productivity in 2019, primarily attributed to their well-established digital infrastructure in the early stage and widespread application of digital technology later on, which ultimately boosted labor productivity.

¹⁸⁵ Calculated by the author

CHAPTER 3: EMPIRICAL TESTING OF THE IMPACT MECHANISM OF DIGITAL TECHNOLOGY ON LABOR PRODUCTIVITY

3.1 The impact of digital technologies on labor productivity at the provincial level

In preceding sections, we scrutinized the deployment of digital technology alongside labor productivity within the observed timeframe. It was observed that while digital technology has indeed contributed to the enhancement of industrial labor productivity, the industrial output in China's central and western regions continues to be predominantly propelled by traditional factors. Furthermore, we examined theories pertinent to the influence of digital technology on industrial labor productivity and investigated the mechanisms by which digital technology bolsters labor productivity, particularly through technological innovation and the restructuring of industry.

Moving forward, this chapter will synthesize the situational analysis and theoretical discourse to undertake an empirical examination of the effects digital technology has on industrial labor productivity across China's 31 provinces, spanning from 2015 to 2019. Additionally, we will execute empirical evaluations to test the aforementioned pathways of impact..

From the literature review section, it can be observed that digital technology has had a significant impact on the economy. However, due to measurement issues related to digital technology, there is some controversy among scholars regarding its effects on overall economic development and labor productivity. As the measurement methods for the extent of digital technology application gradually improve, an increasing number of scholars have started to analyze its relationship with economic growth from an empirical perspective. In recent years, many scholars have confirmed that digital technology promotes economic development. However, while economic growth is analyzed at the macro level, an analysis at the industry level is crucial for a country's development. Therefore, the empirical section of this paper focuses on exploring the impact of digital technology application within the sample period on industrial labor productivity. It also employs the three-step test to examine the mediating effects of the impact pathways

proposed in the theoretical section and conducts heterogeneity analysis on different levels of digital development and different regions. All model results presented in the paper are implemented using Stata 12.0.

Based on the analysis in the theoretical section, it can be tentatively inferred that the application of digital technology has a certain impact on labor productivity, and this effect occurs through the production and industry levels. This paper establishes two impact pathways: "Digital Technology - Technological Innovation - Industrial Labor Productivity" and "Digital Technology - Industrial Structure - Industrial Labor Productivity." Based on the analysis of the impact mechanisms, three hypotheses are proposed:

Hypothesis 1: The application of digital technology to some extent promotes the improvement of industrial labor productivity.

Hypothesis 2: The application of digital technology brings technological innovation, which in turn improves production efficiency and management efficiency, thus promoting the increase of industrial labor productivity.

Hypothesis 3: The application of digital technology has a positive impact on the industrial structure, leading to an enhancement of industrial labor productivity through the improvement of the industrial structure.

3.1.1 Variable Selection and Statistical Description

(1) Variable Selection

This paper uses panel data from 31 provinces (municipalities) in China for the period 2015 to 2019 to analyze the impact of digital technology application on industrial labor productivity. Therefore, industrial labor productivity is chosen as the dependent variable, and the degree of digital technology application is selected as the main independent variable. Based on relevant literature on labor productivity and digital technology, this study selects four control variables, namely, human capital stock, market openness, industry concentration, and energy intensity. As for the mediating variables, we choose the indicators of technological innovation and industrial structure. Data used in

this study are collected from various sources, including the China Statistical Yearbook (2016-2020), the National Bureau of Statistics, China Knowledge Network (CNKI), Guotai'an Database, Tencent's "Internet +" Digital Economy Index Platform, among others. The specific variable settings are as follows:

Dependent variable: Industrial labor productivity (lp), which is measured by the overall labor productivity of the industrial sector. It is calculated by dividing the industrial value-added by the average number of industrial employees in each province. For robustness checks, we also use comparative labor productivity (dp) as an alternative in the stability test.

Main independent variable: Degree of digital technology application (dei), which is measured by Tencent's "Internet+" Digital Economy Index as proposed in Chapter 3.

Control variables. Energy intensity (gei), which measures the energy consumption-to-value-added ratio of the industrial sector in each province. High energy intensity implies more resource inputs are needed for the same output, thus affecting labor productivity. Human capital stock (shc), which is measured by the average years of education per person multiplied by the average number of employees in industrial enterprises. Human capital is a crucial aspect of labor quality and directly affects labor productivity. Market openness (open), which is calculated as the ratio of total industrial import and export trade volume to regional GDP. It represents the degree of trade openness and influences the introduction of foreign technologies and sales of products in the industrial sector, hence affecting labor productivity. Industry concentration (sca), which is measured by the average size of industrial enterprises, i.e., the ratio of total industrial output value to the number of industrial enterprises. High industry concentration can lead to economies of scale and higher labor productivity.

Mediating variables. Technological innovation (iost), represented by the input of scientific and technological resources. Industrial structure (isg), represented by the ratio of high-tech industry value-added to regional industrial value-added. High-tech industries usually have higher marginal outputs, and their share in the overall industrial structure can reflect the industrial structure condition.

(2) Descriptive Statistics

To begin with, this paper provides descriptive statistics of the sample data to understand the characteristics of each indicator, including sample size, mean, standard deviation, maximum, and minimum. The detailed statistical features of each variable are presented in Table 3.1.

Table 3.1 Descriptive Statistics of Related Variables¹⁸⁶

symbol	obs	mean	SD	min	max
Lp	93	17.222	7.902	2.28	41.68
Dei	93	8.768	14.036	0.31	111.68
Gei	93	2.403	1.502	0.916	6.130
Shc	93	5710.253	5617.772	233.08	21837.09
Open	93	0.220	0.234	0.01	1.05
Sca	93	4.848	13.367	0.012	74.929
Iost	93	125.829	149.770	4.81	823.89
Isg	93	0.334	0.090	0.068	0.435

3.1.2 Baseline Model Empirical Analysis

(1) Multicollinearity Test

Before conducting panel data analysis, this study first tests for multicollinearity among the variables to avoid potential estimation distortions or difficulties caused by highly correlated variables.

Table 3.2 multicollinearity test¹⁸⁷

Variable	VIF	1/VIF
Lniost	3.42	0.184112
Lnshc	3.42	0.292775
Lnsca	2.65	0.377083
Lnopen	2.37	0.421354
Lndei	2.14	0.466260
Lnisg	2.07	0.483884
Lngei	1.90	0.527406
Mean VIF	2.85	

¹⁸⁶ Calculated by the author.

¹⁸⁷ Calculated by the author.

Based on the empirical results in Table 3.2, it can be observed that the variance inflation factors for technological innovation (*iost*) and human capital stock (*shc*) are the largest, both at 3.42, far below the critical value of 10. Other variables, including the main independent variable (*dei*), control variables, and mediating variables, all have variance inflation factors below the critical value of 10. Thus, no multicollinearity issue exists, and the model can proceed for further analysis.

(2) Baseline Model Specification

After selecting the variables and examining the descriptive statistics, this study takes the logarithm of all research variables to ensure data stability and eliminate potential heteroskedasticity in the model. The baseline regression model is set as follows:

$$\ln lp_{it} = \alpha_{it} + \beta \ln dei_{it} + \lambda_1 \ln gei_{it} + \lambda_2 shc_{it} + \lambda_3 \ln open_{it} + \lambda_4 \ln sca_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

Where *i* denotes the region, and *t* represents the time. The dependent variable is industrial labor productivity, and the main independent variable is the degree of digital technology application. The control variables include energy intensity, human capital stock, market openness, and industry concentration. Additionally, ε_{it} denotes the error term, and α, β, λ are the parameters to be estimated.

(3) Baseline Regression Analysis

In this research, we utilize a panel data approach and apply the Hausman specification test to determine the suitability of the fixed effects versus the random effects model. The outcomes of the Hausman test reveal that the test statistics are significant at the 5% level for all models, leading to the exclusion of the random effects model in favor of the fixed effects model. Consequently, the fixed effects model is employed for all primary analyses. To verify the stability of the estimated results of the baseline model, we introduce control variables in a stepwise fashion during the testing of the model. The outcomes of these regressions are systematically documented in Table 3.3.

Table 3.3 Regression Results of Full Sample Benchmark Model¹⁸⁸

VARIABLES	Model (1)	Model (2)	Model (3)	Model (4)	Model (5)
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

¹⁸⁸ Calculated by the author.

Indei	0.0567** (0.0245)	0.0371*** (0.00782)	0.0296*** (0.00464)	0.0325*** (0.00491)	0.0363*** (0.00489)
Ingei		-0.990*** (0.00782)	-0.998*** (0.00177)	-0.999*** (0.0103)	-0.997*** (0.00990)
lnshc			-0.732*** (0.105)	-0.538*** (0.0596)	-0.590*** (0.0599)
lnopen				0.0835* (0.0426)	0.0986** (0.0413)
lnsca					-0.0837*** (0.0281)
Constant	2.695*** (0.0359)	3.373*** (0.0114)	9.338*** (0.860)	7.924*** (0.507)	8.362*** (0.509)
R-squared	0.014	0.987	0.995	0.994	0.995
Number of pro	31	31	31	31	31

Analyzing models (1) through (5), the positive and statistically significant regression coefficients for the digital technology application index (DEI) at the 1% level are evident, suggesting that investments in digital technology have a notably positive influence on the industrial labor productivity in China. When control variables such as energy intensity, human capital, market openness, and industrial concentration are factored in, the coefficient for DEI stands at 0.0363. This denotes that with every 1% increment in the application of digital technology, there is a corresponding 3.63% enhancement in industrial labor productivity, considering the influence of other variables. These findings corroborate the initial hypothesis, asserting that investment in digital technology is a catalyst for the advancement of industrial labor productivity.

The analysis of control variables within the regression models (2) through (5) reveals that energy intensity (gei) bears a negative coefficient and reaches statistical significance at the 1% level. This implies that a higher ratio of energy consumption to output exerts a dampening effect on industrial labor productivity. Such findings align with prior studies and observable trends. In models (3) to (5), the coefficients for human capital stock (she) are also negative and significantly so at the 1% threshold, suggesting an inverse relationship with China's industrial labor productivity. This indicates that an

augmentation in the quality of the workforce does not correspond with an uptick in industrial labor productivity, a conclusion that diverges from the majority of existing research and practical observations. This anomaly might be attributed to the delayed integration of digital technology in China's industries, which could mean the beneficial impacts of enhanced human capital on productivity are yet to fully materialize. Moreover, the human capital stock indicator used, which focuses on years of education, may not adequately capture the actual quality of the labor force, as it does not account for the quality of education received. Regarding market openness (open), models (4) and (5) show positive coefficients, significant at the 1% level, underscoring the beneficial effects of trade openness on industrial labor productivity. Increased openness to trade promotes competitive markets, facilitates the exchange of information, and encourages technological innovation, all of which contribute to productivity gains. Lastly, the industry concentration (sea) coefficient in model (5) is negatively correlated and significant at the 1% level, suggesting that heightened industry concentration detracts from labor productivity. This is supported by numerous studies indicating that excessive concentration can stifle market competition and may lead to monopolistic behavior, which in turn can impede improvements in labor productivity.

(4) Robustness Checks

To further investigate the robustness of the finding that digital technology application enhances industrial labor productivity, we replace the overall labor productivity indicator (lp) with comparative labor productivity (dp) and conduct panel regression analysis. The regression results are presented in Table 3.4. From models (6)-(10), it is evident that the positive relationship between digital technology application and labor productivity still holds, and the regression coefficients are close to those in the baseline regression models. Additionally, the sign of control variables (energy intensity, market openness, and industry concentration) remains consistent, while the regression coefficient for human capital stock (shc) is positive, contrary to the previous baseline regression results. However, this coefficient's sign does not affect the robustness test. Overall, the results of the robustness check show that the conclusions drawn in this study are robust.

Table 3.4 Robustness Checks¹⁸⁹

VARIABLES	Model (6)	Model (7)	Model (8)	Model (9)	Model (10)
lndei	0.0420*** (0.0126)	0.0416*** (0.0126)	0.0488*** (0.0117)	0.0493*** (0.0118)	0.0769*** (0.0142)
lngei		-0.0183 (0.0319)	-0.0152 (0.0242)	-0.0175 (0.0247)	-0.000195 (0.0292)
lnshc			0.595*** (0.144)	0.599*** (0.144)	0.189** (0.0943)
lnopen				0.0659 (0.103)	0.139* (0.0805)
lnsca					-0.614*** (0.0528)
Constant	-1.112*** (0.0184)	-1.100*** (0.0352)	-5.950*** (1.197)	-5.847*** (1.226)	-2.489*** (0.815)
R-squared	0.187	0.195	0.181	0.169	0.151
Number of provinces	31	31	31	31	31

3.1.3 Mediation Effect Testing

(1) Mediation Effect Testing Method

This study adopts the three-step test method proposed by Wen Zhonglin and Zhang Lei (2004) to examine the mediation effect. The mediation effect testing model is set as follows¹⁹⁰:

$$\ln lp_{it} = \alpha_0 + c \ln dei_{it} + \alpha_1 \ln gei_{it} + \alpha_2 shc_{it} + \alpha_3 \ln open_{it} + \alpha_4 \ln sca_{it} + \delta_1 \quad (15)$$

$$\ln M_{it} = \beta_0 + a \ln dei_{it} + \beta_1 \ln gei_{it} + \beta_2 shc_{it} + \beta_3 \ln open_{it} + \beta_4 \ln sca_{it} + \delta_2 \quad (16)$$

$$\ln lp_{it} = \theta_0 + c' \ln dei_{it} + b \ln M_{it} + \theta_1 \ln gei_{it} + \theta_2 shc_{it} + \theta_3 \ln open_{it} + \theta_4 \ln sca_{it} + \delta_3 \quad (17)$$

The initial phase involves conducting a regression analysis on the primary equation to ascertain the impact of the digital technology application level on industrial labor productivity. This is achieved by examining the significance of the coefficient C. A significant C implies that digital technology influences industrial labor productivity, prompting further analysis. Conversely, an insignificant C halts the mediation effect

¹⁸⁹ Calculated by the author.

¹⁹⁰ Wen, Z., & Zhang, L. (2004). Mediation Effect Test Procedure and Its Application. *Acta Psychologica Sinica*, 36(5), 614-620.

examination. As established in the preceding analysis, the relationship between digital technology application and industrial labor productivity was affirmed with a positive coefficient C , thus warranting advancement to the subsequent testing phase.

In the second phase, the analysis extends to the final two equations to evaluate the significance of coefficients a and b in sequence. Should both coefficients prove to be significant, this would denote a notable mediation effect, thereby verifying its presence. If either a or b is insignificant, a Sobel test is employed. A significant outcome from the Sobel test would still denote the presence of a mediation effect.

The third phase entails a regression analysis on the concluding equation to determine the significance of the coefficient c . A significant result for c suggests a partial mediation effect. In contrast, an insignificant c implies a full mediation effect. Moreover, if both a and c are positive and the value of b is less than c , this solidifies the presence of a positive mediation effect.

(2) Regression Results Analysis

The Hausman test indicates that at the 1% significance level, all models (11)-(14) adopt the fixed effects model for regression analysis.

