

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



ДАНИЛЬЧЕНКО ВЛАДИСЛАВ ИВАНОВИЧ

**«Методы и алгоритмы многомерного биоинспирированного
поиска при размещении компонентов СБИС»**

2.3.7. – Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Таганрог – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении «Южный федеральный университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Курейчик Виктор Михайлович,
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования»
г. Таганрог

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Прокопенко Николай Николаевич
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал), ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» Ростовской области, заведующий кафедрой «Информационные системы и радиотехника», г. Шахты

доктор технических наук, доцент,
Ромащенко Михаил Александрович,
ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет",
профессор кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», г. Воронеж

Защита состоится «22» сентября 2023 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета ЮФУ 801.02.08 ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» по адресу: 347922, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1, ауд. Г-439.

С диссертацией можно ознакомиться в Зональной научной библиотеке ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет» по адресу 344000, Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 21ж и на сайте www.sfedu.ru.

Автореферат разослан «30» июня 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук, доцент



Гладков Л.А.

Общая характеристика исследования

Актуальность проблемы. Одной из основных проблем при разработке новых микроэлектронных устройств является сокращение сроков и стоимости проектирования с учетом возрастания количества их компонентов. В этой связи при разработке новых микроэлектронных устройств методы систем автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования имеют существенное значение, позволяющие производить сверхбольшие интегральные схемы (СБИС) с учетом новых быстро растущих требований к объектам проектирования. В рамках реализации проектной процедуры проектирования необходима разработка новых эффективных методов за счет создания нового математического и программного обеспечения без потери вычислительной мощности, с сохранением минимально возможных габаритов схемы, в ограниченные сроки, при относительно низкой себестоимости. Поэтому решение задачи размещения является актуальной и важной проблемой, что подтверждается растущим спросом на новые эффективные технологии и высокие темпы роста производства СБИС.

На современном этапе развития технологий производства СБИС существует необходимость в новых эффективных системах автоматизированного проектирования (САПР), позволяющих повысить качество и эффективность проектирования схем с большой степенью интеграции. Это приводит к формированию новых норм в проектировании СБИС, что сопровождается улучшением качества, эффективности, производительности, а также уменьшением себестоимости производства. Новые тенденции в проектировании СБИС приводят к необходимости разработки алгоритмов на основе новых эффективных методов в рамках решения задач конструкторского этапа автоматизированного проектирования, в частности задачи размещения. Методы, основанные на моделях естественных эвристик в живой природе, образуют эффективный инструмент автоматизированного проектирования.

В развитие современных САПР и биоинспирированных методов оптимизации неоценимый вклад внесли выдающиеся российские и зарубежные ученые: Л. С. Берштейн, А. М. Бершадский, В. П. Корячко, И. П. Норенков, Г. Г. Казеннов, В. М. Курейчик, В.В. Курейчик, Л. А. Растринин, П. И. Соснин, А. Л. Стемпковский, Д. Гольдберг, Д. Холланд, А. П. Карпенко, Г. Г. Рябов и многие другие.

К одной из основных задач конструкторского этапа проектирования относится задача размещения, которая является комбинаторной и относится к классу NP-полных. Поэтому использование алгоритмов полного перебора больших массивов данных затруднительно. Вследствие этого, **актуальной проблемой является** разработка новых и модифицированных методов и алгоритмов, инспирированных живой природой, для повышения качества проектных решений и эффективности процедуры размещения этапа конструкторского проектирования СБИС.

Целью диссертационного исследования является повышение качества проектных решений и эффективности процедуры размещения на основе модифицированных методов и алгоритмов поиска, инспирированных живой природой.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие **задачи**:

1. Разработать модифицированные биоинспирированные методы, на основе биоэвристик генетического поиска и моделирования поведения колоний стволовых клеток и белых кротов.

2. Построить архитектуру комбинированного поиска проектных решений процедуры размещения.

3. Разработать унифицированный механизм кодирования и декодирования альтернативных решений.

4. Разработать модифицированные алгоритмы генетического поиска, колоний стволовых клеток и белых кротов.

5. Разработать модифицированный алгоритм многомерной оптимизации.

6. Создать программно-алгоритмический комплекс на основе разработанных и модифицированных методов и алгоритмов.

Объектом исследования являются компоненты СБИС.

Предметом исследования являются многомерная архитектура, методы и алгоритмы биоинспирированного поиска.

Методологическую основу работы составляют элементы теории графов и гиперграфов, теории искусственного интеллекта, методы: биоинспирированной оптимизации и математической статистики.

Наиболее существенные научные результаты, полученные автором и обладающие научной новизной:

1. Модифицированные методы, основанные на генетическом поиске, поведении колоний стволовых клеток и белых кротов отличающиеся использованием новых процедур отбора агентов с высокими значениями ЦФ и механизмов динамической корректировки областей поиска, позволяющие выходить из локальных оптимумов (п. 4 паспорта специальности 2.3.7), 48-68 с. диссертации.

2. Комбинированная архитектура поиска, отличающаяся применением модифицированных методов, основанных на генетическом поиске, поведении колоний стволовых клеток и белых кротов, позволяющая проводить последовательный, параллельный и последовательно-параллельный поиск (п.п. 4, 6 паспорта специальности 2.3.7), 69-73 с. диссертации.

3. Механизм кодирования и декодирования альтернативных решений, отличающийся способом унификации передаваемых данных между различными уровнями поиска, что позволяет ускорить получение проектных решений (п. 6 паспорта специальности 2.3.7), 88-92 с. диссертации.

4. Модифицированные алгоритмы на основе генетического поиска и поведения колоний стволовых клеток и белых кротов, позволяющие выходить

из локальных оптимумов и получать наборы эффективных решений, за счет использования новых процедур и механизмов поиска (п.п. 4, 6 паспорта специальности 2.3.7), 93-109 с. диссертации.

5. Модифицированный алгоритм многомерной оптимизации для размещения компонентов СБИС, отличающийся применением метода вращающихся координат, позволяющий корректировать область поиска и снизить шанс заикливания в локальных областях (п.п. 4, 6 паспорта специальности 2.3.7), 110-114 с. диссертации.

Практическая ценность исследования определяется разработкой алгоритмического комплекса программ, на базе различных архитектур, модифицированных методов и алгоритмов поиска. Разработанный программно-алгоритмический комплекс позволяет автоматизировать процесс реализации проектной процедуры размещения и проводить сравнительный анализ полученных проектных решений с известными алгоритмами (аналогами). Набор проведенных экспериментов раскрыл преимущество предложенных автором алгоритмов одномерного и многомерного поиска по сравнению с известными алгоритмами размещения компонентов СБИС. При создании программно-алгоритмического комплекса использовался пакет объектно-ориентированного программирования RAD Studio C++ с поддержкой приложений операционной системы MS Windows.

Внедрение результатов диссертационного исследования. Основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования использованы на предприятии ООО «НИЛ АП», в трех НИР, а также внедрены в учебный процесс ИКТИБ ЮФУ.

