

4. Уоссерман Ф.Ю., Литвинов Я.А. Нечеткая логика приложений: теория и практика. – М.: Наука, 1992. – 178 с.
5. Кофман А. Введение в теорию нечеткой логики. – М.: Радио и связь, 1997. – 432 с.
6. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение. – М.: Мир, 1999. – 165 с.
7. Архангельский В.И., Богаенко И.Н., Грабовский Г.Г. Системы fuzzy-управления. – К.: Техника, 1997. – 208 с.
8. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1991. – 304 с.

### On formation of generalized domination criterion on basis fuzzy logics

*Sergey Vasilyevich Shevchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate professor  
Automated control systems chairs, National Technical University «The Kharkov Polytechnical Institute»*

*The author analyzes the questions of assessing the level of dominance of one product functionality from the standpoint of fuzzy logics, which allows to take into account the uncertainty of the information requirements of potential users, the particular criteria, technical and economic parameters and conditions of use. A mathematical description of the procedures for obtaining estimates is presented. The reliability of the provisions on the assessment test calculations dominance products functionally equivalent group is verified.*

**Keywords:** system, production, efficiency criteria, dominance, particular criteria, fuzzy logics, information technologies.

УДК 004.023

## КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОИСК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*Владимир Викторович Курейчик, д.т.н., профессор  
Зав.кафедрой САПР ЮФУ*

*Тел.: (8634)38-34-51, e-mail: vkur@tgn.sfedu.ru*

*Виктория Викторовна Бова, ст. преподаватель каф. САПР ЮФУ*

*Тел.: (8634)61-45-39, e-mail: vvbova@yandex.ru*

*Владимир Владимирович Курейчик, студент каф. САПР ЮФУ*

*Тел.: (8634)37-16-51, e-mail: kureichik@yandex.ru*

*Южный федеральный университет*

*http://www.sfedu.ru*

*В статье описывается комбинированный поиск при проектировании на основе методов, инспирированных природными системами. Предложены новые и модифицированные архитектуры поиска, использующие многоуровневую эволюцию. Это позволяет распараллеливать процесс решения и частично устранять проблему предварительной сходимости алгоритмов. Принципиальным отличием предложенных методов является разделение процесса поиска на два этапа и применение на каждом из этих этапов различных алгоритмов. Проведенные серии тестов и экспериментов показали перспективность применения построенных архитектур. Временная сложность разработанных алгоритмов в лучшем случае  $\approx O(n \log n)$ , в худшем случае  $- O(n^3)$ .*

*Ключевые слова:* комбинированный поиск, проектирование, эволюционное моделирование.



**В.В. Курейчик**

### 1. Введение

В настоящее время использование различных достижений микроэлектроники при производстве, больших и сверхбольших интегральных схем, систем на кристалле привело к изменению требований к основным характеристикам проектируемым на их основе электронным вычислительным средствам. Так, например, снизились массогабаритные показатели, потребляемая и рассеиваемая мощности, но значительно повысились быстродействие и надёжность [1]. В связи с развитием нанометровых технологий в области производства возникает проблема перехода на новые методы проектирования. Важнейшим этапом в цикле

проектирования, является этап конструкторского проектирования, на котором решаются задачи компоновки, планирования, размещения, трассировки и др. Они относятся к классу NP-сложных и трудных задач. В связи с большой сложностью и размерностью задач конструкторского проектирования, а также с возникновением новых тенденций в технологии изготовления БИС, появляется необходимость в разработке новых направлений, методик, алгоритмов для решения данного класса проблем. Одним из таких подходов является комбинированный поиск, использующий стратегии эволюционного моделирования и принципы природных механизмов принятия решений.



**В.В. Бова**

### 2. Описание комбинированного поиска

В условиях современного развития информационных технологий многие задачи автоматизированного конструкторского проектирования приобретают все более сложный характер. Одним из основных путей уменьшения сложности задач проектирования – это уменьшение их размерности. В основном, уменьшение размерности выполняют путем декомпозиции сложной оптимизационной задачи на ряд подзадач, которые можно решать путем распараллеливания процесса поиска, что позволит сократить количество компьютерных ресурсов, время поиска и получать оптимальные и квазиоптимальные результаты за полиномиальное время.