① Technological Innovation

Table 3.5 presents the regression results for the test of the mediation effect of technological innovation. From the results, the coefficient of the degree of digital technology application (a) in Model (11) is positive ($a = 0.122$), indicating that digital technology investment contributes to technological innovation and enhances production efficiency and management efficiency. After adding the mediating variable, technological innovation, to the baseline regression model (Model 5), the coefficient of the degree of digital technology application changes from 0.0363 to 0.0252 in Model (12), a decrease of 0.0111. This suggests that technological innovation serves as a mediating pathway through which digital technology affects industrial labor productivity, and the positive mediation effect indicates that the use of digital technology promotes technological innovation, leading to an increase in industrial labor productivity, supporting hypothesis 2.

Table 3.5 Intermediary Role of Technological Innovation¹⁹¹

VARIABLES	Model (11) Most	Model (12) lnlp
Indei	0.122*** (0.0170)	0.0252*** (0.00644)
Most		0.0959** (0.0380)
Ingei	-0.0880** (0.0349)	-0.990*** (0.00986)
lnshc	0.385*** (0.0954)	-0.648*** (0.0623)
lnopen	0.267*** (0.0845)	0.0950** (0.0400)
lnsca	-0.118** (0.0550)	-0.0736*** (0.0275)
Constant	1.555* (0.824)	8.430*** (0.494)
R-squared	0.996	0.996
Number of pro	31	31

② Industrial Structure

Table 3.6 presents the regression results for the test of the mediation effect of industrial structure. From the results, the coefficient of the degree of digital technology application (a) on industrial structure in Model (13) is negative ($a = -0.0364$). After adding the mediating variable, industrial structure, to the baseline regression model (Model 5), the coefficient of the degree of digital technology application changes from 0.0363 to 0.0443 in Model (14), an increase of 0.008. This suggests that industrial structure is a pathway through which digital technology enhances industrial labor productivity, but it also has a masking effect on the relationship between digital technology application and industrial labor productivity, with a masking quantity of 0.175 according to Wen Zhonglin

¹⁹¹ Calculated by the author.

et al.'s algorithm¹⁹². The empirical results do not support hypothesis 3. The reasons for this may be as follows:

First, the inappropriateness of the explanatory variable. Due to the difficulty in measuring the degree of digital technology application, this study adopts Tencent's "Internet+" Digital Economy Index as the measure, which covers a broad range of industries and may not accurately reflect the degree of digital technology application in the industrial sector. Hence, hypothesis 3 is not supported.

Second, dissipative effects during initial technology investment. As a nascent technology, digital technology has attracted increasing attention from more firms and countries, leading to intensified competition in the market. However, in the initial stage, only a few firms benefit from and attempt to organize other firms to benefit from this technology, leading to dissipative activities that undermine the benefits brought by digital technology, thereby affecting the improvement of industrial structure. With more firms entering the technology field, market competition increases, and the positive impact of digital technology becomes more evident, and the effect of industrial structure transformation and upgrading gradually emerges.

Third, implementation and recombination lag. Research and investment in digital technology are substantial, and it requires high technical requirements and equipment performance. This means that firms in the industry need to establish sufficient digital technology skills and equipment reserves and invent necessary complementary processes to truly enhance industrial structure. Achieving this requires time and financial support, and currently, with a relatively late start in digital technology adoption, most enterprises in China's industrial sector do not have the capability to do this effectively, resulting in the inhibiting effect of digital technology on industrial structure.

¹⁹² Wen, Z., & Zhang, L. (2004). Mediation Effect Test Procedure and Its Application. *Acta Psychologica Sinica*, 36(5), 614-620.

Table 3.6 Intermediary Role of Industrial Structure¹⁹³

VARIABLES	Model (13) lnisg	Model (14) lnlp
Indei	-0.0364*** (0.00559)	0.0443*** (0.00715)
lnisg		0.213* (0.117)
lngei	-0.0141 (0.0115)	-0.991*** (0.0119)
lnshc	0.219*** (0.0502)	-0.591*** (0.0652)
lnopen	-0.0932** (0.0393)	0.101** (0.0455)
lnsca	-0.0618** (0.0262)	-0.0691** (0.0307)
Constant	-3.058*** (0.432)	8.607*** (0.627)
R-squared	0.554	0.994
Number of pro	31	31

3.1.4 Heterogeneity Analysis

(1) Division based on the Degree of Digitization

This research delves into the influence of digital technology application levels on industrial labor productivity by segmenting the data into two distinct groups based on digitization intensity. The categorization process is delineated as follows: initially, the mean application level of digital technology for each province is computed for the years 2015 to 2017. Subsequently, these provincial means are averaged to establish a benchmark. Provinces exceeding this benchmark are deemed to have high digitization levels, whereas those below are considered to have low digitization levels. Provinces such as Beijing, Fujian, Guangdong, Henan, Jiangsu, Shandong, Shanghai, Sichuan, Zhejiang, Hubei, and Hunan are identified as highly digitized. In contrast, provinces including Tianjin, Hebei, Liaoning, Hainan, Shanxi, Jilin, Heilongjiang, Anhui, Jiangxi, Inner

¹⁹³ Calculated by the author.

Mongolia, Guangxi, Chongqing, Guizhou, Yunnan, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Ningxia, Xinjiang, and Tibet are categorized under the low digitization group. A regression analysis is subsequently applied to the datasets of these two subsets, with the findings presented in Table 3.7.

Table 3.7 Heterogeneity Test by Digitalization Degree¹⁹⁴

VARIABLES	Dependent=lnlp	
	Digitalization degree	Digitalization degree
	High area Model (15)	Low area Model (16)
lndei	0.0187** (0.00701)	0.0663* (0.0368)
lngei	-1.020*** (0.171)	-0.275 (0.774)
lnshc	-0.979*** (0.147)	-0.392 (0.467)
lnopen	0.00895 (0.0547)	-0.650 (0.857)
lnsca	0.0643** (0.0264)	-0.240 (0.177)
Constant	11.93*** (1.324)	4.548 (5.659)
R-squared	0.933	0.040
Number of pro	11	20

The analysis of regression data reveals that the influence of digital technology application on industrial labor productivity is contingent upon the digitization level within the region. It is observed that digital technology exerts a beneficial impact on labor productivity across regions with varying digitization degrees. Notably, the regression coefficient is more substantial in less digitized regions (0.0663) compared to highly

¹⁹⁴ Calculated by the author.

digitized ones (0.0187), indicating a more pronounced effect of digital technology on enhancing labor productivity in the former. This phenomenon can be attributed to the fact that in less digitized areas, the utilization of digital technology is relatively nascent, and thus its incremental impact on boosting labor productivity is more significant. Incremental advancements in digital technology application can result in considerable gains in labor productivity. Conversely, in highly digitized regions where digital technology application is already advanced, the incremental impact on industrial labor productivity is comparatively muted.

(2) Division based on Regions

Synthesizing the preceding discussions, it becomes clear that the deployment of digital technology across China's regions is markedly uneven. To delve into the effects that such regional disparities in digital technology application have on industrial labor productivity, this investigation segments the collected data into three distinct regional clusters: eastern, central, and western. Subsequent regression analyses are conducted on these clusters. The classification of the regions is as follows: the Eastern Region encompasses Beijing, Tianjin, Hebei, Liaoning, Shanghai, Jiangsu, Zhejiang, Fujian, Shandong, Guangdong, and Hainan; the Central Region comprises Shanxi, Jilin, Heilongjiang, Anhui, Jiangxi, Henan, Hubei, and Hunan; and the Western Region includes Guangxi, Inner Mongolia, Chongqing, Sichuan, Guizhou, Yunnan, Shaanxi, Gansu, Qinghai, Ningxia, Xinjiang, and Tibet. The outcomes of these regression analyses are systematically presented in Table 3.8.

Table 3.8 Regional Heterogeneity Test¹⁹⁵

VARIABLES	Dependent=lnlp		
	east	midland	west
	Model (17)	Model (18)	Model (19)
lndei	0.0316** (0.0119)	0.455 (0.516)	0.0378*** (0.00941)
lngei	-0.998*** (0.0784)	2.128 (3.553)	1.023*** (0.0747)
lnshc	-0.384 (0.308)	4.644 (6.088)	-0.780*** (0.149)
lnopen	-0.0977 (0.0603)	-1.465 (2.452)	0.137 (0.0845)
lnsca	-0.0324 (0.0623)	-4.585 (5.557)	-0.0364 (0.0558)
Constant	6.384** (2.678)	-42.21 (59.47)	9.899*** (0.977)
R-squared	0.930	0.125	0.848
Number of pro	11	eight	12

The outcomes of the regression analysis reveal that the influence of digital technology deployment on industrial labor productivity is not uniform across regions. In both the eastern and western regions, the infusion of digital technology positively correlates with industrial labor productivity, with the western region's regression coefficient (0.0378) marginally surpassing that of the eastern region (0.0316). Conversely, the central region's data does not show a significant correlation between digital technology application and industrial labor productivity. This pattern indicates that the beneficial impact of digital technology on labor productivity is more pronounced in the eastern and western regions. The rationale behind this pattern, as inferred by the researchers, is that in the economically advanced eastern region, digital technology's potential to enhance labor productivity is amplified by a synergy of factors, including but not limited to, the availability of skilled human resources, capital, technology, and transportation. In contrast, the western region, being relatively economically and digitally underdeveloped, exhibits a higher marginal effect of digital technology, and its

¹⁹⁵ Calculated by the author.

application can more easily influence industrial labor productivity. On the other hand, the central region is in an awkward position, leading to the less pronounced effect of digital technology application on industrial labor productivity.

3.1.5 summary

Following over thirty years of robust economic expansion, China's economy is transitioning into a phase marked by moderated growth rates, industrial evolution, and a shift in the impetus for economic activity. This new era is witnessing a radical transformation in the developmental landscape, prerequisites, and aspirations. Amidst this backdrop, digital technologies, propelled by the latest surge in the information revolution encompassing telecommunications, the internet, and computing, have come to the fore. As China navigates a pivotal juncture of industrial metamorphosis, the advancement of digital technologies assumes critical importance. Consequently, it becomes imperative to delve into the mechanisms by which digital technology applications influence industrial labor productivity, particularly in light of China's strategy to supplant traditional production elements like capital and labor with 'data'.

Empirical investigations conducted within this study affirm that digital technology deployment exerts a constructive influence on industrial labor productivity in China, effectuated via dual conduits. Initially, given the historical predominance of low-tech, labor-intensive industries with minimal value addition in the Chinese industrial sector, the advent of digital technology has catalyzed technological innovation. This breakthrough has significantly enhanced operational efficiency across various segments and elevated management efficacy by refining the dynamics of demand, production, and distribution. Moreover, digital technology has streamlined corporate processes, fostering a shift from a factor-driven to an innovation-led production ethos across enterprises. Secondly, digital technology has redefined the production landscape and revolutionized managerial practices, thereby spurring industrial restructuring and augmenting labor productivity. Despite empirical evidence suggesting that digital technology may initially impede industrial structural transformation, it nonetheless contributes to a rise in labor productivity. This paradoxical effect is scrutinized from three perspectives: the impact of

the chosen indicators, the dissipation of returns during the initial phase of technological investment, and the delays in technology adoption and integration. The study posits that the apparent retarding effect of digital technology on industrial restructuring is a transient phase, and that, over the long term, digital technology is poised to enhance resource distribution efficiency and foster industrial realignment, culminating in a bolstered industrial labor productivity.

Furthermore, an examination of sub-sample data within this study reveals that the impact of digital technology application on industrial labor productivity is modulated by varying degrees of digitization. Regions with less advanced digitization demonstrate a more pronounced positive effect on labor productivity. It is, therefore, crucial to capitalize on the nascent stages of digital technology evolution, expedite the process of industrial modernization, and ensure that the dividends of enhanced productivity are effectively harnessed by businesses and the broader populace.

Furthermore, digital technology has different effects on different regions in China. The promotion effect is more evident in the eastern and western regions, while it is not significant in the central region. Overall, this study concludes that digital technology plays a certain role in promoting industrial labor productivity. Although there are some shortcomings in the initial stages of its application, such issues are common during the early stages of all new technologies and industries. Therefore, the reasonable application of digital technology can produce more benefits than drawbacks. Currently, it is essential to focus on analyzing the impact mechanism of digital technology application on various industries and provincial economic development, allocate resources rationally, and formulate industrial development plans to promote the better and faster development of all industries.

Currently, the development of digital technology is a strategic issue for a country. The government work report has repeatedly emphasized the need to strengthen the construction of smart cities and a digital China. The 19th National Congress of the Communist Party of China also proposed the construction of a "strong country in science and technology, quality, aerospace, cyberspace, transportation, and digitalization." As a key technology for national construction, it is necessary to address the new requirements

and overcome new problems brought by digital technology in the next few years, which will be a focus of government work.

To this end, this paper proposes several suggestions:

Construct a new data standard management system: As the application of digital technology in the industrial industry mainly relies on the "data" element, data resources have become an essential factor in China's economic development. However, the traditional data standards and indicators system is no longer suitable for measuring the current data in industrial industry development. Therefore, it is of great significance to construct a new data standard management system. Firstly, reasonable standards should be formulated for metadata, including unified standards and norms for digital technology definitions, data usage rules, data ownership, and data quality standards, to ensure more rational use of the "data" element, clarify responsibilities, and avoid disputes. Secondly, a unified national standard must be established for data in core industrial enterprises. The extensive use of digital technology in the industrial industry requires a large amount of data. Thus, establishing a unified national standard for data in core industries can improve the efficiency of data utilization among enterprises and promote data sharing among enterprises. Finally, a unified set of digital technology-related measurement indicators, such as statistical dimensions, calculation methods, and accounting rules, should be established. Currently, the National Bureau of Statistics and industrial information departments have not yet established statistical data related to digital technology and digitization. Establishing a new statistical data system for core industries can help study and analyze the application of digital technology in various industries, eliminate information islands, and reduce information redundancy.

Strengthen the infrastructure construction of digital technology development: Research has shown that the research and investment in digital technology are significant, and the required technology and basic equipment are high. It is not possible to fully achieve this through enterprise self-investment alone; it requires government support. First, accelerate hardware infrastructure construction. Infrastructure construction is an essential foundation for promoting economic development through digital technology, including the upgrading of information infrastructure and the transformation of physical

facilities. Efforts should be made to promote 5G technology, the development of chips, the transformation of traditional industrial production equipment, electricity, health, and transportation equipment, and to drive the development of smart production and smart cities. Second, accelerate the development of human resources. The shortage of high-end comprehensive talents is one of the main reasons restricting the transformation and upgrading of most provinces' industrial industries in China. The development time of digital technology is relatively short, and the related talent training system has not yet been fully established. Most digital technology experts are disconnected from industrial sectors, making it difficult to effectively apply digital technology to industrial sectors. The government should actively introduce and cultivate talents in related fields. At the same time, developed regions in eastern coastal areas should strengthen cooperation with central and western regions, and promote talent exchanges among provinces. Third, accelerate the construction of security infrastructure. Security assurance is the bottom line of economic development. Many companies and sectors have been conservative about digital technology due to data security issues, which have affected the overall social development. It is necessary to accelerate the construction of data security and platform security to protect users' information security.