Апробация научных и практических результатов работы. Материалы исследования представлены на научно-технических конференциях различного уровня: Международный конгресс («IS&IT», 2019-2022 г.г.); IEEE East – West Design and Test Symposium (EWDTS, 2020); 10th Computer Science Online Conference 2021 (CSOC, 2021 г.); Scientific – Practical Conference «Information innovative technologies» (SED, 2021 г.); Международная конференция (ИТИ, 2021 г.); Всероссийская конференция (СВЧ-2020); Всероссийская конференция «ФПАКТИБ» (2020-2022 гг.); Всероссийская конференция (МЭС, 2020-2022 гг.); Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW-2021); Международный конгресс «Моделирование в инженерном деле» (МВИД, 2022 г.).

В рамках рассматриваемой тематики исследования опубликована 21 публикация, из них 5 работ ВАК РФ, 5 работ индексируемых в Scopus и WoS, и 3 программы для ЭВМ с государственной регистрацией.

Личный вклад автора. Научные и практические результаты работы, выдвигаемые для защиты, получены лично автором.

Структура и объем диссертационного исследования. Диссертация содержит следующие разделы: введение, четыре основных раздела и заключение. Объем работы: 164 страницы, 72 рисунка, 16 таблиц, 128 наименований используемых источников и приложения.

Область исследования соответствует специальности 2.3.7. – Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования, пунктам 4, 6.

На защиту выносятся следующие новые научные результаты:

1. Модифицированные методы белых кротов, стволовых клеток и генетической оптимизации.
2. Архитектура комбинированного поиска.
3. Унифицированный механизм кодирования и декодирования альтернативных решений при размещении компонентов СБИС.
4. Модифицированные алгоритмы белых кротов, стволовых клеток и генетической оптимизации.
5. Модифицированный алгоритм многомерного поиска.

Краткое содержание работы

Введение содержит цель, формулировку научной новизны, практической ценности и актуальности работы, приведены сведения по апробации и внедрению материалов исследования, научные результаты, выносимые на защиту и кратко раскрыто содержание разделов работы.

В первом разделе рассмотрен поэтапный цикл проектирования СБИС и систем на кристалле, с учетом специфики области исследования. В работе сформулирована постановка задачи процедуры размещения компонентов СБИС с учетом двух критериев: числа линейных сегментов и суммарной взвешенной длины межсоединений:

$$\lim_{K_l \rightarrow 0} f(K_l) = P_l, \quad (1)$$

$$\lim_{K_{ls} \rightarrow +\infty} f(K_{ls}) = P_{ls}, \quad (2)$$

где K_l – суммарная длина межсоединений, K_{ls} – число ЛС, P_l и P_{ls} – пределы функций $f(K_l)$ и $f(K_{ls})$ или значение останова соответственно.

Для построения целевой функции (ЦФ) используются аддитивные функции свертки, так как существенное значение для решения поставленной задачи имеют абсолютные значения выбранных критериев.

Объединения данных критериев в один скалярный вектор f_B :

$$f_B = \alpha f(K_l) + (\beta f(K_{ls}) \cdot (-1)), \quad (3)$$

где α, β – коэффициенты, которые задаются лицом, принимающим решения (ЛПР), для корректировки их приоритета. В начале поиска эти коэффициенты принимают стандартное значение $\alpha = \beta$ и $\alpha + \beta = 1$.

Также в первой главе проведен обзор и анализ литературных источников, позволяющий выявить достоинства и недостатки существующих методов и алгоритмов размещения. С учетом проведенного анализа в диссертации, для решения поставленной задачи, предлагается использовать методы и алгоритмы, инспирированные живой природой.

Во втором разделе автор рассматривает методологическую основу исследования. Выделены основные положительные и отрицательные качества биоинспирированных методов поисковой оптимизации и других классических методов поиска в решении NP-полных конструкторских задачах. Выбрана математическая модель (ММ) в виде гиперграфа, так как с учетом приведенного анализа такое представление является наиболее адекватным вариантом представления схемы СБИС, при которых с приемлемой точностью отражаются заданные свойства объекта и в наибольшей степени выполняется условие информационной полноты. В рамках повышения качества и эффективности решения, поставленной задачи в диссертации разработаны модифицированные методы белых кротов (рисунок 1), стволовых клеток (рисунок 2) и генетической оптимизации.

Метод белых кротов реализуется в четыре этапа: 1) начальное распределение агентов в пространстве поиска и случайный поиск; 2) обновление приоритетных направлений поиска; 3) перераспределение агентов в более перспективные направления; 4) обновление окрестностей поиска. В качестве модификации метода белых кротов введен механизм, позволяющий отбирать агентов с высокими значениями ЦФ путем моделирования механизма защиты колонии от врагов (захватчиков). При реализации такого механизма отбора на каждой итерации из популяции удаляются агенты с низким значением ЦФ, они признаются врагами (захватчиками). Число удаленных агентов на каждой итерации растет в соответствии с коэффициентом, который вычисляется по формуле:

$$B_i^k = \varphi \cdot B_i^{k-1}. \quad (4)$$

где $\varphi \geq 1$ – влияние внешней среды, задается ЛПР, B_i^k – число удаленных агентов, i – источник пищи, k – индекс итерации.

Также введен механизм, позволяющий производить обход локальных оптимумов путем приобретённой адаптации в виде биосонара.

Метод стволовых клеток реализуется в три этапа: инициализация и сортировка популяции; самообновление агентов; поиска квазиоптимальных решений. Масштаб механизма самообновления агентов зависит от объёма и сложности решаемой задачи. Неравномерность механизма самообновления напрямую соотносится с размерностью рабочего поля:

$$SC_{Optimum}(k + 1) = \xi SC_{Optimum}(k), \quad (5)$$

где $SC_{Optimum}$ – приоритетный агент в текущей итерации; k – номер итерации и ξ – коэффициент подстройки, задается ЛПР в интервале $[0; 1]$. В диссертационной работе коэффициент подстройки $\xi = 0,9$, если процесс самообновления идет по первому варианту, в противном случае $\xi = 0,1$. Также можно применить оба варианта процесса самообновления параллельно, что позволит снизить единообразие в популяции. Отметим, что метод позволяет работать с набором критериев.