Основной трудностью решения задач проектирования с большим количеством локальных оптимумов является предварительная сходимость алгоритмов. Другими словами, попадание решения в один, далеко не самый лучший, локальный оптимум [1]. Для эффективного решения этих проблем предлагается комбинированный поиск на основе генетических (ГА), эволюционных (ЭА) и алгоритмов, моделирующих механизмы принятия решений природными системами. Это методы роевого интеллекта (муравьиные (МА), пчелиные (ПА) и др.), основанные на принципах коллективного поведения децентрализованной самоорганизующейся системы [2-6]. В работе предлагается идея многоуровневой эволюции, когда комбинированный поиск используется на двух уровнях [7; 8]. Архитектура такого поиска приведена на рис. 1.



**В.В. Курейчик**

В первом случае на первом уровне выполняется параллельная реализация пчелиного, муравьиного и эволюционного алгоритмов пока они не начнут сходиться. Затем в наилучших решениях (хромосомах) каждой популяции определяются ближайшие друг к другу объекты, которые образуют кластеры. На основе кластеров создается новая хромосома как объект для второго уровня выполнения генетического алгоритма [6]. Затем если решение, улучшенное генетическим алгоритмом, оптимально, осуществля-

ется переход к следующему шагу конструкторского проектирования. Иначе применяется оператор репродукции и поиск продолжается итерационно до получения эффективных решений.

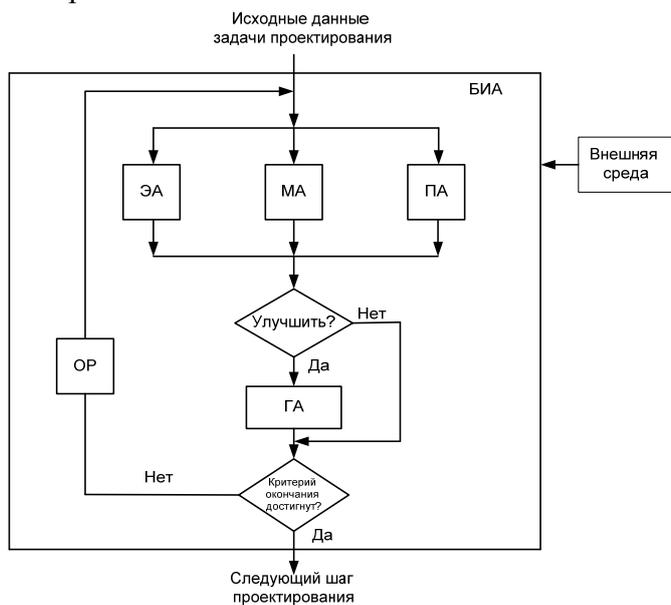


Рис.1. Архитектура поиска на основе многоуровневой эволюции

дена на рис. 2. В таком алгоритме введен адаптивный фильтр, отсекающий решения с низким значением ЦФ.