Guide rational investment and transformation of enterprises in the industry: With the increasing attention of the government and society to digital technology and the advent of Industry 4.0, more and more companies are turning their attention to digital technology and seeing it as a magic weapon to improve performance and transform and upgrade their businesses. However, many companies do not fully understand digital technology and blindly invest in digital transformation, ignoring whether they have the capability for digital transformation, whether they truly understand the matching of digital technology-related equipment with their own companies, and the necessity of digital technology for their own companies, among other issues. Enterprises that enter the field of digital technology solely based on trend-oriented considerations and ignore their actual conditions will not only fail to achieve the expected results but may also suffer even greater losses. Digital transformation is a long-term strategic action that requires long-term strategies and investment and focuses on long-term performance. Therefore, the

government should fully consider the capabilities and management methods of enterprises and provide reasonable guidance for companies in the industry. On the one hand, the government needs to develop relevant policies to support and encourage companies to carry out digital transformation, providing reasonable subsidies to help them through the relatively difficult initial stage of transformation. On the other hand, the government should encourage and support enterprises to introduce other capital, seek cooperation with capable and capital-intensive companies, and jointly promote industry progress.

3.2 The Impact of Digital Transformation on Listed Firms' Labor Productivity

The profound integration and innovative application of digital technology inside the tangible economy have brought about a transformative impact on the factors of production, organisational structure, and production methods. This development holds immense importance for firms in their pursuit of achieving high-quality growth. Empirical studies were done to investigate the impact of digital transformation on labour productivity in Chinese A-share listed companies during the period of 2007 to 2020, utilising data from this timeframe. The study presents evidence that the adoption of digital transformation significantly enhances labor productivity in businesses. This enhancement is especially noticeable in state-owned entities, high-tech firms, and companies that are in the expansion phase, taking into account the intrinsic attributes of the organizations as well as the external environmental and temporal dynamics. The analysis of underlying mechanisms reveals that digital transformation can elevate labor productivity in businesses through two primary channels: by alleviating financial constraints and by bolstering internal governance frameworks. The influence of digital transformation on labor productivity in corporations is amplified when these entities benefit from governmental financial support, which in turn bolsters their research and development activities. In order to augment the influence of digital transformation on labour productivity within enterprises, it is imperative for corporate management to sustain or elevate their understanding of digital transformation. Additionally, local governments should extend focused assistance towards digital transformation initiatives. Furthermore,

endeavours must be undertaken to nurture a pool of digital professionals and safeguard data security.

3.2.1 Theory Analysis and Research Hypotheses

Labour productivity is defined as the proportion of labour output to labour input during a specified time frame. There are two distinct manifestations of enhancing labour productivity. The first entails the augmentation of product output within a certain time frame, so resulting in heightened labour productivity. The second manifestation involves the reduction of labour duration necessary to manufacture a single unit of product, thereby further augmenting labour productivity.

Digital transformation is primarily dependent on advancements in digital technologies, including Artificial Intelligence, Blockchain, Cloud Computing, and Big Data (collectively known as "ABCD" underlying technologies). These technologies play a crucial role in the digitization of enterprise management and the evolution of business models, leading to improved operational efficiency. The anticipated outcome is that the implementation of digital transformation will yield a favourable impact on labour productivity. First and foremost, within the framework of the digitised management model, firms have the ability to exert precise control over many elements such as demand forecasting, product design, supply chain management, and inventory management. This enables them to optimise their production processes and maximise the number of marketable items that can be generated within the constraints of their existing production factors. Furthermore, the utilisation of digital technology facilitates the visualisation of production data, hence enabling the prompt identification of potential interruptions, such as machine faults that may occur throughout the manufacturing process. This practise guarantees expeditious solutions, such as the reassignment of manufacturing machinery or the timely organisation of repairs, in order to prevent any disruptions in the production process. By implementing real-time inventory monitoring following the completion of product manufacturing, digital management systems have the capability to detect the most popular products as well as those that have inadequate supply. Consequently, these systems may effectively schedule further production runs for products that exhibit gaps

in demand. Enterprises can achieve the desired objective of increasing production volume or reducing labour time per unit of product by implementing accurate demand forecasting, suitable product designs, and timely supply chain and inventory management decisions.

Furthermore, within the context of the intelligent business model, a notable transformation occurs through the replacement of certain assembly line workers by intelligent personnel such as robots and other such entities. On one hand, those who possess high cognitive abilities have the capacity to execute uncomplicated jobs with exceptional efficacy over a prolonged duration, without encountering any physical or mental constraints. In the realm of very precise algorithms, it is possible for activities to be accomplished autonomously, without the need for human control or supervision. This characteristic of algorithmic systems can result in increased productivity, as it reduces the amount of labour time required per unit of product, as compared to the efforts of regular employees. Conversely, people that exhibit high levels of intelligence possess attributes associated with knowledge and cognitive abilities. In complicated working settings, organisations have the ability to enhance their performance through ongoing iterations and upgrades facilitated by machine learning techniques. Within a few timeframe, individuals have the ability to replicate the work methods of experienced professionals and swiftly acquire proficiency in job-related competencies by leveraging past behavioural data. The collaboration between humans and machines decreases the likelihood of human errors and enhances work completion efficiency and cost-effectiveness. Based on the aforementioned information, the subsequent research hypotheses are posited.:

Hypothesis 1: Holding other conditions constant, digital transformation will enhance enterprise labor productivity.

The phenomenon of digital transformation has the potential to garner interest from a wide range of social sectors. Positive media coverage generates a "advertising effect" for businesses, so cultivating favourable psychological expectations among financial institutions and investors, ultimately augmenting their inclination to make investments. Consequently, the expansion of business finance channels leads to an enhancement in the alleviation of financial limitations. By allocating additional resources from their internal

funds, firms have the opportunity to enhance their investments in human capital that is distinctive to their organisation. This encompasses the augmentation of ongoing education, training, and additional resources (such as holiday greetings and birthday gifts) for employees, cultivating optimistic anticipations regarding the company's future progress, and bolstering their sense of affiliation, accountability, and even camaraderie. Employees who are motivated by good emotions are more likely to demonstrate a meticulous approach to their work and actively engage in skills training, resulting in an enhancement in labour productivity. Concurrently, organisations have the opportunity to recruit a greater number of proficient personnel who possess the necessary qualifications and are well-suited for intelligent manufacturing methods. Employees with advanced skills demonstrate enhanced adaptability and learning aptitude when working with intelligent production equipment, resulting in heightened coordination and notably enhanced production efficiency. Moreover, organisations have the opportunity to allocate the additional expenditures into iterative enhancements and maintenance of their existing intelligent production equipment, so ensuring their ability to fulfil the present demands of production. Despite the implementation of technical advancements, firms have the ability to continuously optimise the performance of their production equipment, resulting in a further enhancement of labour productivity. Based on the aforementioned evidence, the subsequent research hypothesis is posited:

Hypothesis 2: Digital transformation can alleviate the financing dilemma and enhance labor productivity.

Historically, certain businesses encountered limitations in securing financial resources and consequently opted to allocate their internal funds towards financial products, a phenomenon commonly referred to as "financialization." Alternatively, they assumed the risk of utilising short-term funds for long-term production projects, a strategy known as "short loan, long investment." These practises resulted in the appropriation of production funds and the subsequent dampening of labour productivity growth. Nevertheless, the implementation of digital transformation can enhance the internal control mechanisms of enterprises, thereby rectifying the aforementioned behaviours. The initial step in digital transformation involves using the fundamental digital

technologies to establish a comprehensive "data warehouse" within the organisation. This data warehouse integrates many types of data, including operational, personnel, and financial information, into a unified system. This integration facilitates the optimisation of internal control systems, leading to increased efficiency and effectiveness. With the use of computational resources, this data attains an immutable state, hence enabling visual manipulations. Management has the ability to access operational data at their discretion, thereby obtaining a comprehensive perspective on the current state of several functional divisions. Additionally, the implementation of digital transformation has the potential to mitigate hazards that may arise throughout the production process. For example, the use of big data and cloud computing can effectively address optimal production functions in advance, establish suitable production objectives, and mitigate the occurrence of important decision-making errors. In addition, the implementation of intelligent production equipment and digital management systems may effectively mitigate the occurrence of human errors and production delays resulting from absenteeism. These technological advancements facilitate the standardization of internal control procedures, hence ensuring seamless production processes and striving for the attainment of optimal production objectives. Based on the aforementioned evidence, the subsequent research hypothesis is posited:

Hypothesis 3: Digital transformation can strengthen internal governance and enhance labor productivity.

3.2.2 Research Design

(1) Empirical Model Design

To examine the relationship between digital transformation and enterprise labor productivity, the following benchmark model variable definitions are set:

$$LP_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 DT_{it} + \alpha_2 CV_s + Year + industry + \varepsilon_{it} \quad (18)$$

Table 3.8 Variable Definitions¹⁹⁶

Variable Category	Variable Name	Description
Dependent Variable	Labor Productivity (LP)	Total Factor Productivity (TFP) as a surrogate measure, capturing the impact of advancements in staff knowledge, skills, and organizational management on labor productivity.
Core Independent Variable	Digital Transformation (DT)	Measured through Python analysis of annual reports for keywords related to digital transformation, subdivided into 'fundamental technology application' and 'technical practice application'.
Control Variables	Enterprise Size (Size)	Defined as the logarithm of total assets.
Control Variables	Enterprise Growth (Growth)	Defined as (current-year operating income - previous-year operating income) / previous-year operating income.
Control Variables	Asset-Liability Ratio (Lev)	Defined as total liabilities / total assets.
Control Variables	Return on Assets (ROA)	Defined as the ratio of net profit to total assets.
Control Variables	Enterprise Age (Age)	Represented by the logarithm of the enterprise's establishment time.
Control Variables	Investment Opportunities	Measured using the Tobin Q ratio.
Control Variables	Largest Shareholder's Shareholding (Larghold)	Defined as the proportion of shares held by the largest shareholder in the total share capital.

(2) Data Source

The study sample consists of long-window data from A-share listed companies from 2007 to 2020. Micro-level data is sourced from the CSMAR and Choice databases, while macro variables are obtained from the WIND database. Companies classified as ST, delisted, IPO, or financial in nature are excluded from the sample, and all micro-enterprise data undergoes a 1% and 99% quantile trimming (Winsorize) process. (See

¹⁹⁶ Developed by the author

Table 3.9)Table 3.9 Descriptive statistic¹⁹⁷

variable	symbol	Mean	P50	Sd	Min	Max	N
Digital transformation	DT	0	-0.064	0.741	-3.696	5.134	27 481
labor productivity	LP	1.297	0.693	1.432	0	5.03	26 702
Size	Size	22.07	21.88	1.287	19.79	26.1	29 770
Asset-liability ratio	Lev	0.417	0.413	0.201	0.05	0.869	29 770
return on assets	ROA	0.042	0.04	0.058	-0.253	0.2	29 770
Enterprise age	Age	2.776	2.833	0.39	1.386	3.466	29 770
Enterprise growth	Growth	0.366	0.134	0.944	-0.7	6.561	28 570
variable	symbol	Mean	P50	Sd	Min	Max	N
investment opportunity	Tobin Q	1.984	1.613	1.16	0.868	7.531	28 910
The shareholding ratio of the largest shareholder	Larghold	0.353	0.334	0.149	0.09	0.751	28 200

3.2.3 Empirical Results Analysis

(1) Baseline Regression

Table 3.10 delineates the foundational regression outcomes linking digital transformation to labor productivity. Utilizing a progressive regression methodology, the initial set of results, as depicted in the first column, reveals that with time and industry effects accounted for, the coefficient for digital transformation's influence on labor productivity stands at 0.0453, with a 1% statistical significance level. This underscores the positive contribution of digital transformation to labor productivity enhancement. Introducing various control variables in the second column, the coefficient for digital transformation is 0.0240, maintaining its significance at the 1% level, which implies a robust positive influence on labor productivity, independent of other variables, thus affirming Hypothesis 1. Nonetheless, the impact of digital transformation on labor productivity could be subject to temporal lags. To capture this potential delay, the study expands the temporal scope, assessing the enduring influence of digital transformation on labor productivity by considering a 1 to 4 period lag. Columns 3 to 6 of Table 3.10 present these findings, where the core independent variable—digital transformation—consistently exhibits a positive coefficient, reinforcing the support for Hypothesis 1.

¹⁹⁷ Calculated by the author.

Table 3.10 The Influence of Digital Transformation on Labor Productivity: Benchmark Regression and Dynamic Effect¹⁹⁸

variable	baseline		dynamic			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DT	0.0453*** (0.0095)	0.0240*** (0.0084)				
L1.DT			0.0281*** (0.0084)			
L2.DT				0.0285*** (0.0091)		
L3.DT					0.0299*** (0.0104)	
L4.DT						0.0283** (0.0119)
CVs	NO	YES	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	24 497	23 995	24 396	21 503	18 598	15 880
adj. R ²	0.004	0.172	0.174	0.179	0.182	0.182

(2) Robustness Test

To ensure the robustness of the baseline conclusions, this study conducts the following robustness tests:

Replacing fixed effects: Introducing "Year×Industry" joint fixed effects. In general, some institutional or human factors may simultaneously affect digital transformation and labor productivity, and these factors may vary over time. To control for these potential confounding factors, the study includes interaction terms between industry and time virtual variables.

Removing special samples: Excluding the impact of financial crises and stock market crashes. The global financial crisis that occurred in 2007-2008 and the Chinese stock market crash in 2015 significantly affected the financial market, leading to abnormal financial data for many listed companies. To eliminate the interference caused by these exogenous shocks, the samples from 2007, 2008, and 2015 are removed, and the regression is conducted with the remaining samples.

¹⁹⁸ Calculated by the author.

Replacing the proxy variable for the dependent variable labor productivity: In addition to using total factor productivity (TFP) as a proxy for labor productivity, the study also uses labor productivity measured by the natural logarithm of output per employee (Lprod) as another important proxy.

Addressing endogeneity issues: To avoid the interference of endogeneity, this study performs placebo tests and instrumental variable tests to verify the core conclusions. The placebo test involves replacing the core independent variable with random variables and re-conducting the regression. If the regression coefficient is not significant and close to zero, it indicates that there is no significant interference from random factors (e.g., omitted variable bias). As for instrumental variable tests, the study uses internet penetration rate as an instrument variable and re-conducts the regression.

After conducting these robustness and endogeneity tests, the empirical results remain substantially unchanged, indicating that the baseline conclusions are highly robust.

(3) Heterogeneity Analysis

This document delivers an exhaustive evaluation of how digital transformation influences labor productivity within corporate environments, taking into account factors such as the type of ownership, industry sector, and stage in the business lifecycle.

The businesses in the study are divided into state-owned and privately held entities according to their ownership structure. Results displayed in Table 3.11 reveal that the adoption of digital transformation within state-owned corporations significantly boosts labor productivity. This is substantiated by a regression coefficient value of 0.0554, achieving statistical significance at the 1% threshold. In the case of private firms, it is worth noting that while the regression coefficient of digital transformation on labour productivity displays a positive relationship, it does not attain statistical significance at any traditional level of testing. One potential explanation is that state-owned firms, in addition to their policy obligations, receive advantageous conditions such as tax exemptions, government subsidies, and preferential access to financing. These benefits can offer immediate and impactful financial and policy assistance for their digitalization efforts. This enables businesses to reconstruct production variables and processes, so substantially enhancing their prior suboptimal labour productivity. Conversely, private

firms frequently have limitations in securing funding and experience financial stress. Despite exhibiting a high inclination towards digital transformation, the organisation faces limitations due to budgetary constraints, resulting in a decelerated pace of digital transformation and a relatively modest growth in labour productivity. Hence, the influence of digital transformation on labour productivity is notably more prominent within state-owned firms.