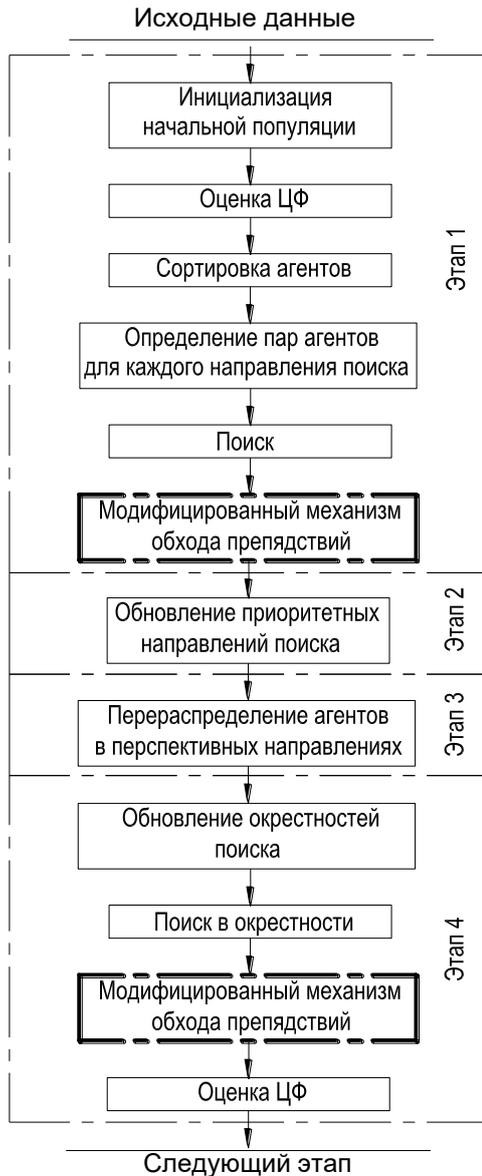


Рисунок 1 – Этапы модифицированного метода белых кротов

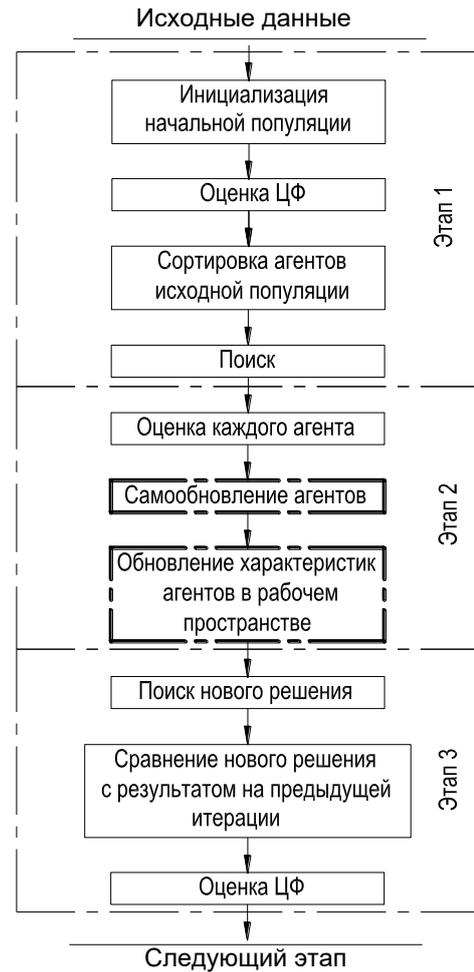


Рисунок 2 – Этапы модифицированного метода стволовых клеток

В качестве модификации метода стволовых клеток улучшен механизм самообновления клеток, за счет применения правила мутации Rechenberg's. По правилу мутации Rechenberg's, если отношение успешно проведенных мутаций ко всем мутациям меньше $1/5$, размер шага мутации должен быть увеличен, чтобы расширить рабочий радиус поиска. В обратном случае шаг должен быть уменьшен, для направленного поиска в окрестностях текущего решения, тем самым ускоряя поиск. Также введена модификация в механизм обновления характеристик агентов в рабочем пространстве, позволяющая разнообразить случайное заполнение, путем приоритетного распределения.

Для ускорения процесса поиска решения задачи размещения в диссертационной работе для генетической оптимизации используется параллельная архитектура, на основе моделей эволюций Ж.Б. Ламарка и де Фриза (рисунок 3).

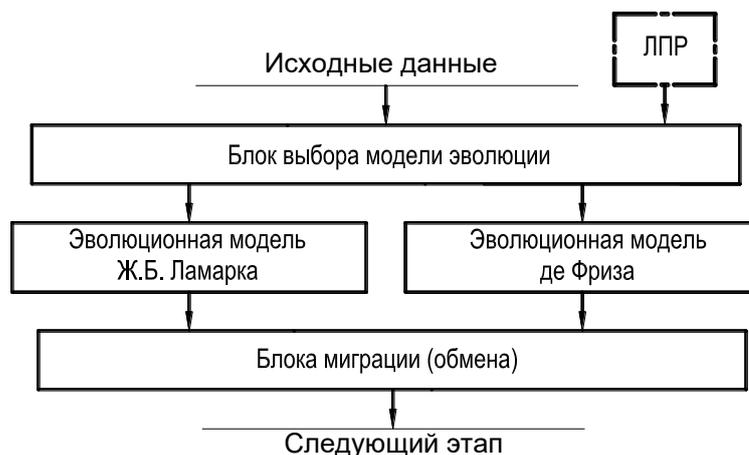


Рисунок 3 – Параллельная архитектура поиска на основе моделей эволюций Ж.Б. Ламарка и де Фриза

Данная архитектура позволяет реализовать два режима поиска: последовательный и параллельный. В последовательном режиме реализуется только одна из эволюционных моделей. Режим работы параллельной архитектуры регулируется ЛПР. При этом такой режим позволяет получать разные по качеству решения поставленной задачи, за счет просмотра областей поискового пространства с высокими значениями ЦФ. Это позволяет повысить качество получаемых решений. Блок миграции здесь осуществляет обмен между популяциями полученных альтернативных решений.

На основе построенных модифицированных методов предложена архитектура комбинированного поиска (рисунок 4). В предложенной архитектуре объединены методы биоинспирированного и генетического поиска. Данная архитектура обеспечивает 3 режима работы: Первый режим работы подразумевает выполнение биоспирированного метода белых кротов. Если полученное решение удовлетворяет критерию останова, то происходит переход к следующему шагу поиска. Во втором режиме работы используется модифицированный биоинспирированный метод стволовых клеток, обеспечивающий создание множества популяций альтернативных решений, способных независимо развиваться. Третий режим работы включает параллельное выполнение метода белых кротов и метода стволовых клеток. Особенностью предложенного режима работы является независимая параллельная работа упомянутых методов с последующим объединением полученных результатов путем реализации оператора миграции. При этом модифицированный генетический алгоритм применяется для улучшения качества набора решений, полученных на предыдущем шаге поиска.

Отметим, что данная архитектура позволяет эффективно объединить методы биоинспирированного поиска (в том числе, генетического) и использовать их в последовательном, последовательно-параллельном и параллельном режимах работы. Это дает возможность сократить время вычислений и избежать закливания в локальных оптимумах.