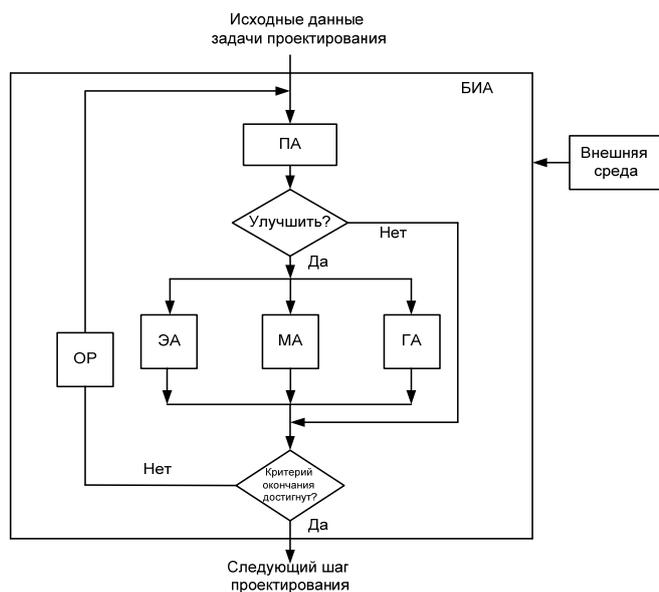


Рис.2. Архитектура поиска на основе островов

### 3. Результаты экспериментов

Опишем результаты вычислительного эксперимента для разработанных алгоритмов проектирования на примере решения задачи размещения. Разработан программный продукт в среде объектно-ориентированного программирования Borland C++ Builder™ 6.0. Тестирование разработанных алгоритмов выполнялось на компьютере AMD FX(tm)-8121 Eight-Core Processor 3.10 GHz, ОЗУ 4,00 Гб.

Для проведения испытаний разработанных алгоритмов использовались два подхода. В первом задавались стандартные тесты (бенчмарки) ведущих фирм мира и проводилось сравнение времени решения от числа размещаемых элементов [2; 6].

Внешняя среда оказывает влияние на осуществление поиска и настройки используемых алгоритмов. Данный класс алгоритмов позволяет анализировать различные области пространства решений одновременно, и они более приспособлены к нахождению новых областей с оптимальными значениями целевой функции (ЦФ) при решении задач конструкторского проектирования.

Во втором случае на первом уровне предлагается использовать пчелиный алгоритм, позволяющий быстро разбивать поисковое пространство на области высоких значений целевых функций (ЦФ) [4; 5]. Архитектура такого поиска приве-

Причем нижняя граница ЦФ адаптивна в смысле зависимости от решений на каждой генерации. Далее выполняются эволюционный, муравьиный и генетический алгоритмы, в которых популяции эволюционируют в течение нескольких заданных генераций независимо друг от друга на определенных «островах», а затем производится обмен генетическим материалом и снова независимая эволюция [2; 6]. Этот процесс происходит в цикле разнообразными способами.

Отметим, что эти структуры могут быть модифицированы на любое число уровней, в зависимости от памяти и временных ограничений на получение результата.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что временная сложность разработанных алгоритмов не выходит за пределы полиномиальной зависимости, и может быть выражена формулой:  $O(n \log n) - O(n^3)$ , где  $n$  – число элементов схемы.

Во втором случае использовался разработанный генератор случайных коммутационных схем и их графовых и гиперграфовых моделей. На вход генератора поступают управляемые параметры. Эти параметры принимают дискретные значения. Программная подсистема по исследованию этих задач и их процедур выполнена в виде комплекса программных средств, состоящих из различных программных модулей (ПМ). При этом выходными параметрами являются: время работы алгоритмов, стабильность алгоритма, лучшее решение, достигнутое в процессе работы, оценка алгоритма по сходимости.

На основе анализа проведенных исследований для задач малой размерности (до 500 элементов) эффективным является эволюционный алгоритм. А при решении задачи размещения в размерности, приближенной к промышленным объемам (более 10000 элементов), эффективным является комбинированный поиск.

### **Заключение**

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие результаты: предложен комбинированный поиск при проектировании на основе методов, инспирированных природными системами, построены архитектуры поиска на основе многоуровневой эволюции, разработаны модифицированные эволюционный, генетический, муравьиный и пчелиный алгоритмы. Приведенные архитектуры, методы и алгоритмы позволяют частично решать проблему предварительной сходимости, распараллеливать процесс поиска эффективно им управлять и получать оптимальные и квазиоптимальные результаты за полиномиальное время. Проведен вычислительный эксперимент. Проведенные серии тестов и экспериментов позволили уточнить теоретические оценки временной сложности алгоритмов проектирования и их поведение для схем различной структуры.