Table 3.11 Heterogeneity Influence of Digital Transformation on Labor Productivity:
Property Rights and Industry Categories¹⁹⁹

variable	SOEs (1)	PE (2)	high-tech (3)	non-high-tech (4)
DT	0.0554** (0.0083)	0.0052 (0.0047)	0.0650*** (0.0053)	0.0034 (0.0057)
CVs	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES	YES
N	9598	12 976	6452	17543
adj.R2	0.224	0.159	0.290	0.148

Industry category: The sample enterprises are divided into high-tech and non-high-tech enterprises. The estimation results show that the positive driving effect of digital transformation on labor productivity is significant only in high-tech enterprises. The reason for this may be that high-tech enterprises have strong innovation capabilities and technical foundations. Benefiting from their technological basis, they can quickly integrate digital technology and apply it to various production processes, creating more powerful competitive advantages. On the other hand, non-high-tech enterprises have relatively traditional production and organizational models. It requires more effort for them to adapt to new market rules when attempting digital transformation and achieving deep integration. They may even encounter difficulties during the digital transformation process due to uncertainties about new technologies, products, and market responses. It takes more time for them to explore how to reconstruct business models and

¹⁹⁹ Calculated by the author.

organizational structures and gradually infuse digital technology into various production processes. Therefore, the positive effects of digital transformation are more pronounced in high-tech enterprises.

Lifecycle: The sample enterprises are categorized into growth stage, mature stage, and decline stage based on their lifecycles. Table 3.12 shows that the regression coefficients of digital transformation on labor productivity are significantly positive for enterprises in the growth stage, mature stage, and decline stage. However, only the regression coefficient for digital transformation in the growth stage is significant at the 1% level. This indicates that digital transformation has a positive driving effect on labor productivity for enterprises in the growth, mature, and decline stages, but this effect is most pronounced during the growth stage. The possible reason is that enterprises in the growth stage have not solidified their production models and organizational structures, making them more receptive to digital technology. After implementing digital transformation, they can quickly apply emerging technologies such as big data and AI to production processes, resulting in a significant increase in labor productivity. Mature stage enterprises have already established their production scale and operational models, making it more time-consuming and cumbersome to fully integrate emerging technologies with traditional production elements. This might lead to slower digital transformation and a slightly weaker impact on labor productivity compared to the growth stage. On the other hand, decline stage enterprises may explore digital transformation in the short term by reducing labor and increasing the use of intelligent equipment. However, they might struggle to adapt to the continuous demands of digital transformation in the long run, resulting in a weaker positive effect on labor productivity.

Table 3.12 The heterogeneous influence of digital transformation on labor productivity: growth period, maturity period and recession period²⁰⁰

variables	growth period (1)	maturity period (2)	recession period (3)
DT	0.0380*** (0.0059)	0.0101* (0.0061)	0.0193* (0.0102)
CVs	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES
N	10 709	8903	4313
adj.R2	0.162	0.229	0.162

(4) The Mediation Effect Test of Digital Transformation on Labor Productivity

Although the previous analysis confirmed a positive relationship between digital transformation and labor productivity, the specific mechanism through which digital transformation enhances labor productivity has not been fully explored. Table 3.13 presents the results of the mediation effect test for the "Digital Transformation—Financial Constraint—Labor Productivity" relationship. The regression coefficient of digital transformation (DT) on financial constraint (SA) is -0.0071, and the estimated coefficient of financial constraint (SA) on labor productivity (LP) is -0.0640, both passing significance tests at least at the 5% level. This indicates that digital transformation can improve labor productivity by alleviating financial constraints, consistent with hypothesis 2. The benefits of digital transformation are evident in various sectors, as it allows enterprises to establish a positive image, leading to increased direct and indirect financing due to investors and institutions perceiving improved prospects for future development. With sufficient cash flow, enterprises can enhance employee recognition and psychological attachment, fostering greater employee initiative. Additionally, they can upgrade to intelligent production equipment, enabling a more efficient combination of smart employees and advanced human capital, ultimately resulting in increased labor productivity.

Furthermore, Table 3.13 also displays the results of the mediation effect test for the

²⁰⁰ Calculated by the author.

"Digital Transformation—Internal Control—Labor Productivity" relationship (M(4) and M(5)). The research demonstrates that the regression coefficient of digital transformation (DT) on internal control (In_con) is 0.0027, and the estimated coefficient of internal control (In_con) on labor productivity (LP) is 0.4291, both passing significance tests at the 1% level. This indicates that digital transformation indeed strengthens internal control within enterprises, improving corporate governance and promoting the enhancement of labor productivity, supporting hypothesis 3. Digital transformation utilizing digital technology enables the intelligent and visual management of production processes and systems, leading to increased transparency and precision in monitoring the operational status of subordinate functional departments for management. This, in turn, allows managers to grasp the latest production conditions promptly, clarify the responsibilities of each department, standardize their work tasks, enhance operational efficiency, reduce resource misallocation during production, lower implementation risks, and seek the optimal strategy of allocating each production factor to the most suitable work task, thereby increasing labor productivity.

Table 3.13 External transmission mechanism of digital transformation on labor productivity: financing constraints and internal control perspective²⁰¹

variable	LP (1)	KZ (2)	LP (3)	In_con (4)	LP (5)
DT	0.0240*** (0.0040)	-0.0071*** (0.0013)	0.0235*** (0.0040)	0.0027*** (0.0007)	0.0234*** (0.0044)
SA			-0.0640** (-3.19)		
In_con					0.4291*** (10.55)
CVs	YES	YES	YES	YES	YES
Year	YES	YES	YES	YES	YES
Industry	YES	YES	YES	YES	YES
N	23 995	25 Oil	23 995	20 807	20 644
adj. R2	0.172	0.424	0.172	0.231	0.182

²⁰¹ Calculated by the author.

3.2.4 Expansionary Analysis: Digital Transformation and Labor Productivity — From the Perspective of Internal and External Support

Before digital transformation unleashes its potential, funding is a crucial factor determining the progress of the transformation process. Enterprises obtain funding from internal and external sources, and the utilization of funds may vary depending on the capabilities and traits of managers. In theory, digital transformation is advocated by the government as a direction for high-quality development of enterprises. Government departments closely monitor the effectiveness of digital transformation in enterprises and may provide policy support, such as special subsidies, to a certain extent. When enterprises have sufficient dedicated funds for digital transformation, their short-term pressures are reduced, allowing them to focus more effectively on stimulating production and research and development activities. Consequently, the investigation expands to incorporate the intensity of research and development as well as governmental financial support to ascertain their moderating roles. The findings, as depicted in Table 3.14, assess the influence of both internal and external facilitators on the nexus between digital transformation and labor productivity. The regression analysis reveals that the coefficient for the interaction between digital transformation (DT) and government subsidies (Gov_sub) stands at 0.4548, which is statistically significant at the 5% level. Similarly, the coefficient for the interaction between digital transformation (DT) and the intensity of research and development (RD) registers at 0.2370, meeting the threshold for statistical significance at the 1% level. These outcomes suggest that both government financial incentives for digital transformation and a heightened focus on internal research and development amplify the positive impact of digital transformation on the productivity of labor within firms.

Table 3.14 Digital Transformation, Internal and External Support and Labor Productivity²⁰²

variable	(1)	(2)
DT	0.0215*** (0.0050)	0.0338*** (0.0073)
DT×Gov_sub	0.4548** (0.1850)	
Gov_sub	-3.3418*** (0.4302)	
DT×RD		0.2370*** (0.0724)
RD		-2.9371*** (0.1464)
CVs	YES	YES
Year、Industry	YES	YES
N	23 995	23 995
adj.R2	0.174	0.185

From the perspective of external government subsidies, firstly, government subsidies to target enterprises have specific amounts and vary. The specific subsidy amounts are determined by relevant functional departments based on the historical business performance and future potential for digital transformation development of enterprises. Enterprises with higher qualifications and greater potential receive more subsidies, increasing the likelihood of these enterprises achieving the expected benefits from advancing digital transformation, ultimately contributing to the improvement of labor productivity. Secondly, the flow and benefits of funds brought about by digital transformation serve as evidence for future subsidy applications. This not only to some extent suppresses potential adverse selection and moral hazard issues among enterprise managers but also further standardizes the operation of digital transformation within enterprises (resource allocation, personnel arrangements, etc.), thereby achieving the effect of improving labor productivity.

From the perspective of internal enterprise support, firstly, regardless of whether the funding comes from government subsidies or internal resources, increasing internal research and development intensity means that enterprises allocate more funds to

²⁰² Calculated by the author.

production and research activities instead of investing in other short-term economic activities with high returns. A stable and orderly internal financial situation provides a favorable development environment for the digital transformation process of enterprises, enhancing labor productivity. Secondly, the increase in research and development intensity by enterprises reflects the level of importance attached by management to digital transformation. Managers proactively understand and monitor the development trends of digital transformation businesses, expediting the release of digital transformation potential. Furthermore, increasing research and development intensity provides funding support for specialist training, talent recruitment, and equipment upgrades during the digital transformation process, enabling enterprises to leverage intellectual resources and state-of-the-art equipment to tackle digital challenges, accelerating the digital transformation process and further enhancing labor productivity.

3.2.5 Summary

The investigation conducted within this study rigorously assesses the influence of digital transformation within enterprises on the productivity of their labor force. Results consistently demonstrate that digital transformation substantially bolsters labor productivity. This enhancement persists even when the temporal scope is broadened, when fixed effects are substituted, when outlier samples are omitted, when placebo trials are executed, and when instrumental variable analyses are employed. Dissecting the data further, it becomes apparent that the beneficial impact of digital transformation is more distinct within state-owned entities, high-tech firms, and companies experiencing a growth trajectory. The study identifies that alleviating external financial restrictions and fortifying internal governance serve as critical conduits through which digital transformation propels enhancements in labor productivity. The positive influence of digital transformation is further intensified when firms receive governmental fiscal support and escalate their research and development activities. These findings yield several pivotal insights:

Firstly, enterprise management should maintain or enhance awareness of digital transformation. With the rapid development of emerging technologies, competition

patterns among enterprises are being disrupted, and enterprises should attach great importance to digital transformation to invigorate production activities through digital transformation .

Secondly, local governments should provide targeted support for digital transformation to enhance its substantial effectiveness. On one hand, local governments should actively use digital technology to identify enterprises with real potential and feasible qualifications for digital transformation and provide targeted support to these enterprises. On the other hand, government departments should use digital technology to conduct risk assessments of enterprises in advance and monitor and manage enterprise behavior in real-time afterward to ensure that government subsidies are utilized effectively and generate practical outcomes.

Thirdly, nurturing a team of digital talents and promoting the advancement of human capital structure. Enterprises should actively involve intelligent employees in production activities, pay attention to the working environment and skills training of existing high-level talents, and continue to introduce or learn from the gig economy model and collaborate with professional talents. By optimizing the internal talent structure, enterprises can transform their human capital structure towards a higher level, thereby enhancing production efficiency.

3.3 The Impact of Digital Transformation on Labor Productivity in SMEs

The significance of labour productivity lies in its impact on a nation's social welfare, livelihood security, and economic progress. Labour productivity has a significant impact on the distribution of factor income, particularly in relation to the income of both urban and rural populations. Moreover, it directly influences the proportion of revenue allocated to labour. Enhancing individuals' income levels and fostering widespread prosperity constitute a significant strategic objective during the "14th Five-Year Plan" period. The enhancement and preservation of labour productivity are anticipated to play a crucial role in augmenting residents' income and safeguarding and enhancing livelihoods in the future of our nation. The escalating internal population crisis has created a pressing need to bolster labour productivity. According to the findings of the seventh national population

census, there has been a notable increase in the proportion of individuals aged 60 and above in China, with a rise of 5.44 percentage points compared to the data from 2010. This demographic shift has resulted in a total of 260 million individuals falling into this age group, indicating a significant acceleration in the ageing trend of the population. The entire supply of labour force in China has commenced a decline as a result of the ongoing reduction in the working-age population. The employment rate in the country had a notable decrease at the conclusion of 2018, marking the initial instance of such a reduction. Projections indicate that this downward trend is likely to persist in the subsequent years. In light of the dual problems posed by the irreversible ageing trend and the progressive elimination of the demographic dividend, it has become evident that the conventional development model, which heavily relies on labour input as a means to drive economic growth, is no longer viable in the long term. Consequently, enhancing labour productivity has emerged as a crucial factor in facilitating the attainment of superior economic and social progress in China. What are the key determinants that contribute to enhancing labour productivity?

Extensive research has been performed by the academic community to elucidate this subject. Based on scholarly research utilising diverse hierarchical data, it has been determined that labour force quality, industrial agglomeration, vertical specialisation, capital deepening, and technological progress exert a notable positive impact on labour productivity. Conversely, the relationship between labour productivity and environmental regulations, as well as artificial intelligence, is found to be nonlinear. Despite the existence of extensive research findings and a substantial body of literature on labour productivity, there has been limited scholarly attention devoted to examining the influence of the rapidly advancing digital economy on labour productivity. This research gap presents a valuable opportunity for the present study. In recent years, the robust growth of the digital economy has positioned digital technology as the primary catalyst for the economic and social advancement of our nation. The adoption of digital technology has prompted traditional organisations to expedite their transition into networked, intelligent, and automated entities, leading to a significant surge in corporate digitization. The academic community has shown significant interest in the rapid

advancement of enterprise digitization, leading to intense debates among experts over its economic and social implications. Previous studies have demonstrated that the implementation of enterprise digital transformation yields substantial economic advantages for physical enterprises. Moreover, it has been observed that such transformation can effectively moderate the positive influence of government subsidies on long-term debt financing for enterprises. Additionally, it facilitates organisational decentralisation within enterprises, leading to a reduction in the overall magnitude and proportion of labour costs. Furthermore, enterprise digital transformation contributes to enhancing input-output efficiency and significantly improves the performance of corporate social responsibility. Does the implementation of digital technology in enterprises contribute to enhancing labour productivity? What potential mechanisms could be implicated? Thus yet, no scholars have expressed a favourable reaction to this matter.

Based on previous research by scholars, this paper summarizes the impact mechanism of enterprise digitization on labor productivity and attempts to clarify the implementation path of enterprise digitization in improving labor productivity under the background of the digital economy. Compared with existing research, this paper's marginal contributions may be reflected in the following aspects: First, in terms of research methods, the measurement of enterprise digitization level is a key issue in related empirical studies. Different from existing research that often uses alternative indicators to measure enterprise digitization or generates ratio variables based on digital information contained in sample data, this paper constructs an enterprise digitization index based on the status of enterprises' business management activities through the Internet, using the iterative factor method to more accurately depict the level of enterprise digitization. Second, in terms of research subjects, most of the existing relevant literature is based on regional data, industry data, or research on listed companies, while there is relatively little systematic research on the digitization of small and medium-sized private enterprises. Private enterprises have made great achievements from "0" to "56789" in the past 40 years, accounting for nearly 80% of the stock of urban residents' employment and being the largest guarantee for urban employment and the largest subject of China's microeconomic

foundation. This paper is based on a sample of Chinese private enterprises for empirical research, and the empirical conclusions are more universal, providing important practical guidance for the digitization and labor productivity improvement of small and micro enterprises that account for the vast majority in China. Third, in terms of the role path, this paper systematically summarizes the impact mechanism of enterprise digitization on labor productivity from three perspectives: technological progress, organizational change, and labor force mobility, providing theoretical support for the related research on enterprise digitization and labor productivity.