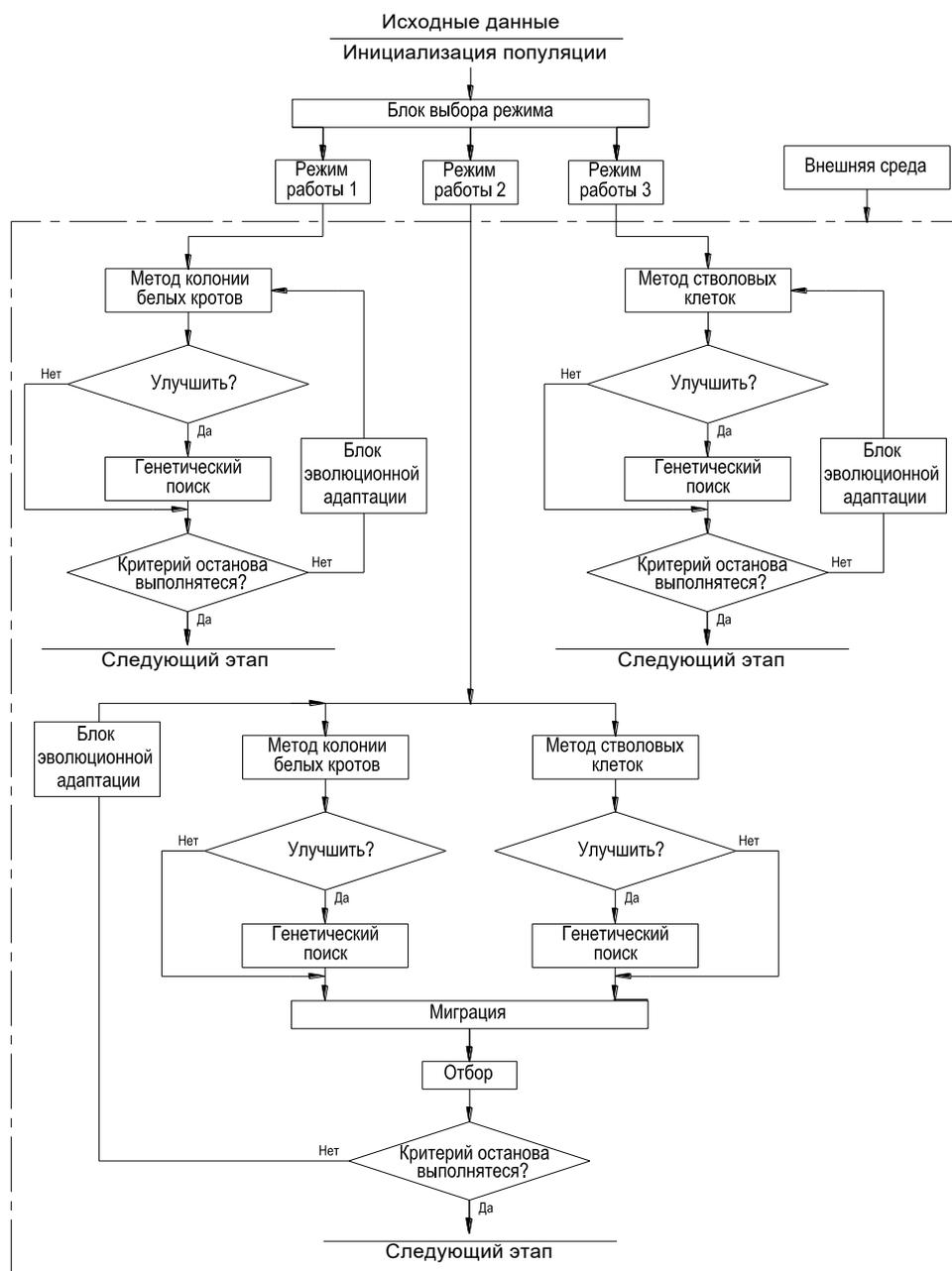


Рисунок 4 – Архитектура комбинированного поиска решений задачи размещения компонентов СБИС

В третьем разделе диссертационной работы автором предложена модификация генетических операторов кроссинговера, мутации, инверсии и транслокации, с учетом поставленной задачи. Предложенная модификация заключается в выборе точек разреза в местах (генах) перехода на следующую строку матрицы, что позволяет избегать локальных оптимумов.

С целью унифицировать представление данных между различными уровнями архитектуры поиска, в работе предложена модификация механизма кодирования и декодирования альтернативных решений, позволяющая компенсировать избыточную разрядность генов, за счет применения 16-ной системы счисления. Это позволит сократить время поиска набора квазиоптимальных решений поставленной задачи.

Для проведения эффективного поиска автором разработаны модифицированные алгоритмы колонии белых кротов (рисунок 5), стволовых клеток (рисунок 6), ориентированные на размещение компонентов СБИС.

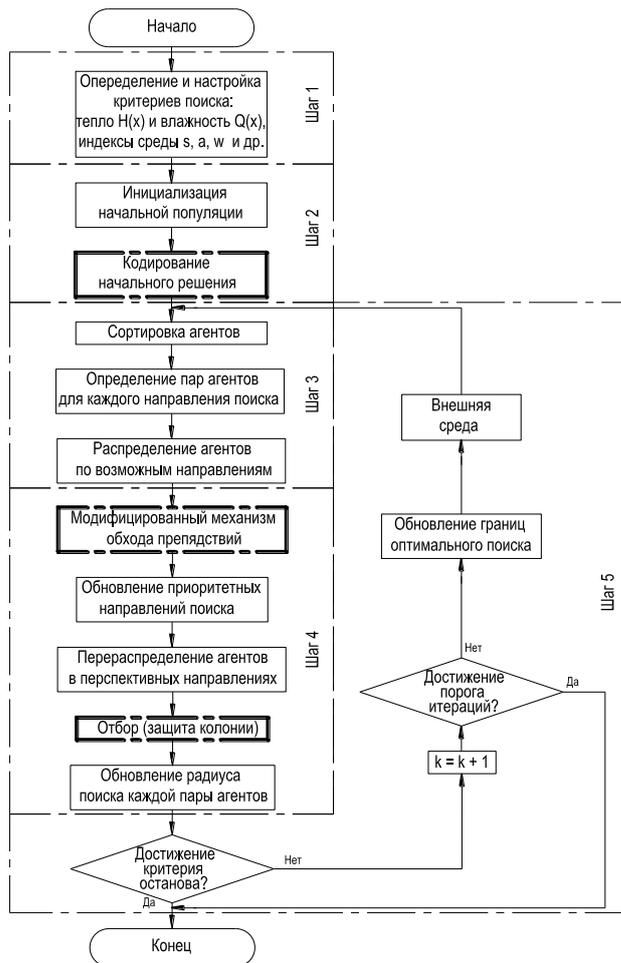


Рисунок 5 – Модифицированный алгоритм белых кротов

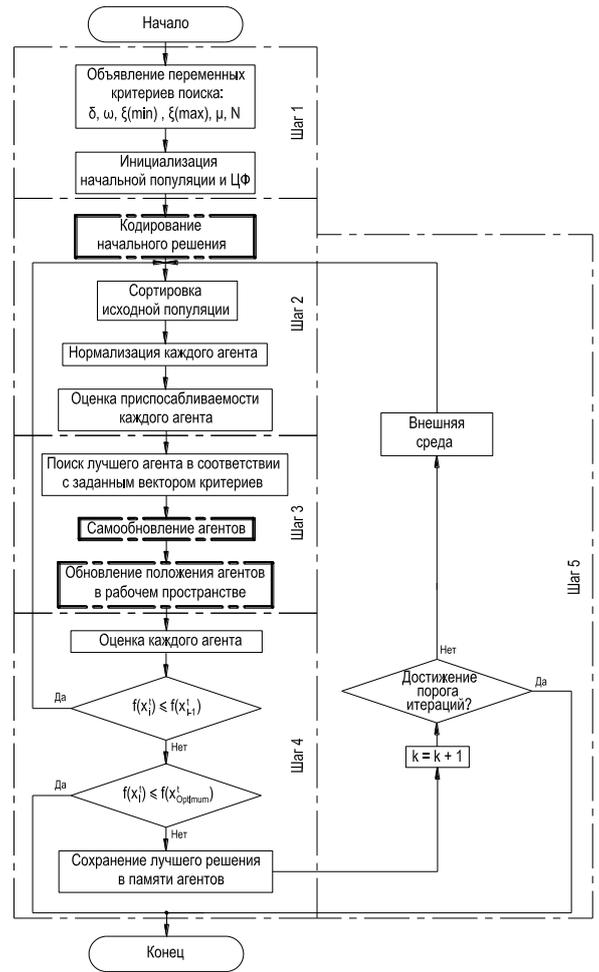


Рисунок 6 – Модифицированный алгоритм стволовых клеток

Алгоритмы реализованы на основе общих ключевых правил. На первом шаге создается начальная популяция. При инициализации начальной популяции агенты распространяются, по возможности, на всю область поиска, включая ее окрестности. На втором шаге инициализируются индивидуальные наборы операторов биоинспирированной оптимизации. На третьем шаге определяется перспективное новое распределение агентов, с учетом значения ЦФ. Процесс продолжается итерационно до выполнения критерия останова.