### **Литература**

1. Курейчик В.В., Запорожец Д.Ю., Современные проблемы при размещении элементов СБИС // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2011. Т. 120. № 7. С. 68-73.
2. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И. Теория эволюционных вычислений. – М.: Физмалит, 2012.
3. Dorigo M., Maniezzo V., Colorni A. The Ant System: Optimization by a colony of cooperating objects // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. 1996. Part B. N 26(1). pp. 29-41.
4. Karaboga, D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization // Technical Report TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department, 2005.
5. Курейчик В.В., Запорожец Д.Ю., Роевой алгоритм в задачах оптимизации // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2010. Т. 108. № 7. С. 28-32.
6. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. – М.: Физматлит, 2010.
7. Курейчик В.В., Курейчик В.В. Архитектура гибридного поиска при проектировании // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2012. Т. 132. № 7. С. 22-27.
8. Бова В.В., Курейчик В.В. Интегрированная подсистема гибридного и комбинированного поиска в задачах проектирования и управления // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2010. Т. 113. № 12. С. 37-42.

### **Combined search in VLSI design**

*Vladimir Kureychik, D.Eng.Sc., Professor, Head of CAD department SFU*  
*Viktoriya Bova, Senior lecturer of CAD department SFU*  
*Vladimir Kureychik Jr, student of CAD department SFU*  
*Southern Federal University*

The paper investigates the multipurpose search in the design based on the approaches inspired by the natural systems. Innovative and modified search architecture containing multilevel evolution is suggested in the given paper. So the decision process is parallelized and the problem of the algorithm preliminary convergence is partly eliminated. The fundamental difference of the suggested method is the division of the search process into two stages and various algorithms for each of them. Tests and experiments show the application perspectiveness for the developed architectures. The time complexity of algorithms is  $\approx O(n \log n)$  in the best case and  $O(n^3)$  in the worst case.

Key words: combined search, design, evolutionary computation.

УДК 519.716.32+519.854

## О ПЕРИОДИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ОДНОГО ВАРИАЦИОННО-КООРДИНАТНО ЛИНЕЙНОГО (ВКЛ-) ГЕНЕРАТОРА НАД КОЛЬЦОМ ВЫЧЕТОВ

*Мирослав Владимирович Заец, сотрудник ФГУП «НИИ КВАНТ»,  
Тел.: (916) 475-31-06, e-mail: mirzaets@hotmail.com  
<http://www.rdi-kvant.ru>*

В данной статье рассматриваются периодические свойства последовательностей над примарным кольцом вычетов  $\mathbf{Z}_{2^m}$ , вырабатываемых автономным регистром сдвига, у которого функция обратной связи принадлежит одному классу функций, названных в настоящей статье «функции с вариационно-координатной линейностью». Регистр с такой функцией обратной связи также назван ВКЛ-генератором. Интерес в изучении данного класса функций обуславливается тем, что он содержит не полиномиальные функции, однако, имеет схожие свойства с классом полиномиальных.

Ключевые слова: период, линейные функции, линейная рекуррентная последовательность (ЛРП), вариационно-координатно линейные (ВКЛ) функции.

### Введение

Одним из простейших способов выработки псевдослучайных последовательностей над произвольным коммутативным кольцом с единицей  $R$  является использование рекуррентного соотношения вида

$$u(i+1) = f(u(i)), i \geq 0,$$

где  $f: R \rightarrow R$  преобразование кольца  $R$ . В этом случае первым возникающим вопросом является вопрос о длине подхода (дефекте) и периоде последовательности  $u$ . Наиболее изученным в этом плане случаем, является полиномиальный генератор, т.е. случай, когда функция  $f$  полиномиальна над  $R$ . При различных кольцах он довольно подробно рассматривался в работах [1; 2; 3] и др. В настоящей статье будут изучаться периодические свойства одного генератора над кольцом вычетов  $\mathbf{Z}_{2^m}$ , в котором используется функции с вариационно-координатной линейностью. Такой генератор будем называть ВКЛ-генератором. Функции с вариационно-координатной линейностью являются частным случаем функций с вариационно-координатной полиномиальностью [4; 5], которые в свою очередь в определенном смысле обобщают полиномиальные функции. Поэтому представляет интерес изучения генераторов с вариационно-координатно полиномиальными функциями.

Будем далее использовать следующие обозначения:



**М.В. Заец**