3.3.1 Impact Mechanisms and Research Hypotheses

(1) Impact of Enterprise Digitization on Labor Productivity

According to fundamental economic theory, labour is seen as a fundamental input factor in the production and operations of enterprises. Enterprise digitization is a progressive procedure that employs digital technology as the principal mechanism to consistently amalgamate conventional production factors with data elements, resulting in the conversion, streamlining, and augmentation of production methods, management models, and business forms. Hence, the correlation between the digitization of enterprises and labour productivity can vary, contingent upon the level of harmonisation between data components and labor-related aspects. In the early phases of corporate digitization, the allocation of resources, such as money and technology, is focused on the process of digital transformation. This may result in a crowding-out impact on productive resources and subsequently lead to a decrease in labour productivity. Nevertheless, as the process of enterprise digitization advances towards a state of maturity, wherein the influence of digitalization on labor-related elements becomes substantial, it is anticipated that there will be a favourable impact on labour productivity. Based on the aforementioned analysis, the subsequent hypothesis is proposed.

Hypothesis 1: Enterprise digitization has a non-linear impact on labor productivity, initially showing a decline followed by an improvement.

(2) Impact Mechanisms

The enhancement of labor productivity can be broadly explained through three

main pathways. First, technological progress plays a crucial role. Enterprises engage in technological innovation and process optimization to upgrade their production and operations, thereby increasing labor productivity. Second, organizational improvements are important. Through structural reforms, management innovations, and clear departmental divisions of labor, enterprises can optimize the efficiency of resource allocation and enhance labor productivity. Third, hiring high-quality labor can elevate productivity. Employing skilled personnel can raise the level of human capital in the workforce, leading to increased labor productivity. The following will elaborate on the conduction mechanisms of enterprise digitization within these three pathways.

Mechanism of Technological Progress Promotion:

The application of internet technology facilitates the spread of knowledge and information, promoting enterprise innovation and stimulating innovation initiatives. Digital technology-driven enterprise digitization improves interdepartmental communication efficiency, minimizing information loss and activating data and information elements. This leads to the release of previously constrained innovative resources and capabilities, strengthening dynamic collaboration trends, lowering innovation costs, and significantly improving innovation efficiency, thereby driving technological progress. However, the technological advancement brought about by enterprise digitization may have certain impacts on labor departments. On one hand, the informatization, intelligence, and automation of production and operations guided by digital technology may partially replace labor-intensive production methods, leading to a potential crowding-out effect on capital elements that promote labor productivity. On the other hand, the application of digital technology can assist workers in performing repetitive and complex tasks requiring coding, thereby increasing labor productivity. Hence, after achieving "human-machine collaboration," the technological progress brought about by enterprise digitization is expected to have a significantly positive effect on labor productivity. Based on this analysis, the following hypothesis is proposed.

Hypothesis 2: The technological progress effect of enterprise digitization has an impact on labor productivity, initially showing a decline followed by an improvement.

Mechanism of Organizational Change Promotion:

Organizational change is a critical factor in determining whether digital technology can enhance enterprise efficiency. If enterprise management decisions do not adapt to the impact of data elements, digital technology may struggle to create value, improve performance, and may even lead to the "IT productivity paradox." The rapid development of the digital economy triggers strategic changes within enterprises, driving shifts in objectives, innovative governance structures, and a series of internal management model changes, propelling organizations towards networked and flatter structures. Liu Zheng et al. (2019) argue that enterprise digitization, through a combined effect of increasing organizational information costs and reducing agency costs, promotes decentralization within organizations²⁰³. As a core department within enterprises, labor departments' productivity is inevitably affected by the impact of enterprise digitization. When enterprise management decisions are not aligned with the digitization process, a negative effect on labor productivity is expected. Conversely, when management decisions are optimized through change, enhancing management efficiency and decision-making, a positive impact on labor productivity is anticipated. Based on this analysis, the following hypothesis is proposed.

Hypothesis 3: The organizational change effect of enterprise digitization may have an impact on labor productivity, initially showing a decline followed by an improvement.

Mechanism of Enhanced Labor Mobility:

Most literature investigating labor productivity employs the "output per worker" indicator at different levels. This reveals that besides external factors affecting labor output, the quantity, quality, and employment structure of labor are also important determinants of labor productivity. The technological progress effect and organizational change effect of enterprise digitization may have certain skill bias, primarily substituting for labor with lower skill levels and increasing the proportion of high-skilled labor. Cai Qingfeng et al. (2021) found that the development of digital financial technology significantly enhances the mobility of low-skilled labor rather than high-skilled labor in

²⁰³ Liu, Z. (2019). Digital Labor and Data Capitalization in the Digital Economy Era: A Study Based on the Logic of Capital by Marx. *Journal of Northeastern University (Social Science Edition)*, 2019(4), 1-8.

regional enterprises²⁰⁴. Consequently, the application of digital technology will lead enterprises to prefer hiring high-skilled employees, altering the original employment tenure structure due to variations in the substitution elasticity of different skill levels. Low-skilled employees, with higher substitution elasticity, are more likely to be hired temporarily, while high-skilled employees are given longer employment tenures. This restructuring of employment can effectively reduce wage costs for enterprises and stimulate existing employees to increase efficiency, indirectly leading to enhanced output per worker.

Hypothesis 4: Enterprise digitization may increase labor mobility, thus positively impacting labor productivity.

3.3.2 Research Design

(1) Data Source:

This study uses data from the 2016 China Private Enterprise Survey as the empirical basis for research. The data was obtained through a stratified random sampling survey conducted every two years across private enterprises nationwide by a joint research team composed of the United Front Work Department of the CPC Central Committee, the All-China Federation of Industry and Commerce, the State Administration for Industry and Commerce, and the China Association of Private Economy (Xu et al., 2020)²⁰⁵. The 12th China Private Enterprise Survey conducted in 2016 provided relevant information on "Internet+" and enterprise industrial transformation.

(2) Econometric Model Specification:

To examine the impact of enterprise digitization on labor productivity, the following econometric model is specified

$$Labor_{ijp} = \beta_0 + \beta_1 Digitize_{ijp} + \beta_2 Digitize_{ijp}^2 + \beta_3 Controls + X_j + \eta_p + \varepsilon_{ijp} \quad (19)$$

where subscripts *i*, *j*, and *p* represent enterprises, industries, and provinces, respectively. The dependent variable $Labor_{ijp}$ represents enterprise labor productivity, and the core explanatory variable $Digitize_{ijp}$ denotes the level of enterprise digitization.

²⁰⁴ Cai, Q. F., Wang, H. Y., & Li, D. X. (2021). Internet finance, labor productivity, and enterprise transformation: The perspective of labor mobility. *China Industrial Economics*, (12).

²⁰⁵ Xu, X., & Zhao, M. (2020). Data Capital and Economic Growth Path. *Economic Research*, 55(10), 38-54.

$Digitize_{ijp}^2$ represents its squared term. Controls represent the control variables, including individual characteristics of entrepreneurs, enterprise-level characteristics, and regional characteristics. Additionally, industry fixed effects (X_j) and province fixed effects (η_p) are introduced to control for unobservable characteristics that may affect enterprise labor productivity. ε_{ijp} denotes the error term.

(3) Variable Definitions:

Dependent Variable: Labor Productivity (Labor). For the measurement of labor productivity, previous literature has used various ratios of GDP to employment at different levels (region, industry, and enterprise). However, Liu Yiming et al. (2021) applied Marxist economic methods and argued that the new value created per employee represents a reasonable proxy for labor productivity. In other words, labor productivity is measured based on the new value created per employee in the enterprise²⁰⁶. Specifically, it is calculated using the formula $\ln(1 + (\text{tax revenue} + \text{post-tax profit} + \text{total wages}) / \text{number of employees})$. In this study, we adopt the method proposed by Liu Yiming et al. (2021) to measure enterprise labor productivity, and for robustness checks, we also use the commonly used "output per worker" to substitute for measuring labor productivity, i.e., the ratio of enterprise operating revenue to the total number of employees (Labor2).

Core Explanatory Variable: Enterprise Digitization Level (Digitize). Although enterprise digitization is rapidly developing, limited availability of data on digital characteristics and the diverse forms it takes have resulted in fewer studies employing comprehensive indicators to measure enterprise digitization (Chen and Zhou, 2021)²⁰⁷.

²⁰⁶ Liu, Y. M., & Zhang, Y. M. (2021). Labor quality and labor productivity in private enterprises: A Marxist perspective. *World Economy*, 44 (1), 3-24

²⁰⁷ Chen, M. G., & Zhou, Y. R. (2021). Impact of digitization on labor costs of enterprises. *China Population Science*, (4).

Most existing literature mainly adopts alternative indicators to measure digitization, with the most basic and common being the internetization index of enterprises (Goldfarb, 2019; Chen et al., 2019)^{208 209}. Following the ideas of Huang Yuhong et al. (2019)²¹⁰, this study constructs the enterprise digitization index based on enterprise internet information.

Regarding the internet usage of private enterprises, the 2016 survey data provides relevant information on 9 activities conducted by enterprises through the internet. Based on this, following the approach of Huang Yuhong et al. (2019), we transform these 9 internet usage activities into binary variables (0-1) and then use iterative principal component analysis to construct the enterprise digitization index. Table 3.15 shows the factor characteristic values, variance contribution rates, and cumulative variance contribution rates obtained through factor analysis. Based on the principle that the eigenvalues are greater than 1 or the cumulative variance contribution rate exceeds 80%, and considering that Factor 1 and Factor 2 together explain 0.7996 of the standardized variance, Factor 1 and Factor 2 are chosen to measure enterprise digitization. Table 3.16 presents the results of the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test, with the Bartlett sphericity test statistic value being 5,418.71, and the corresponding significance probability being 0.000. At the same time, the KMO value is 0.769, confirming the rationality of conducting factor analysis in this study. Comparing the rotated factor loadings reveals that Factor 1 is highly correlated with activities such as "opening online stores," "advertising and enterprise promotion," "collaboration with internet companies," and "establishing enterprise Weibo and WeChat public accounts." Factor 2 is highly correlated with activities such as "establishing enterprise websites," "hiring talents," and "search engine bidding rankings." Based on this, the comprehensive scores of these two factors (sum of variance contribution rates multiplied by factor scores) are calculated to obtain the enterprise digitization index.

²⁰⁸ Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. *Journal of Economic Literature*, (1).

²⁰⁹ Chen, Y., Lin, C., & Chen, X. (2019). Artificial Intelligence, Aging, and Economic Growth. *Economic Research*, 54(7), 47-63.

²¹⁰ Huang, Y. H., & Huang, L. (2019). Financial knowledge and innovative awareness and vitality of small and micro enterprises: An empirical study based on the survey of Chinese small and micro enterprises (CMES). *Financial Research*, (4).

Table 3.15 Results of factor analysis²¹¹

factor	Eigenvalue	variance contribution rate	cumulative variance contribution rate
Factor1	1.583 2	0.660 3	0.660 3
Factor2	0.333 8	0.139 2	0.799 6
Factor3	0.190 3	0.079 4	0.878 9
Factor4	0.151 1	0.063 0	0.941 9
Factor5	0.088 4	0.036 9	0.978 8
Factor6	0.036 6	0.015 3	0.994 1
Factor7	0.013 1	0.005 5	0.999 5
Factor8	0.001 3	0.000 5	1.000 1
Factor9	-0.000 2	-0.000 1	1.000 0

Table 3.16 KMO test results of factor analysis and factor load after rotation²¹²

factors	KMOtest	Factor1	Factor2
Establish a corporate website	0.769 7	0.037 9	0.369 6
Open an online shop	0.728 0	0.035 5	-0.049 7
Advertising, corporate publicity	0.791 6	0.292 2	-0.002 1
Hire talents	0.746 1	0.225 4	0.364 8
Cooperate with internet companies	0.785 3	0.062 0	0.003 9
Establish Weibo and WeChat WeChat official account	0.766 1	0.410 1	0.047 9
Search engine bidding ranking	0.800 8	-0.042 8	0.070 7
Customer communication and service	0.769 5	0.029 9	0.030 3
other	0.491 1	0.001 4	-0.024 1
comprehensive	0.769 3		

Control Variables. Unlike state-owned enterprises, the production and operation of private enterprises are more influenced by the personal decisions of entrepreneurs, enterprise heterogeneity, and the institutional environment of the region. Therefore, to obtain robust and credible empirical conclusions, this study introduces a series of control variables that may affect enterprise labor productivity at the individual, enterprise, and regional levels.

Firstly, introduced entrepreneur personal characteristics variables mainly include:

²¹¹ Calculated by the author.

²¹² Calculated by the author.

(1) Entrepreneur age (Age_entre), calculated as the logarithm of the year before the survey year minus the year of birth; (2) Entrepreneur gender (Sex_entre), taking a value of 1 for males and 0 for females; (3) Entrepreneur education level (Educ_entre), assigning values based on the duration of education; (4) Entrepreneur status (Status_entre), calculated as the average of economic status, political status, and social status after reverse processing; (5) Experience in the system (Exper_system), taking a value of 1 if the entrepreneur worked in state-owned, collective enterprises, or government agencies before starting the business, and 0 otherwise; (6) Political affiliation (Poli_connect), taking a value of 1 if the entrepreneur currently holds any position in the People's Congress, the Chinese People's Political Consultative Conference, industry associations, or the Federation of Industry and Commerce, and 0 otherwise.

Secondly, the following enterprise-level control variables are introduced: (1) Enterprise age (Age_firm), calculated as the logarithm of the year before the survey year minus the year of establishment; (2) Enterprise economic scale (Income_firm), calculated as the logarithm of enterprise sales revenue or operating revenue plus 1; (3) Enterprise employment scale (Scale_firm), calculated as the logarithm of the total number of employees in the enterprise; (4) Average wage (Wage_firm), calculated as the logarithm of the total amount of wages, bonuses, etc., paid to employees by the enterprise divided by the total number of employees; (5) Employee training expenses (Train_fee), calculated as the logarithm of the enterprise's employee training expenses for the year; (6) Capital intensity (Cap_int_en), calculated as the logarithm of the ratio of net assets to the total number of employees in the enterprise.

Lastly, the variable "Institutional Environment of the Province" (Inst_index) is introduced. Following the approach of most existing literature, we use the marketization index proposed by Fan et al.²¹³ (2016) to measure the institutional environment of different provinces and its impact on enterprise labor productivity.

²¹³ Fan, G.; Wang, X.; Ma, G. (2011). Contribution of China's market-oriented process to economic growth. *Econ. Res.* 9, 4–16

Mediator Variables. Some of the research hypotheses in this study propose three mechanisms of technological progress, organizational change, and labor force mobility. Based on the data provided by the database, the following mediator variables are set. **Technological Progress:** The 2016 private enterprise survey data reflects enterprise innovation through indicators such as new investment in product development and investment in technological innovation, as well as whether the enterprise has developed new environmental protection technology equipment or products. Based on this information, we generate the enterprise technological innovation proxy variables (Newprod and Newtech) by adding 1 to the above two indicators and taking the logarithm. We also use a binary variable (0-1) to represent environmental protection research and development (Epi_rd). **Organizational Change:** As the private enterprise survey data used in this study does not provide information on the allocation of organizational power in enterprises, we resort to using the number of internal institutions set by enterprises to reflect the degree of decentralized governance and the flatness of organizational structure as a substitute variable for organizational change (Ad_min_struct). **Labor Force Mobility:** Labor force mobility in enterprises is represented by the ratio of the total number of newly hired employees and employees who left the company during the year to the total number of employed employees (Empl_turnover).