В качестве модификации в алгоритме белых кротов, реализованы механизмы отбора агентов с низким значением ЦФ и обхода препятствий. Реализация данных механизмов позволяет динамически корректировать скорость поиска и сходимость предложенного алгоритма.

В качестве модификации в алгоритме стволовых клеток, реализованы механизмы самообновления и распределения агентов в ячейках. Реализация данных механизмов позволяет уменьшить временные затраты при решении поставленной задачи.

Для улучшения качества решений, полученных предложенными биоинспирированными алгоритмами, автором предлагается модифицированный генетический алгоритм (рисунок 7), включающий модифицированные блоки, а также блок анализа (перспективных и не перспективных) решений. Данный алгоритм позволяет варьировать размер обрабатываемой популяции и улучшать решения, полученные на предыдущем этапе.

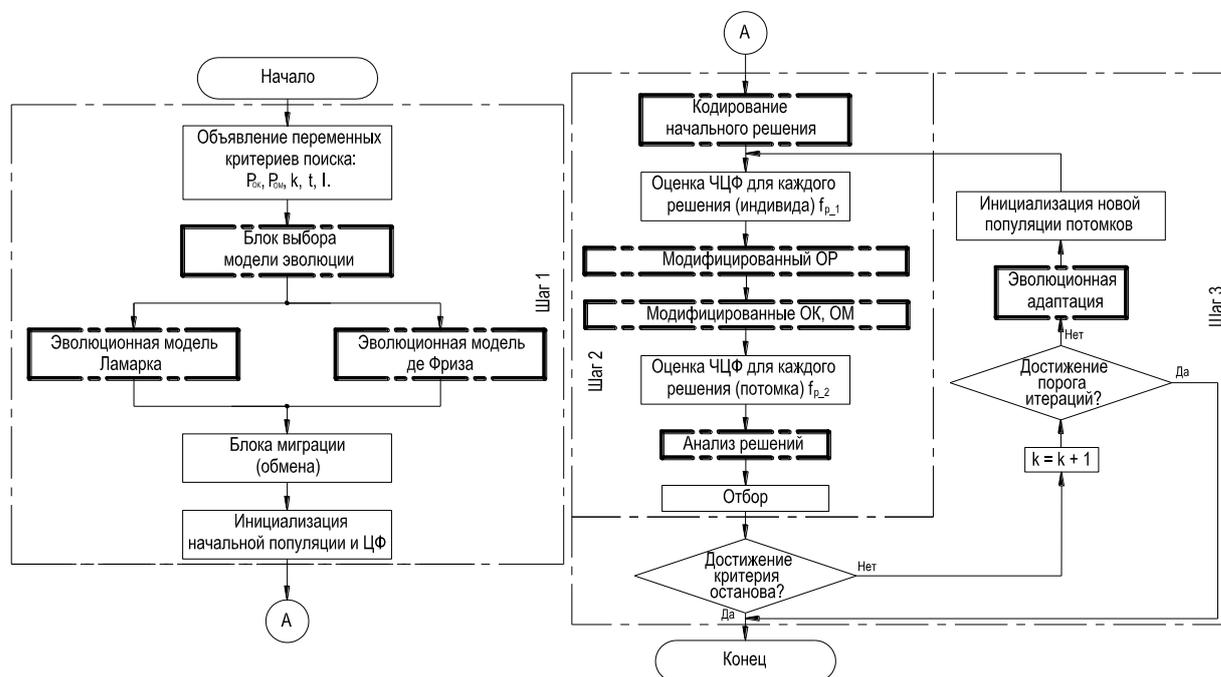


Рисунок 7 – Модифицированный генетический алгоритм

В настоящее время эффективным подходом для решения NP трудных задач является многомерная оптимизация. В связи с этим в работе разработан алгоритм многомерного поиска, основанный на методах биоинспирированной оптимизации и вращающихся координат (рисунок 8).

Применение предложенного в многомерном алгоритме метода вращающихся координат, позволяет реализовать механизм инициализации новых направлений поиска (рисунок 9) за счет учета данных полученных, на предыдущих этапах. Координаты в начальной точке $x_0^{(1)}$ определяются как среднее значение изменения заданной характеристики. Далее выполняется одномерный поиск. Значение переменной x_i равномерно переходит в диапазон Δx_i . После определения диапазона Δx_i вычисляется значение ЦФ в начальной точке. Конечная точка, определенная в результате первого шага поиска, переносится на второй шаг в качестве начальной $x_0^{(2)} = x_n^{(1)}$. Новая система координат создается последовательным вращением направлений поиска. В процессе второго шага поиска получаем новое альтернативное решение с улучшенным значением ЦФ. Далее, конечная точка, определенная в результате работы второго шага, переносится в третий шаг в качестве начальной $x_0^{(3)} = x_n^{(2)}$. Далее процесс поиска продолжается итерационно до выполнения

критерия останова. Новые направления (относительно предыдущих) должны задаваться по отношению к основным координатным осям, при этом они линейно независимы и ортогональны. Такой механизм вращения направлений на каждом шаге поиска значительно повышает вероятность нахождения эффективных решений в задаче размещения компонентов СБИС за счет динамической корректировки области поиска.