Table 3.17 reports the descriptive statistics of the main variables. In addition, the correlation matrix of the explanatory variables shows that the highest absolute correlation coefficient is 0.438. The variance inflation factor (VIF) test results indicate that the highest VIF value does not exceed 2.21, far below the critical value of 10, with an average value of 1.45. Based on this, it is believed that the model and variable setting of this study will not suffer from severe multicollinearity problems.

Table 3.17 Descriptive statistical results of main variables²¹⁴

variables	obs	mean	SD	min	max
Labor	7 762	3.501	3.267	-2.488	12.612
Labor2	7 923	3.247	2.599	-0.288	11.513
Digitize	8 083	0	0.395	-0.419	1.402
Age_entre	7 965	3.767	0.228	2.944	4.382
Sex_entre	8 083	0.792	0.406	0	1
Educ_entre	7 930	14.041	2.656	9	23
Status_entre	7 381	4.929	1.848	1	10
Exper_system	8 083	0.004	0.064	0	1
Poli_connect	8 083	0.496	0.5	0	1
Age_firm	7 339	1.874	0.927	0	3.738
Income_firm	8 021	7.056	3.16	-3.507	15.611
Scale_empl	7 932	5.181	5.234	0	19.519
Wage_aver	7 932	1.434	1.673	0	11.512
Train_fee	8 083	2.326	3.606	0	12.165
Cap_inten	7 873	3.401	5.638	-21.321	11.512
Inst_index	8 083	7.404	1.788	0.62	9.78

3.3.3 Empirical Results

(1) Full Sample Test

In this study, the ordinary least squares (OLS) estimation method is used to regress the econometric equation, and the clustering-robust standard errors at the enterprise level are adopted in the regression process to overcome potential heteroscedasticity and autocorrelation issues in the model. Table 3.18 presents the baseline regression results for the full sample. In the first column, only the enterprise digitization variable is introduced without any control variables. In the second and third columns, individual variables of entrepreneurs and enterprise-level variables, as well as industry and province fixed effects, are successively added to the first column. The table shows that whether control variables are added or not, the estimated coefficient of enterprise digitization remains significantly negative at the 1% level, indicating a significant negative inhibitory effect of improving the level of enterprise digitization on labor productivity. To examine the non-linear

²¹⁴ Calculated by the author.

relationship between enterprise digitization and labor productivity, columns (4) to (6) introduce the squared term of enterprise digitization based on columns (1) to (3). From the table, it can be observed that the estimated coefficient of enterprise digitization remains significantly negative at the 1% level in these three columns, while the estimated coefficient of its squared term remains significantly positive at the 10% level, suggesting a possible U-shaped non-linear relationship and a "threshold" effect between enterprise digitization and labor productivity. This result confirms the presence of a significant non-linear relationship between enterprise digitization and labor productivity, supporting the validity of hypothesis 1. It means that when the level of enterprise digitization is low, improving digitization will have a negative inhibitory effect on labor productivity. However, when the level of enterprise digitization exceeds a certain "threshold" value, further improvements in digitization will contribute to the enhancement of labor productivity. The reason behind these results may be that when enterprises are in the early stages of digital transformation and the application of digital technology is at a relatively low level, the application of digital technology for production intelligence and automation may lead to a certain degree of labor substitution. Low-skilled workers may temporarily struggle to adapt to the simplification and informatization of production and management processes caused by digital technology, resulting in a certain impact on labor efficiency. When enterprise digitization reaches a higher level, comprehensive digitization transformation reduces production and operation costs, innovation effects become prominent, management efficiency improves, and the professional skills of enterprise workers are integrated with digital technology, significantly enhancing labor productivity. The specific channels and mechanisms of these effects await analysis in the mechanism test section.

Table 3.18 Full Sample Test Results²¹⁵

	Labor					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Digitize	-0.5738*** (0.0849)	-0.4659*** (0.0708)	-0.5087*** (0.0708)	-0.7895*** (0.1292)	-0.5931*** (0.1070)	-0.6362*** (0.1064)
Digitize2				0.4651** (0.1583)	0.2398* (0.1211)	0.2393* (0.1207)
Controls	No	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Industry FE	No	No	Yes	No	No	Yes
Province FE	No	No	Yes	No	No	Yes
_cons	3.5036*** (0.0371)	4.6785*** (0.5951)	4.4229*** (0.7392)	3.4317*** (0.0416)	4.6378*** (0.5961)	4.3853*** (0.7399)
N	7762	6233	6233	7762	6233	6233
R2	0.005	0.513	0.53	0.006	0.513	0.53

Since there is a U-shaped relationship between enterprise digitization and labor productivity, this study examines at which stage the sample companies' level of digitization lies on the curve. Using the estimation results from column (6) as a reference, the threshold value at which enterprise digitization transitions from inhibiting to improving labor productivity is calculated. The findings reveal that the majority of companies are located on the left side of the curve, with only 65 companies surpassing the threshold level. This implies that, from the perspective of enhancing labor productivity, Chinese small and medium-sized private enterprises have significant room for development in terms of digital transformation.

(2) Robustness Test

Based on the previous analysis, it can be preliminarily inferred that labor productivity exhibits a U-shaped variation trend with the improvement of enterprise digitization. However, caution is required in drawing the final conclusion since the baseline regression of the full sample has not fully accounted for potential endogeneity issues between the two variables. Addressing these potential endogeneity issues is crucial to accurately assess the impact of enterprise digitization on labor productivity.

The potential endogeneity between enterprise digitization and labor productivity

²¹⁵ Calculated by the author.

arises from the fact that digitization can affect labor productivity through various mechanisms, while labor productivity may also influence the decisions related to enterprise digitization. For instance, when labor productivity is low, enterprises may be more motivated to push for digital transformation to improve their production and operational efficiency. Therefore, to make accurate judgments about the impact of enterprise digitization on labor productivity, it is essential to mitigate the aforementioned endogeneity concerns. In terms of econometric methods, the key to resolving endogeneity issues lies in finding suitable instrumental variables.

Based on the data characteristics and drawing from the approach of Gao et al. (2021)²¹⁶, the average digitization index of other enterprises in the same industry and province is selected as an instrumental variable. The average digitization level of other enterprises in the same industry and province often directly influences the digitization decisions of the focal enterprise but is not directly related to its labor productivity. Thus, this instrumental variable meets the statistical requirements for being an effective instrument.

Table 3.19 presents the results of instrumental variable regression. Columns (1) to (2) show that regardless of the labor productivity measure used, the estimated coefficient of enterprise digitization remains significantly negative. Consistent with the previous findings, columns (3) to (4) introduce the squared term of enterprise digitization, and the results show that the estimated coefficient of the squared term is significantly positive, reaffirming the U-shaped relationship and the "threshold" effect of enterprise digitization on labor productivity in Chinese private enterprises. Furthermore, the instrumental variable tests demonstrate that this instrumental variable passes the overidentification test and the weak instrumental variable test, indicating its effectiveness and appropriateness.

²¹⁶ Gao, Y. C., Wan, Y. L., & Zhang, S. (2021). Enterprise digitization, government subsidies, and external debt financing of enterprises: An empirical study based on Chinese listed companies. *Management Review*, (11).

Table 3.19 Robustness Test: Regression Results of Tool Variables²¹⁷

	Labor (1)	Labor2 (2)	Labor (3)	Labor2 (4)
Digitize	-0.9525** (0.3483)	-0.4990** (0.1745)	-1.3425* (0.5702)	-0.6961* (0.2848)
Digitize2			0.8390* (0.3862)	0.4248** (0.1423)
Kleibergen-Paap rk LM statistic	210.092 [0.000]	215.51 [0.000]	171.067 [0.000]	176.222 [0.000]
Cragg-Donald Wald F statistic	298.285	304.651	199.623	204.547
Kleibergen-Paap rk Wald F statistic	271.834	281.407	196.397	203.091
Stock-Yogo weak ID test critical values(10%)	16.38	16.38	16.38	16.38
_cons	4.2492*** (0.7466)	1.9407*** (0.3431)	4.1398*** (0.7594)	1.8893*** (0.3496)
N	6233	6327	6233	6327
R2	0.528	0.814	0.527	0.814

(3) Mechanism

The research hypotheses proposed earlier suggest that enterprise digitization mainly affects labor productivity through three channels: promoting technological progress, driving organizational changes, and improving labor force mobility. To verify the validity of these hypotheses, this section will conduct a mechanism test using the mediation model to examine the impact of enterprise digitization on labor productivity.

Firstly, the test for the mechanism of promoting technological progress is presented in Table 3.20. For a more intuitive comparison of the coefficient estimates, column (1) presents the baseline regression results from column (6) of Table 3.20. Columns (2), (4), and (6) respectively show the estimation results with enterprise new product research and development, technological innovation, and green innovation as the dependent variables. The estimated coefficients of enterprise digitization are all significantly positive at the 1% level, indicating that enterprise digitization significantly promotes technological progress. Columns (3), (5), and (7) present the estimation results after incorporating the mechanism variables into the econometric model (Model 3). The table shows that compared to the

²¹⁷ Calculated by the author.

baseline results, the estimated coefficients of enterprise digitization significantly decrease after introducing the three mechanism variables, and the squared term becomes insignificant. Regarding the mechanism variables, except for the estimated coefficient of new product research and development, the coefficients of technological innovation and green innovation are significantly negative. This suggests that, for private enterprises, the investment in technological and green innovations induced by enterprise digitization to some extent squeezes out the additional capital factor and, thus, negatively affects labor productivity. These results confirm that enterprise digitization exerts a negative inhibition on labor productivity through promoting technological progress, supporting the validity of Hypothesis 2.

Table 3.20 Mechanism test: promoting technological progress²¹⁸

	Labor	Newpro d	Labor	Newtec h	Labor	Epi_rd	Labor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Digitiz e	- 0.6362* **	0.1354* **	- 0.6119** *	0.1091* **	- 0.5981* **	0.1285* **	- 0.5632* **
	(0.1064)	(0.0115)	(0.1069)	(0.0116)	(0.1066)	(0.0178)	(0.1101)
Digitiz e2	0.2393* (0.1207)	-0.0254 (0.0172)	0.2348 (0.1208)	-0.030 6 (0.0175)	0.2287 (0.1207)	- 0.0535* (0.0247)	0.1718 (0.1242)
Newpr od			-0.1766 (0.0949)				
Newtec h					- 0.3457* ** (0.0891)		
Epi_rd							-0.1489* (0.0692)
_cons	4.3853* ** (0.7399)	-0.0115 (0.0758)	4.3854* ** (0.7405)	0.0217 (0.0797)	4.3950* ** (0.7398)	-0.1322 (0.1130)	4.2887* ** (0.7581)
N	6233	6327	6233	6327	6233	5751	5665
R2	0.53	0.176	0.53	0.15	0.531	0.142	0.539
Sobel test		-0.0535***		-0.056 2***		-0.0262**	

Secondly, the test for the mechanism of driving organizational changes is

²¹⁸ Calculated by the author.

conducted. As the private enterprise survey data used does not provide information on organizational power allocation, an alternative variable, "Ad min_struct," representing the degree of decentralized governance and flattened organizational structure based on the number of internal organizations in the data, is employed. Columns (2) and (3) of Table 3.21 present the corresponding regression results. In column (2), the estimated coefficient of enterprise digitization is significantly positive at the 1% level, indicating that enterprise digitization significantly increases the number of internal organizational structures, promoting a trend towards a decentralized and flattened organizational structure. In column (3), after incorporating the mechanism variables, the estimated coefficient of enterprise digitization significantly decreases and loses significance for the squared term, suggesting that enterprise digitization indeed influences labor productivity through driving organizational changes. The estimated coefficients of the mechanism variables are significantly negative, indicating that the organizational structure changes induced by private enterprise digitization may not yet yield positive managerial decision spillover, instead negatively affecting labor productivity. These results validate the validity of Hypothesis 3.

Finally, the test for the mechanism of improving labor force mobility is conducted in Table 3.21, columns (4) and (5). In column (4), with labor force mobility as the dependent variable, the estimated coefficient of enterprise digitization is significantly positive at the 5% level, indicating that enterprise digitization significantly promotes labor force mobility. In column (5), after introducing the mechanism variable for labor force mobility, the estimated coefficients of enterprise digitization and its squared term remain significant, but their values decrease noticeably. The estimated coefficient of the mechanism variable for labor force mobility remains significantly positive. This indicates that enterprise digitization positively influences labor productivity through improving labor force mobility. These results confirm the validity of Hypothesis 4.

We also conducted Sobel tests on the above mediation models, and the results showed that the regression results of the mediation models passed the Sobel test at least at the 5% significance level. This indicates that the three selected mediator variables in this study have a significant mediating effect.

Table 3.21 Mechanism Test: Organizational Change and Labor Mobility²¹⁹

	Labor	Admin_struct	Labor	Empl_turnover	Labor
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Digitize	-0.6362*** (0.1064)	1.5769*** (0.0884)	-0.3250** (0.1049)	0.0382** (0.0129)	-0.6052*** (0.1068)
Digitize2	0.2393* (0.1207)	-0.0923 (0.1270)	0.2196 (0.1184)	-0.0100 (0.0169)	0.2174* (0.1229)
Admin_struct			-0.1959*** (0.0141)		
Empl_turnover					1.1373*** -0.1418
_cons	4.3853*** (0.7399)	-5.5432*** (0.6058)	3.3097*** (0.7393)	0.3355*** (0.0845)	4.0703*** (0.7557)
N	6233	6327	6233	6187	6095
R2	0.53	0.464	0.543	0.288	0.54
Sobel test	-0.3223***			0.0431***	

(4) Heterogeneity Analysis

The series of tests conducted earlier verified the impact of enterprise digitization on labor productivity. However, can such effects be influenced by the regional and industrial characteristics of the enterprises? This section will explore heterogeneity concerning the geographic regions and industry factors.

① Regional Distribution Heterogeneity

In economic studies, researchers often categorize China's economy into four distinct zones: the east, northeast, central, and west. These zones exhibit considerable variation in their economic advancement and the maturity of their internet sectors, which could result in diverse effects of digital economic growth on workforce efficiency. To explore this, we conducted an analysis on the regional disparities in the effects of corporate digital integration on labor productivity. The findings, as detailed in Table 3.22, reveal a pronounced U-shaped nonlinear relationship between corporate digital integration and labor productivity in the eastern region. In contrast, this relationship appears to be negligible in the northeastern and central regions and is solely negative in

²¹⁹ Calculated by the author.

the western region. These outcomes suggest that the link between corporate digitalization and labor productivity is contingent upon regional economic progress, internet infrastructure robustness, and the extent of digital economic evolution.

Table 3.22 Heterogeneity Discussion: Geographical Distribution²²⁰

	Labor			
	east	Northeast	middle	west
Digitize	-0.7877*** (0.1482)	0.0760 (0.3481)	-0.3355 (0.2611)	-0.9353*** (0.2130)
Digitize2	0.4502** (0.1652)	-0.2920 (0.3658)	-0.2980 (0.2957)	0.3393 (0.2629)
_cons	4.6656*** (0.8386)	4.9907* (2.4982)	5.7620*** (1.4875)	4.3247*** (1.2783)
N	2890	635	1172	1536
R2	0.535	0.606	0.579	0.521

② Industry Characteristics Heterogeneity

The industry characteristics in which enterprises operate are also important factors influencing the relationship between enterprise digitization and labor productivity. To examine the impact of industry characteristics heterogeneity, we categorized the industries from two perspectives: industry classification and industry factor intensity. Firstly, we divided the industries into industrial and non-industrial sectors based on the primary business activities of enterprises. Then, we divided the industries into capital-intensive and labor-intensive sectors using the mean value of per capita capital intensity as the boundary. Table 3.23 reports the corresponding regression results. The table shows that in the non-industrial (service, agriculture) and labor-intensive industries, enterprise digitization has the largest negative impact on labor productivity, with both of their quadratic terms being insignificant. This implies that enterprise digitization has the most significant impact on labor productivity in enterprises operating in the service, agriculture, and labor-intensive industries.

²²⁰ Calculated by the author.

Table 3.23 Heterogeneity Discussion: Industry Characteristics²²¹

	Labor			
	Industrial	non-industrial	capital-intensive	labor-intensive
Digitize	-0.4085*	-0.7669***	-0.0224	-0.7454***
	(0.1589)	(0.1419)	(0.1310)	(0.1661)
Digitize2	0.2524	0.1982	0.0497	0.2497
	(0.1655)	(0.1737)	(0.1346)	(0.1844)
_cons	4.1080***	4.0247***	3.6746***	4.1469***
	(1.0620)	(0.9982)	(0.8506)	(1.1051)
N	2672	3561	3315	2918
R2	0.484	0.559	0.722	0.383

3.3.4 Summary

This study is based on the 2016 data from the Chinese private enterprise survey. It uses the iterative principal factor method to construct the enterprise digitization index and thoroughly investigates the impact and theoretical mechanism of enterprise digitization on labor productivity. The robust research results indicate a significant "U-shaped" non-linear effect of enterprise digitization on labor productivity. Mediation effect tests reveal that promoting technological progress, driving organizational change, and enhancing labor mobility are the channels through which enterprise digitization influences labor productivity.

Furthermore, in the examination of regional distribution, it is found that the "U-shaped" non-linear effect of enterprise digitization on labor productivity is most significant in the eastern region. The analysis of industry characteristics heterogeneity shows that enterprise digitization has a greater negative impact on labor productivity in enterprises operating in the service, agriculture, and labor-intensive industries.

The research conclusions of this study have important policy implications for the current wave of enterprise digitization and improving labor productivity:

Promote the integration of data and labor factors. The research findings indicate that only a small number of enterprises have surpassed the "threshold" of digitization,

²²¹ Calculated by the author.

leading to a positive effect on labor productivity. This indicates that Chinese private enterprises still have significant development potential in integrating data elements with labor factors. Government departments should guide private enterprises to learn from advanced foreign experiences, promote people-centric technological progress and organizational changes, accelerate the integration and synergy between data and labor factors, enhance factor allocation efficiency, fully stimulate factor synergy effects, and achieve high-quality development.

Improve the business environment and accelerate the construction of new infrastructure. The heterogeneity analysis of regions shows that the positive impact of enterprise digitization on labor productivity is most significant in the developed eastern region. Therefore, a favorable business environment and the construction of new infrastructure are necessary prerequisites for enterprise digitization. Government departments should start from the actual needs of enterprises, continuously optimize the regional business environment, strengthen the construction of new infrastructure, and provide institutional environment and infrastructure support for enterprises to improve their digital application level and enhance labor productivity.

Develop differentiated policies and measures for different industries. The heterogeneity analysis of industries indicates that enterprise digitization has a greater negative impact on labor productivity in the service, agriculture, and labor-intensive industries. Therefore, while vigorously promoting "digital economic development and industrial digitization transformation," government departments need to consider the factor endowments of enterprises in different industries. For industries where the negative impact of enterprise digitization on labor productivity is more significant, local governments should adopt various measures such as fiscal and tax policies to minimize the negative effects of labor substitution and decreased labor income caused by enterprise digitization. While promoting industrial digitization, they should also take into account issues such as stable employment and income for residents.

CONCLUSION

Recently, the digital economy has been experiencing significant growth, becoming a key factor in high-quality economic development. According to the conclusions presented in the White Paper on the Development of China's Digital Economy (2022), empirical data indicate that in 2021, China's digital economy made a significant contribution to the country's gross domestic product (GDP), amounting to 39.8%. This figure exceeded the growth rate of nominal GDP by 3.4%. The growth of the digital economy accelerated markedly during the pandemic, playing a significant role both in mitigating the effects of COVID-19 and in economic recovery. The 19th Party Congress placed significant emphasis on promoting the deep integration of the Internet, big data, artificial intelligence and the material economy. The "14th Five-year Plan and the Concept of National Economic and Social Development for 2035" emphasizes the need to stimulate the growth of the digital economy, digitalize industry and strengthen the interaction between the digital and real economy. These initiatives play a crucial role in changing traditional drivers and stimulating the emergence of new ones. An accurate understanding of the economic consequences of the digital transformation of enterprises and the study of its development trajectory are of great theoretical and practical importance for solving the task of "strengthening and expanding China's digital economy", achieving high-quality economic growth and realizing the goals of the modern era. As the country's economy transitions to high-quality development, there is a noticeable transformation of traditional industries. At the same time, there is a constant optimization of industrial structures, which leads to a gradual change in the dynamics of economic growth. Digital technologies have achieved significant success in this area. The emergence of digital technologies, due to the development of information and communication technologies, has had a significant impact on labor productivity. Digital technologies have become the most important catalyst for economic

growth in China. In this regard, within the framework of the dissertation work, the following results were achieved, contributing to a greater understanding of how to manage labor productivity in modern conditions.

The overall result of the work is to create a comprehensive system of evidence of the impact of digitalization on labor productivity in China's industry, which, in general, contributed to the increment of new knowledge in the field of understanding such processes (in some cases, such processes turned out to be nonlinear). In addition, the empirical results obtained allowed us to support the point of view of those researchers who hold the opinion about the positive correlation between digitalization and labor productivity.

The results of the dissertation research:

1. When comparing the level of digitalization and the level of labor productivity in the eastern, central and western provinces of China, a noticeable trend in the relationship of the above categories was found. At the same time, a new metric for calculating the level of digitalization, namely the digital technology index, was proposed to analyze this trend. To calculate the index, data is needed on the following indicators, combined into three groups:
 - 1) Digital technology infrastructure: (1) the number of computers per hundred people in enterprises; (2) Internet Penetration Rate.
 - 2) Digital technology input factors: (1) Proportion of Research and Development Personnel in High-Tech Enterprises; (2) Proportion of Research and Development Expenditure in High-Tech Enterprises; (3) Proportion of Top 100 Internet Companies by Region.
 - 3) Digital technology application: (1) Express Business Revenue/GDP; (2) Proportion of Internet Cultural Units in the Country; (3) Penetration Rate of Mobile Phones (4G).
 The method of entropy-weight analysis and TOPSIS is proposed to calculate the digital technology index. The Digital Technology Index has been tested using empirical data from 29 provinces

and cities in China, with the exception of Xinjiang and Tibet. This methodology can be used for socio-economic policy purposes to monitor and analyze the level of digitalization in China.

2. When analyzing the impact of the level of digitalization on labor productivity at the provincial level, a pattern was found: for every 1% increase in the use of digital technologies, 3.63% of the increase in labor productivity in industry is accounted for, considering the influence of other variables. This analysis was carried out taking into account such control variables as human capital, energy intensity, market openness and industrial concentration. The analysis of the influence of control variables revealed a number of other patterns: firstly, an increase in the quality of the workforce was not accompanied by an increase in industrial productivity, which is at odds with most existing studies and practical observations; secondly, a higher ratio of energy consumption to production has a damping effect on industrial productivity; thirdly, increased openness to trade promotes the development of competitive markets, facilitates the exchange of information and encourages technological innovation, which contributes to productivity growth; fourth, excessive concentration can suppress market competition and lead to monopolistic behavior, which, in turn, will hinder productivity growth.

3. It has been proven that the introduction of digital technologies significantly increases the productivity of listed companies (taking into account time and industry effects, the coefficient of influence was 0.0453). The impact of digital transformation on labor productivity is especially significant in state-owned companies, high-tech enterprises and enterprises in the growth stage. At the same time, digital transformation increases labor productivity in these companies through two main channels: by easing financial constraints and strengthening internal management mechanisms.

4. A U-shaped nonlinear relationship between the level of

digitalization and labor productivity of small and medium-sized enterprises has been discovered. With a low level of digitalization of an enterprise, improving its digitalization has a negative deterrent effect on labor productivity. However, when the level of digitalization of an enterprise exceeds a certain "threshold" value, further improvements in the field of digitalization contribute to increased labor productivity.

Based on the results of the analysis of the impact of digitalization on labor productivity in China's industry, the following recommendations are proposed to ensure high-quality economic growth:

First, to promote the coordinated development of the regional digital economy. The effective development of the regional digital economy implies the strategic use of digital technologies in accordance with the unique advantages of each region, as well as considering local characteristics and using digital technologies to revive traditional advantages. This approach is aimed at mitigating differences in the development of the regional digital economy, rather than adopting common development goals and strategies for all regions. Each region should prioritize the analysis of its unique strengths, integrate various contextual factors, and implement specific and precise strategies. The main strengths of the eastern region are technological progress and an abundance of qualified specialists. Making optimal use of these strengths, strengthening synergies between industry, scientific research and development, creating a favorable atmosphere to stimulate innovation and promoting cooperation between companies, government agencies and universities should be a priority. The government needs to take on the role of guiding and stimulating innovation in the field of digital products, business models and organizational structures. This means that innovation efforts must be consistent with the government's strategic framework and effectively meet market needs. In the context of the western region, characterized by

insufficient infrastructure, rich resources and relatively low labor costs, the creation of data centers will not only strengthen the digital infrastructure of the region, but also contribute to the development of digital innovations in the eastern region. Thus, this initiative will lay the foundation for future cooperation between the eastern and western regions.

Secondly, the creation of a new data standards management system. The traditional system of standards and indicators of labor productivity and digitalization data is no longer suitable for analyzing the development of the industrial industry. Therefore, it is very important to create a new data standards management system. First, it is necessary to develop reasonable standards for metadata, including uniform standards and norms for evaluating digital technologies, data usage rules, data ownership rights and data quality standards. Secondly, it is necessary to create a unified national standard for data on labor productivity and other indicators of the development of industrial enterprises. The widespread use of digital technologies in the industrial sector requires a large amount of data. Thus, the creation of a single national standard for data in major industries can improve the efficiency of data use in enterprises and improve decision-making efficiency. Finally, it is necessary to develop a unified set of indicators related to digital technologies, including calculation methods and accounting rules. Currently, the National Bureau of Statistics and the departments of Industrial Information have not yet created statistics related to digital technologies. The creation of a new statistical data system for major industries will help to study and analyze the use of digital technologies in various industries, as well as assess the impact of digitalization on labor productivity.

LIST OF REFERENCES

1. Accenture China. (2018). Outlook: Industrial Renaissance. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press.
2. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2016). The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment [Working Papers]. NBER Working Papers.
3. Adam Smith. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. (D. L. Guo & Y. N. Wang, Trans.). Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 2009.
4. Aghion, P., & Peter, H. Endogenous Growth Theory. Cambridge: MIT Press, 1998.
5. Asiedu, M., Mousa, D. S., Sabrina, S. J., et al. Analysis of Working Capital Sources on Firm Innovation and Labor Productivity among Manufacturing Firms in DR Congo. *Journal of Financial Risk Management*, 2021, 10(02), 200-223.
6. Bartel, A. P., Ichniowski, C., & Shaw, K. (2007). How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement, and worker skills. *The Quarterly Journal of Economics*, 122(4), 1721-1758.
7. Baumol, W. J. (1967). Performing arts: The permanent crisis. *Business Horizons*, 10(3), 47-50.
8. Beaudry, P., & Collard, F. Why has the employment-productivity trade-off among industrialized countries been so strong? *Social Science Electronic Publishing*, 2002, 8754, 1-41.
9. Beso, P. E., & Husted, S. Patterns and Determinants of Productive Efficiency in State Manufacturing. *Journal of Regional Science*, 1989, 29(1), 15-28.

10. Bessonova, E. V., Morozov, A. G., Tuedyeva, N. A., et al. Opportunities for Accelerating Labor Productivity Growth: The Role of Small and Medium Enterprises. *Voprosy Ekonomiki Issue*, 2020(3), 98-114.
11. Bharadwaj, A. S. (1998). A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: An empirical investigation. *MIS Quarterly*, 22(1), 169-196.
12. Bogoviz, A. V., Danilevich, A. S., & Kalinin, V. F. (2018). Digital transformation and growth of economic productivity: Digitalization or modernization of post-industrial processes? *Revista Espacios*, 39(3).
13. Cai, Q. F., Wang, H. Y., & Li, D. X. (2021). Internet finance, labor productivity, and enterprise transformation: The perspective of labor mobility. *China Industrial Economics*, (12).
14. Cai, T., & Chen, Q. (2015). Research on the Efficiency of Labor Market "Worker-Job" Matching: Evidence from Provincial Panel Data for 1996-2011. *Journal of Xi'an Finance and Economics University*, 28(3), 107-112.
15. Cao Min. Impact of Productive Service Industry Agglomeration on Manufacturing Labor Productivity: Analysis Based on Panel Data of Core Cities in the Yangtze River Delta. Master's Thesis, Shanghai Academy of Social Sciences, 2021.
16. Cao, Y. (2018). Analysis of the role of digital economy in promoting China's industrial upgrading. *Economic Research Guide*, 12, 25-26.
17. Cennamo, Carmelo, Giovanni Battista Dagnino, and Feng Zhu, eds. *Research Handbook on Digital Strategy*. Edward Elgar Publishing, 2023.
18. Chen, G., Li, M., & Liu, J. (2019). Data capital and labor productivity. *China Economic Quarterly*, 18(2), 529-552.