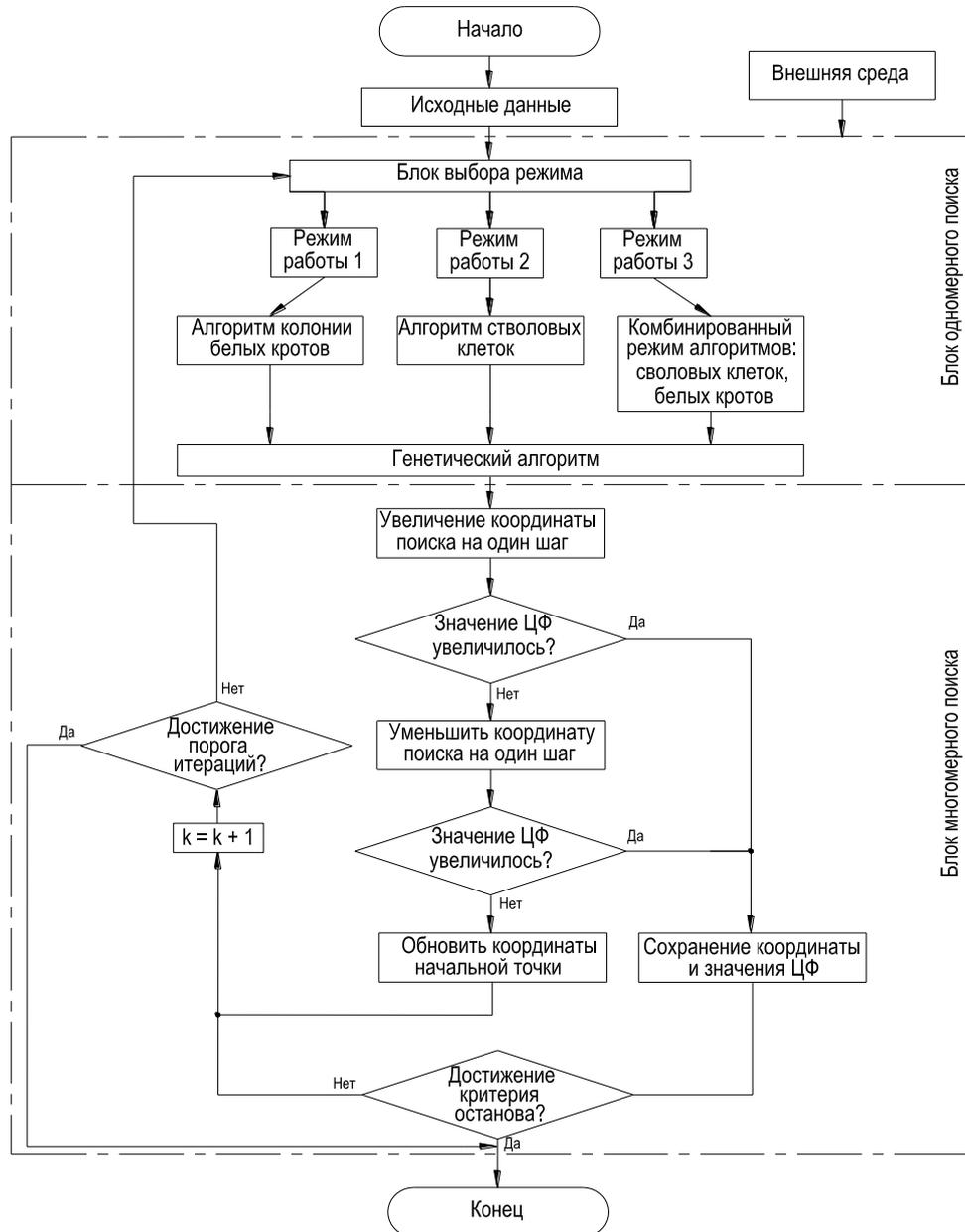


Рисунок 8 – Гибридная архитектура многомерного алгоритма

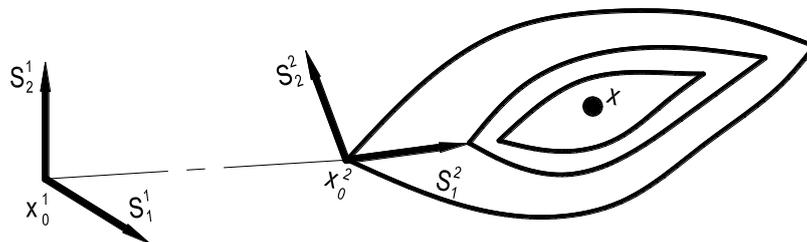


Рисунок 9 – Механизм инициализации новых направлений поиска

В диссертации реализован пример, подтверждающий эффективность многомерного алгоритма (рисунок 10). Дана исходная схема на 9 вершин и 12 цепей, с начальной ЦФ=86 у.е.. На первом этапе поиск выполняется на основе алгоритма колонии белых кротов. Получено промежуточное решение с ЦФ=82 у.е.. Далее выполняется генетический алгоритм. После его реализации значение ЦФ уменьшилось до 79 у.е..

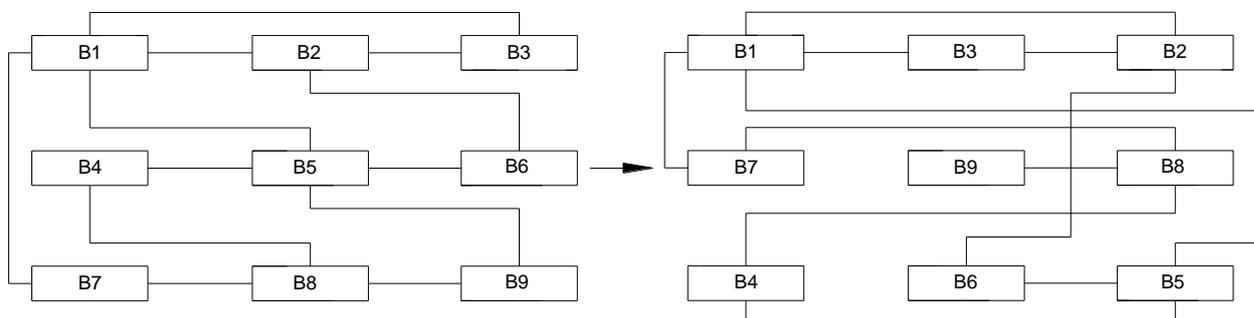


Рисунок 10 – Начальная коммутационная схема и итоговый результат поиска

Это говорит о получении оптимума целевой функции.

В четвертом разделе приведена цель и архитектура программно-алгоритмического комплекса. Приведена и описана его архитектура (рисунок 11). Программно-алгоритмический комплекс имеет открытую архитектуру с возможностью включения новых модулей, а также корректировки параметров разработанных алгоритмов в окне настроек (рисунок 12).

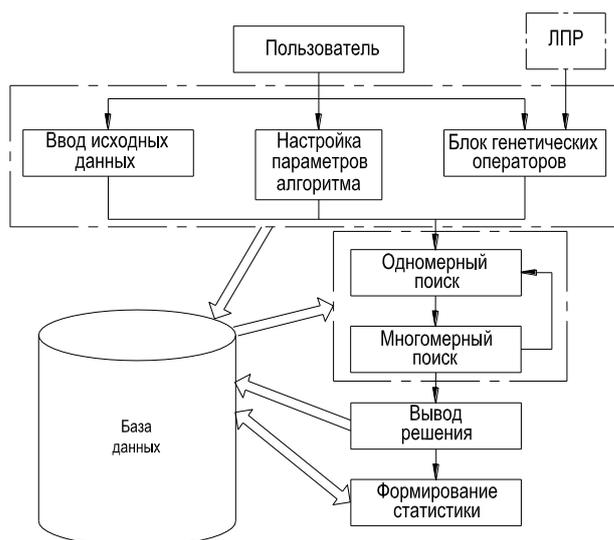


Рисунок 11 – Архитектура программно-алгоритмического комплекса

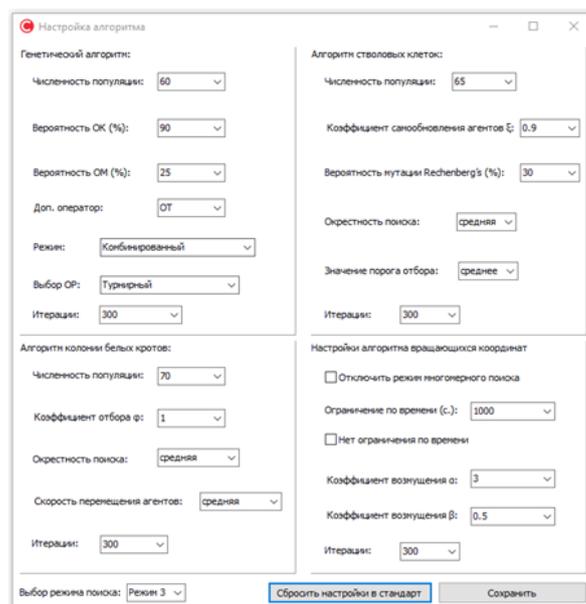


Рисунок 12 – Окно настроек программно-алгоритмического комплекса

В диссертационной работе проведен вычислительный эксперимент, состоящий из трех серий: случайных графах и тестовых схемах (бенчмарках) OpenCores и ISCAS. Сравнение проводилось с известными алгоритмами

KraftWerk и FengShui. Результаты экспериментов приведены на рисунках 13, 14, 15.

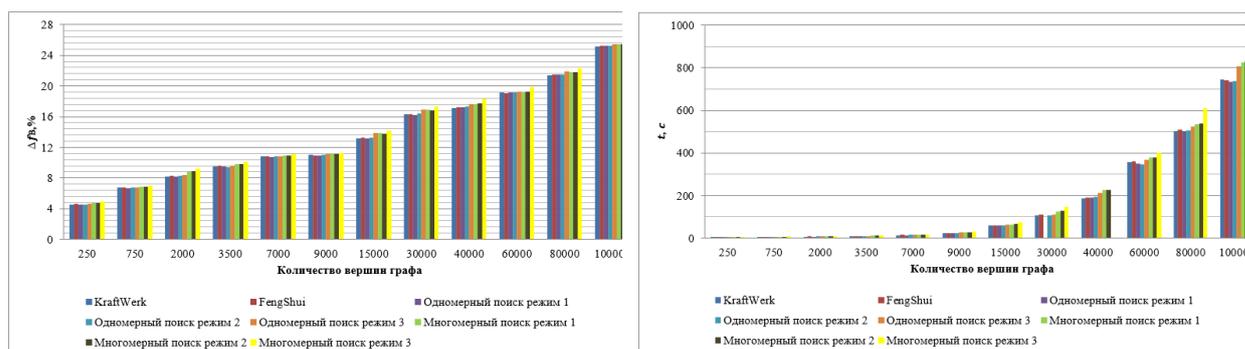


Рисунок 13 – Гистограмма результатов первой серии экспериментов

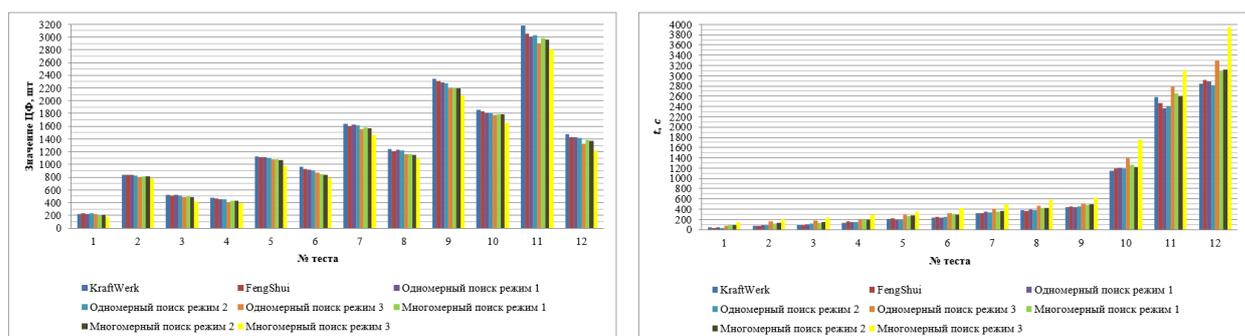


Рисунок 14 – Гистограмма результатов второй серии экспериментов

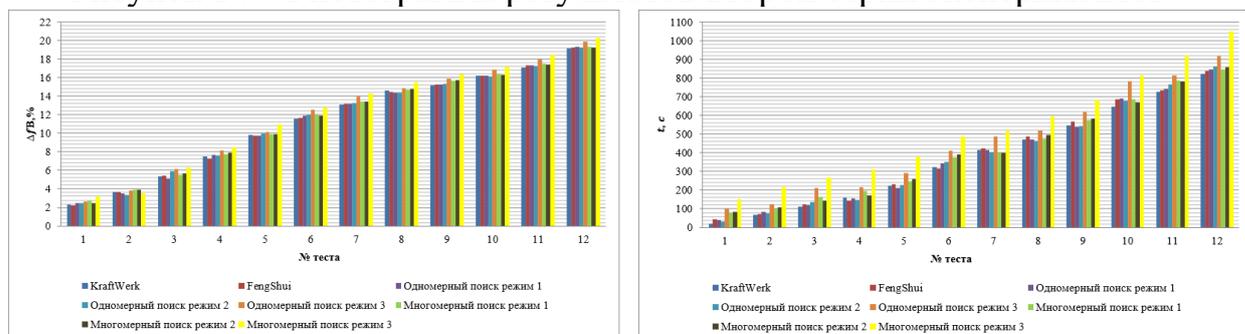


Рисунок 15 – Гистограмма результатов третьей серии экспериментов

Проведя анализ таблиц и гистограмм результатов, можно сделать вывод о том, что предложенные алгоритмы биоинспирированного поиска дают возможность получать сопоставимые решения с известными методами, а результаты, полученные многомерным алгоритмом, превосходят их по эффективности решений в среднем на 6%. Также проведенный вычислительный эксперимент подтвердил теоретическую оценку временной сложности разработанных алгоритмов $O(n^2)$, что подтверждает их практическую ценность в решении NP-полных задач.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные автором в процессе исследования.

Приложение состоит из свидетельств и актов внедрения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным результатом диссертационной работы является решение актуальной научной задачи повышение качества и эффективности проектных решений процедуры размещения на основе модифицированных методов и алгоритмов поиска, инспирированных живой природой. В процессе проведенного исследования решены следующие задачи:

1. Разработаны модифицированные методы, основанные на генетическом поиске, поведении колоний стволовых клеток и белых кротов, отличающиеся использованием новых процедур отбора агентов с высокими значениями ЦФ и механизмов динамической корректировки областей поиска, позволяющие выходить из локальных оптимумов.

2. Разработана архитектура комбинированного поиска, отличающаяся использованием модифицированных методов биоинспирированной оптимизации и позволяющая проводить последовательный и параллельный поиск.

3. Разработан механизм кодирования и декодирования альтернативных решений, отличающийся способом унификации передаваемых данных между различными уровнями поиска, что позволяет повысить скорость получения набора эффективных решений.

4. Модифицированные алгоритмы на основе генетического поиска и поведения колоний стволовых клеток и белых кротов, позволяющие выходить из локальных оптимумов и получать наборы эффективных решений, за счет использования новых процедур и механизмов поиска.

5. Модифицированный алгоритм многомерной оптимизации для размещения компонентов СБИС, отличающийся применением метода вращающихся координат, позволяющий корректировать область поиска и снизить шанс заикливания в локальных областях.