- 19.Chen, J. (2019). Weak global economic recovery leads to sluggish growth in major economies. *China Economic Times*, 2019(002).
- 20.Chen, M. G., & Zhou, Y. R. (2021). Impact of digitization on labor costs of enterprises. *China Population Science*, (4).
- 21.Chen, W. T., Han, F., & Zhang, G. F. (2019). E-commerce, enterprise R&D, and total factor productivity. *Nankai Economic Research*, (5).
- 22.Chen, Y., Lin, C., & Chen, X. (2019). Artificial Intelligence, Aging, and Economic Growth. *Economic Research*, 54(7), 47-63.
- 23.Chowdary V. (2005). *Total quality management*. Tata McGraw-Hill Education.
- 24.Christopher, A. P. *Equilibrium Unemployment Theory*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology Press, 2000.
- 25.Cong, Y., & Yu, B. (2020). The Impact of the Digital Economy on the Efficiency of Labor Resource Allocation in China. *Economic Management*, 41(2), 108-114.
- 26.Dai, W. Q., Liu, Y., & Liao, M. Q. (2016). Halo effect: Who is "neglecting their duties" in private enterprises? *Management World*, (5).
- 27.Dai, W., Heshmati, A., & Causa, O. (2016). Explaining changes in female labor force participation in a global perspective. *IZA Journal of Labor & Development*, 5(1), 1-30.
- 28.Deichmann, J. I., Eklöf, M., & Lönnbark, C. (2016). Technology spillover and labor productivity. *Economics Letters*, 145, 75-78.
- 29.Dekle, R., & Vandenbroucke, G. A Quantitative Analysis of China's Structural Transformation. *Journal of Economic Dynamics & Control*, 2011, 36(1), 119-135.
- 30.Durate, M., & Restuccia, D. The Role of the Structural Transformation in Aggregate Productivity. *Quarterly Journal of Economics*, 2010, 125(1), 129-173.

31. Eriksson, C. Is there a trade-off between employment and growth? Oxford Economic Papers, 1997(49), 77-88.
32. Fischer, M. M., Bartkowaka, M., Riedl, A., et al. (2009). The impact of human capital on regional labor productivity in Europe. Letters in Spatial and Resource Sciences, 2, 97-108.
33. Fan, G.; Wang, X.; Ma, G. (2011). Contribution of China's market-oriented process to economic growth. Econ. Res.9, 4–16
34. Gai, Y., Yang, R., & Yang, Z. (2013). Labor market distortions in China. Journal of Comparative Economics, 41(1), 75-92.
35. Gambardella, A., Giuri, P., & Luzzi, A. (1998). The market for patents in Europe. Research Policy, 27(9), 961-976.
36. Gao, Y. C., Wan, Y. L., & Zhang, S. (2021). Enterprise digitization, government subsidies, and external debt financing of enterprises: An empirical study based on Chinese listed companies. Management Review, (11).
37. Gan Chunhui, Zheng Ruogu and Yu Dianfan. An Empirical Study on the Effects of Industrial Structure on Economic Growth and Fluctuations in China. Economic Research Journal, 2011(5): 4-16.
38. Gary Gereffi. (1999). International Trade and Industrial Upgrading in the Apparel Commodity Chains. Journal of International Economics, 48, 37-70.
39. Goldfarb, A., & Tucker, C. (2019). Digital economics. Journal of Economic Literature, (1).
40. Gong, X. H., & Cao, Y. X. (2014). Deepening of capital and the increase of labor productivity in the manufacturing sector: Perspective of wage increase and government investment. Economic Review, 2014(3).

41. Gonzalez, R., & Gasco, J. L. (2017). Use of digital technologies and new business models in the logistics sector. *International Journal of Production Economics*, 192, 181-194.
42. Gordon, R. J. (2001). Has the "new economy" rendered the productivity slowdown obsolete? *Economic Policy Review*, 7(1), 21-29.
43. Gruber, G., & Walker, G. *Growth of the Service Sector: Reasons and Impacts*. Shanghai: Shanghai Sanlian Bookstore, 1993.
44. Guo, Y., & Wang, J. (2019). Infrastructure investment and the change in China's industrial structure. *China Economic Review*, 58, 101339.
45. He, F., & Liu, H. X. (2019). Performance evaluation of entity enterprise digital transformation from the perspective of digital economy. *Reform*, (4).
46. He, X. G., Liang, Q. X., & Wang, S. L. (2019). Information technology, labor structure, and enterprise productivity: Deciphering the "information technology productivity paradox". *Management World*, (9).
47. Herrendorf, B., & Valentinyi, A. (2012). Which sectors make the poor countries so unproductive? *Journal of the European Economic Association*, 10(2), 323-341.
48. Hinings, B., Gegenhuber, T., & Greenwood, R. (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. *Information and Organization*, 28(1), 52–61.
49. Hu, H. (2006). The effect of human capital on economic growth: an empirical analysis based on the sampling panel causality test method. *Educational Research*, (10), 48-56.

- 50.Huang C., Zhou J., Chen W., Development of Producer Service Industry Specialization and Manufacturing Labor Productivity. *Journal of Hubei Institute of Economics*, 2020, 5(3), 62-72.
- 51.Huang, Q., Yang, L., et al. (2019). Digital transformation and firm efficiency: Evidence from manufacturing sector. *Structural Change & Economic Dynamics*, 14(4), 427-448.
- 52.Huang, Y. H., & Huang, L. (2019). Financial knowledge and innovative awareness and vitality of small and micro enterprises: An empirical study based on the survey of Chinese small and micro enterprises (CMES). *Financial Research*, (4).
- 53.Henfridsson, O., Mathiassen, L., & Svahn, F. (2014). Managing Technological Change in the Digital Age: The Role of Architectural Frames. *Journal of Information Technology*, 29(1), 27-43.
<https://doi.org/10.1057/jit.2013.30>
- 54.Hintzmann, Carolina & Lladós-Masllorens, Josep & Ramos, Raul. (2016). Intangible assets and labour productivity growth. IN3 Working Paper Series. 15. 10.7238/in3wps.v0i0.2711.
- 55.Jin Chunyu, & Cheng Hao. Research on the Interactive Relationship between Spatial Agglomeration of Manufacturing and Manufacturing Labor Productivity in China. *Economic Crosscurrents*, 2015(03), 83-87.
- 56.Jin, J., & Sun, J. (2019). Research on the promotion mechanism of digital economy on China's high-quality economic development. *Economic Review*, 3, 110-112.
- 57.Jing, R., Sun, B., & Sun, L. (2019). Research on the relationship between big data and labor productivity. *Journal of Systems Science and Information*, 7(5), 69-80.
- 58.Jonathan, D. (2000). Corporate transformation without a crisis. *The Mc Kinsey Quarterly*, 4, 116-128.

- 59.Kang, H. C., & Birchenall, J. A. Agricultural Productivity, Structural Change, and Economic Growth in Post-Reform China. *Journal of Development Economics*, 2013, 104(1), 165-180.
- 60.Labaye, E., & Remes, J. (2015). Digital globalization: The new era of global flows. McKinsey Global Institute, 1-80.
- 61.Levey, A., & Merry, U. (1986). *Organizational Transformation*. New York: Praeger.
- 62.Li, H., Huang, Q., Qi, Y., Liu, S., (2015). Impact of digital technology on enterprise performance. *Journal of Management Studies*, 11(4), 371-392.
- 63.Li, X. (2017). Market Distortion, Resource Mismatch, and China's Total Factor Productivity. [Doctoral dissertation, Zhejiang University].
- 64.Liu, S. C., Yan, J. C., Zhang, S. X., et al. (2021). Can enterprise management digital transformation improve input-output efficiency? *Management World*, (5).
- 65.Liu, Y. M., & Zhang, Y. M. (2021). Labor quality and labor productivity in private enterprises: A Marxist perspective. *World Economy*, 44 (1), 3-24
- 66.Liu, Z. (2001). The Causes and Enlightenment of the Development of the Digital Economy in the United States. *Science & Technology Information Development & Economy*, 2001(04), 72-74.
- 67.Liu, Z. (2019). Digital Labor and Data Capitalization in the Digital Economy Era: A Study Based on the Logic of Capital by Marx. *Journal of Northeastern University (Social Science Edition)*, 2019(4), 1-8.
- 68.Lu Fucai, & Xu Yuanbin. Research on the Impact of the Internet on Manufacturing Labor Productivity. *Industrial Economic Research*, 2019(4), 1-11.

69. Lenin V.I. Complete works. Vol. 39. p.21.
70. Mao, F., & Pan, J. (2012). Capital deepening, industrial structure, and urban labor productivity in China. *China Industrial Economics*, (10), 32-44. (In Chinese)
71. Martin Bell, & Michael Albu. (1999). Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries. *World Development*, 27(9), 1715-1734.
72. Metlyakhin, A., Serebryakova, A., Shadrina, A., & Tsvetkova, A. (2020). Digitalization and labor productivity: Evidence from Russia. *Problems of Economic Transition*, 63(7), 441-464.
73. Muhanna, W. A., & Stoel, M. D. (2010). Does IT pay to build organizational capabilities? A study of IT-Intensive firms. *MIS Quarterly*, 34(1), 85-102.
74. Nordhaus, W. D. Baumol's Diseases: A Macroeconomic Perspective. *The B.E. Journal of Macroeconomics*, 2008, 8(1), 74-97.
75. Nordhaus, W. The Sources of the Productivity Rebound and the Manufacturing Employment Puzzle. Cambridge: National Bureau of Economic Research, 2005.
76. Paul, C. Has the Trade-off between Productivity Gains and Job Growth Disappeared? *Kyklos*, 2005, 58(1), 45-64.
77. Paul, T. (1999). Does information technology enhance productivity? Federal Reserve Bank of New York, 6(11).
78. Rangazas, P. (2002). The quantity and quality of schooling and U. S. labor productivity growth (1870-2000). *Review of Economic Dynamics*, 5(4), 932-964.
79. Rogers, L. D. (2016) *The Digital Transformation Playbook: Rethink Your Business for the Digital Age*. Columbia Business School Publishing, Columbia University Press.
<https://doi.org/10.7312/roge17544>

80. Rouse, W. B., & Baba, M. L. (2006). Enterprise transformation. *Communications of the ACM*, 49(7), 66-72.
81. Shi, Y. (2016). Analysis of Labor Mobility and Resource Allocation Efficiency: A Perspective of Coordination between Employment Structure and Industrial Structure. *Shanghai Finance*, 428(3), 23-26.
82. Silvia Ardagna. (2006). Fiscal policy in unionized labor markets. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31(5).
83. Solow R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth // *The Quarterly Journal of Economics*, 70 (1), 65—94.
84. Stigler, G. J. Trends in Output and Employment. New York: National Bureau of Economic Research, 1947.
85. Sun, F., & Zhang, Z. (2017). The Current Dilemma and Way Out for the Development of China's Real Economy. *China Party and Government Officials Forum*, 2017(7).
86. Sun, W. D. (2019). Research on the innovation and transformation and upgrading path of SMEs in industrial clusters - Based on the perspective of collaborative innovation. *Contemporary Economic Management*, 41(06), 24-29.
87. Sun, Z., & Hou, Y. (2019). How Industrial Intelligence Reshapes the Employment Structure. *China Industrial Economics*, 2019(5), 61-79.
88. Suo, J., Li, X. J., & Mao, J. M. (2014). Innovation-driven: The theoretical logic and path design of transformation in Chinese SMEs. *Economic Management*, 36(09), 55-66.
89. Tang, D. (2014). Vertical specialization and labor productivity: a study from a globalization perspective. *World Economy*, (11), 25-52. (In Chinese)
90. Teece, D. (2015). *Dynamic Capabilities and Strategic Management: Organizing for Innovation and Growth*. Oxford University Press.

91. Timmer, M. P., & Szirmai, A. (2000). Productivity growth in Asian manufacturing: the structural bonus hypothesis examined. *Structural Change & Economic Dynamics*, 11(4), 371-392.
92. Virany, B., Tushman, M. L., & Romanelli, E. (1992). Executive succession and organization outcomes in turbulent environments: An organization learning approach. *Organization Science*, 3, 72-91.
93. Wang Jiating, Li Yanxu, Ma Hongfu, et al. (2019). Transformation of Growth Momentum in China's Manufacturing Industry: Capital-Driven or Technology-Driven? *China Industrial Economics*, (5), 99-117.
94. Wang Zhong (2011). Study on the Substitution Relationship between Labor Productivity Growth and Employment Growth. *Journal of Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences*, (05), 59-65.
95. Wang, J. F., Feng, J., & Li, H. L. (2006). Research on the connotation of enterprise transformation. *Statistics and Decision*, 2006(02), 153-157.
96. Wang, J., Ren, D., & Chen, J. (2022). Research on the relationship between digital economy and industrial transformation in China based on innovation-driven. *Management Science*, 35(3), 121-134.
97. Wang, J. (2016), "Internet plus and labor productivity: an empirical study based on China manufacturing industry", *Finance and Economics*, No. 11, pp. 91-98.
98. Wen, Z., & Zhang, L. (2004). Mediation Effect Test Procedure and Its Application. *Acta Psychologica Sinica*, 36(5), 614-620.
99. Woltjer, G., Galen, M., & Logatcheva, K. Industrial Innovation, Labor Productivity, Sales, and Employment. *International Journal of the Economics of Business*, 2021, 28(1), 89-113.

100. Wu Juncheng. Research on the Growth of China's Manufacturing Productivity. Master's Thesis, South-Central University for Nationalities, 2016.
101. Xiao, H. J., Yang, Z., & Liu, M. Y. (2021). Social responsibility of enterprise digitization: An examination of the dual pathways. *Economic Management*, (11).
102. Xu, S. K., Zheng, X. Y., & Yang, R. D. (2020). Work experience of state-owned enterprises, entrepreneur talent, and enterprise growth. *China Industrial Economics*, (1).
103. Xu, S., Li, X., Liu, C., & Wang, T. (2019). Evaluation of digital economy's impact on regional labor productivity in China. *Management Science*, 32(4), 25-33.
104. Xu, X., & Zhao, M. (2020). Data Capital and Economic Growth Path. *Economic Research*, 55(10), 38-54.
105. Xu, Z., & Yan, J. (2011). Does Skill-Biased Technological Progress Necessarily Worsen Wage Inequality? *Economic Review*, 2011(3), 20-29.
106. Yang Xiaomei, & Tan Renyou. The Impact of Capital Deepening and Market Selection on China's Manufacturing Labor Productivity. *South China Economy*, 2017(07), 51-69.
107. Yang, J. (2018). Including data capital in growth accounting. *Economic Research Journal*, 53(9), 134-147.
108. Yang, T., & Jiang, X. (2015). Changes in Industrial Structure, Labor Market Distortions, and the Slowdown of China's Labor Productivity Growth. *Economic Theory and Economic Management*, 292(4), 57-67.
109. Yuan Xiaoneng. Global Service Value Chain and Development Strategy of Modern Service Industry in China. Beijing: Economic Science Press, 2016.

110. Zhang, C., Xie, S., & Dong, L. (1998). Measurement of the Process of Labor Marketization in China. *Macroeconomic Research*, 1998(5), 13-16.
111. Zhang, H., Yao, X., & Zhang, J. (2010). The impact of education quality on regional labor productivity. *Economic Research*, (7), 57-67. (In Chinese)
112. Zhang, X. (2019). Study on the Impact of Digital Technology Application on Industrial Labor Productivity. [Master's thesis, Zhejiang Finance University].
113. Zhang, X., & Jiao, Y. (2017). China's Digital Economy Development Index and Its Application: A Preliminary Exploration. *Zhejiang Social Sciences*, 2017(04), 32-40.
114. Zhang, Y., & Wang, J. (2020). Does the Development of the Digital Economy Reduce China's Resource Mismatch Level? *Statistics and Information Forum*, 35(9), 62-71.
115. Zhong, C., Liu, C., & Li, Y. (2017). Suggestions on China's Digital Economy Development from a Comparative Perspective with the United States. *Economic Review*, 2017(4), 35-39.
116. Zhu, D., Lai, Y., & Xie, X. (2017). Can the internet stimulate economic growth? A semi-parametric panel data investigation. *International Journal of Production Economics*, 185, 257-265.