6. Разработан программно-алгоритмический комплекс, позволяющий проводить экспериментальные исследования разработанных в диссертации алгоритмов на известных тестовых примерах (бенчмарках). По результатам проведенных экспериментальных исследований и обработки полученных данных выявлено что разработанные алгоритмы биоинспирированного поиска позволяют получать решения, сопоставимые с известными методами, а результаты, полученные многомерным алгоритмом, превосходят их по эффективности решений в среднем на 6%.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Курейчик, В. М. Генетический алгоритм планирования размещения СБИС / В. М. Курейчик, В. И. Данильченко // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. – № 2(204). – С. 26-34. – DOI 10.23683/2311-3103-2019-2-26-34.
2. Данильченко, В. И. Многомерный поиск в задаче размещении элементов СБИС на основе генетического алгоритма / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2021. – № 2(219). – С. 31-39. – DOI 10.18522/2311-3103-2021-2-31-39.
3. Данильченко, В. И. Метаэвристика на основе поведения колонии белых кротов / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2021. – № 6(223). – С. 132-140. – DOI 10.18522/2311-3103-2021-6-132-140.
4. Данильченко, В. И. Представление матричной архитектуры в виде рабочего поля в задаче начального размещения компонентов СБИС / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). – 2022. – № 2. – С. 20-25. – DOI 10.31114/2078-7707-2022-2-20-25.
5. Данильченко, В. И. Метаэвристический метод оптимизации на основе модели поведения стволовых клеток / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 2(226). – С. 14-20. – DOI 10.18522/2311-3103-2022-2-14-20.

Публикации в изданиях, индексируемые в базах «Scopus» и «WoS»:

6. Danilchenko, V. I. Bio-inspired Approach to Microwave Circuit Design / V. I. Danilchenko, Y. V. Danilchenko, V. M. Kureichik // 2020 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Varna, Bulgaria. – 2020. – P. 9224737 (pp. 1-5). – DOI 10.1109/EWDTS50664.2020.9224737.
7. Danilchenko, V. I. Genetic Algorithms in the Matrix Arrangement of Elements in Blocks on a Crystal Model / V. I. Danilchenko, Y. Vladimirovna Danilchenko, V. M. Kureichik // International Seminar on Electron Devices Design and Production, SED 2021. – 2021. – P. 9444496 (pp. 1-4). – DOI 10.1109/SED51197.2021.9444496.
8. Danilchenko, V. I. Multidimensional search in the problem of determining the sensitivity when planning the placement of vlsi elements / V. I. Danilchenko, Y. V. Danilchenko, V. M. Kureichik // Conference Proceedings - 2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves, RSEMW 2021. – 2021. – P. 464-467. – DOI 10.1109/RSEMW52378.2021.9494092.
9. Danilchenko, V. I. Bionspired search in the transmission line design calculation problem when placing VLSI fragments / V. I. Danilchenko, Y. V. Danilchenko, V. M. Kureichik // Conference Proceedings - 2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves, RSEMW 2021. – 2021. – P. 460-463. – DOI 10.1109/RSEMW52378.2021.9494119.
10. Danilchenko, V. I. Application of Genetic Algorithms in Solving the Problem of Placing Elements on a Crystal Taking into Account the Criterion of the

Maximum Number of Linear Segments / V. I. Danilchenko, E. V. Danilchenko, V. M. Kureichik // Proceedings of the Fifth International Scientific Conference "Intelligent Information Technologies for Industry" (ITI'21). ITI 2021. Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 330 LNNS. – P. 276-284. – DOI 10.1007/978-3-030-87178-9_28.

Публикации в других изданиях:

11. Курейчик, В. М. Классификация и анализ методов решения задачи размещения СБИС / В. М. Курейчик, В. И. Данильченко // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. – 2018. – № 1(32). – С. 21-40.

12. Данильченко, В. И. Модифицированный генетический алгоритм в решении задачи размещения СБИС / В. И. Данильченко, В. М. Курейчик // Информационные технологии и математическое моделирование систем. 2019: труды международной научно-технической конференции. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, 2019. – С. 96-99. – DOI 10.36581/СІТР.2019.42.53.022.

13. Данильченко, В. И. Алгоритмы эволюционного интеллекта в решении задачи размещения СБИС / В. И. Данильченко, В. М. Курейчик // Международный научно-технический конгресс "Интеллектуальные системы и информационные технологии – 2019" "ИС & ИТ-2019" "IS&IT'19": труды конгресса: в 2 т. Т. 1. – Таганрог : Ступина С. А., 2019. – С. 31-36.

14. Данильченко, В. И. Многоцелевое размещение фрагментов СБИС используя распределенный генетический алгоритм / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко // VI Всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов "Фундаментальные и прикладные аспекты компьютерных технологий и информационной безопасности": сборник статей Всероссийской научно-технической конференции, 06-12 апреля 2020 г. – Таганрог, 2020. – С. 282-286.

15. Данильченко, В. И. Применение генетических алгоритмов для конструкторского синтеза элементов СБИС / В. И. Данильченко // Обмен опытом в области создания сверхширокополосных радиоэлектронных систем: материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции (Омск, 11 августа 2020 года). – Омск: ОмГТУ, 2020. – С. 75-81. – DOI 10.25206/978-5-8149-3074-3-75-81.

16. Данильченко, В. И. Размещение элементов на кристалле СБИС на основе многомерного гибридного алгоритма / В. И. Данильченко // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии. – 2021. – № 3. – С. 248-249.

17. Данильченко, В. И. Математическое представление моделей схем СБИС с учетом информационной полноты / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик // Искусственный интеллект в автоматизированных системах управления и обработки данных: сборник статей Всероссийской научной конференции, Москва, 27-28 апреля 2022 г.: в двух томах. Т. 1. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. – С. 331-336.

18. Данильченко, В. И. Кодирование и декодирование в задаче формирования топологии СБИС в условиях разной ориентации разногабаритных компонентов / В. И. Данильченко, В. М. Курейчик // Международный научно-технический конгресс "Интеллектуальные системы и информационные технологии - 2022". "ИС & ИТ-2022". "IS&IT'22": труды конгресса: в 2 т. Т. 1. – Таганрог: Ступина С. А., 2022. – С. 179-186.

Свидетельства об официальной регистрации программ для ЭВМ:

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020610873 Российская Федерация. Программная реализация гибридного алгоритма размещения элементов СБИС с использованием модифицированного генетического алгоритма: № 2020610223: заявл. 09.01.2020: опубл. 21.01.2020 / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет» (Южный федеральный университет).

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021660866 Российская Федерация. Программная реализация гибридного генетического алгоритма размещения элементов СБИС с использованием алгоритма многомерного поиска: № 2021660126: заявл. 30.06.2021: опубл. 02.07.2021 / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет».

21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619921 Российская Федерация. Программная реализация бионспирированного алгоритма поиска на основе использования метаэвристики поведения колонии белых кротов: № 2022618426: заявл. 06.05.2022: опубл. 26.05.2022 / В. И. Данильченко, Е. В. Данильченко, В. М. Курейчик; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет».

В публикациях личный вклад автора:

[11,13] – Проведен анализ состояния проблемы и возможных перспектив решения задачи размещения в конструкторском проектировании СБИС.

[3,5] – Разработаны новые и модифицированные биоинспирированные методы поиска, основанные на моделях естественных процессов в живой природе.

[1,2,6,8-10,12,14-16] – Разработаны новые и модифицированные алгоритмы биоинспирированной оптимизации.

[4,7,17] – Разработаны архитектуры последовательного, последовательно-параллельного и параллельного поиска

[18-21] – Разработаны алгоритмические подсистемы в рамках предложенного программно-алгоритмического комплекса.

Подписано в печать «15» мая 2023 г.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Формат 60×84¹/₁₆
Усл. печ. л. 1,00. Уч.-изд. л. 1,00. Заказ 14 Тираж 100 экз.

Отпечатано в КИБИ МЕДИА ЦЕНТРЕ ЮФУ.
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. (863) 243-41-66