

## Раздел II. Автоматизация проектирования

УДК 321.3

**В.В. Бова, В.В. Курейчик**

### **ИНТЕГРИРОВАННАЯ ПОДСИСТЕМА ГИБРИДНОГО И КОМБИНИРОВАННОГО ПОИСКА В ЗАДАЧАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ\***

*Предложены новые технологии гибридного и комбинированного поиска при решении задач проектирования, позволяющие сократить время поиска допустимых решений. Разработана структура интегрированной подсистемы гибридного поиска, состоящая из двух алгоритмов: многопопуляционного генетического алгоритма и модифицированного алгоритма Ant Colony. Приведены технологии преобразования популяции при переходе из одной генерации в другую, позволяющие закреплять квазиоптимальные решения. Рассмотрена стратегия комбинированного поиска, которая позволяет разбить процедуру поиска на два этапа: глобальный и локальный поиск.*

*Гибридный и комбинированный поиск; принятие решений; генетический алгоритм; механизмы миграции.*

**V.V. Bova, V.V. Kureichik**

### **INTEGRATED SUBSYSTEM HYBRID AND COMBINED SEARCH IN PROBLEMS OF DESIGN AND MANAGEMENT**

*This article describes a new hybrid technology and combined search for the solution of design problems that reduce the search of feasible solutions. The structure of an integrated subsystem of the hybrid search, which consists of two algorithms: mnogopopulyatsionnogo genetic algorithm and modified algorithm Ant Colony. The technology of converting the population during the transition from one generation to another, allowing quasi-fix solutions. The strategies of combined search that lets you break down the search procedure in two stages: global and local search.*

*Hybrid and combined search; decision making; genetic algorithm; the mechanisms of migration.*

**Введение.** Одной из важных проблем в науке и технике 21-го столетия остается поддержка принятия решений в неопределенных и нечетких условиях. Постоянно происходит увеличение потоков информации, содержащих различные типы данных и знаний (так называемая проблема «проклятия размерности»), направленных на лицо, принимающее решение (ЛПР). Поэтому требуется разработка теории, принципов и построение на их основе интегрированных подсистем поиска для эффективного принятия решений в проектировании. При этом постоянно возникает конфликт между сложностью проектирования и требованиями принятия эффективных решений в реальном масштабе времени. Данные проблемы не могут быть полностью решены распараллеливанием процесса принятия решений, увеличением числа операторов, пользователей и ЛПР. Одним из возможных подходов к решению этой проблемы является использование новых технологий на стыке информатики, бионики и автоматизации проектирования. По мнению авторов, одна

---

\* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (грант № 10-01-00115), г/б № 2.1.2.1652.

из таких технологий может базироваться на идеях моделирования эволюции и методах, инспирированных природными системами.

В этих методах процесс поиска заключается в последовательном преобразовании одного конечного множества альтернативных решений в другое, используя для этого механизмы и принципы генетики и эволюции живой природы [1].

**1. Механизмы миграции в многопопуляционных структурах.** Основной трудностью, возникающей при решении задач проектирования и управления с большим числом локальных оптимумов, является предварительная сходимость алгоритмов. Существует множество эвристик выхода из локальных оптимумов, одной из которых является построение интегрированных подсистем гибридного поиска.

В этих подсистемах используют несколько популяций, развивающихся отдельно друг от друга. Взаимодействие между популяциями происходит при помощи механизма миграции. Различают два вида миграции: эмиграция и иммиграция. *Эмиграция* – это механизм передачи одного или нескольких особей из одной популяции в другой. *Иммиграция* – это механизм приема одной или нескольких особей из другой популяции [2].

Применение механизма миграции на ранних стадиях развития популяций может быть неэффективным. Так как слишком ранняя иммиграция лучших решений, из других популяций, смещает область поиска ближе к принимаемому решению. Уменьшая при этом степень анализа текущей области поиска. Поэтому обычно ждут наступления некоторого, определенного заранее условия, после, которого начинает работать механизм миграции. Такое условие называется – *условием миграции*. Так же следует отметить, что для проведения механизма миграции не обязательно, чтобы все алгоритмы сошлись к собственным субоптимальным решениям.

Применение интегрированных подсистем поддержки принятия решений в задачах проектирования позволяет эффективно выходить из локальных оптимумов и за счет развития нескольких популяций анализировать практически всю область допустимых решений [3].

Основной трудностью при построении таких подсистем является анализ популяций. Существуют перспективные (с высоким значением целевой функции) и неперспективные (с низким значением целевой функции) популяции. Выявление перспективных и неперспективных популяций, позволит сократить время поиска квази-оптимального решения, за счет передачи времени развития более перспективным.

Выявление неперспективных популяций является довольно трудной задачей потому, что нельзя заранее предсказать какие из популяций будут являться перспективными, а какие нет. Так же следует учитывать тот факт, что за время проведения поиска популяция может переходить из разряда неперспективных популяций в перспективные и обратно. Вследствие этого необходимо применить некоторый механизм управления, т.е. динамического (в процессе работы подсистемы) распознавания развития популяций. В качестве такого механизма предлагается использовать модифицированный генетический алгоритм (ГА) Ant Colony [4].

**2. Построение интегрированной подсистемы гибридного поиска.** Упрощенная интегрированная подсистема гибридного поиска приведена на рис. 1.

Здесь *МАС* – модифицированный алгоритм Ant Colony, *ГА<sub>1</sub>*, *ГА<sub>2</sub>*, *ГА<sub>3</sub>* и *ГА<sub>n</sub>* – генетические алгоритмы популяций, *n* – количество популяций в многопопуляционном алгоритме, *ОМГ* – оператор миграции обеспечивающий обмен лучшими решениями между популяциями. Интегрированная подсистема гибридного поиска (ИППГ) представляет собой картеж:

ИППГ = <МАС, ГА, ОМГ, критерий миграции, критерий останова>.

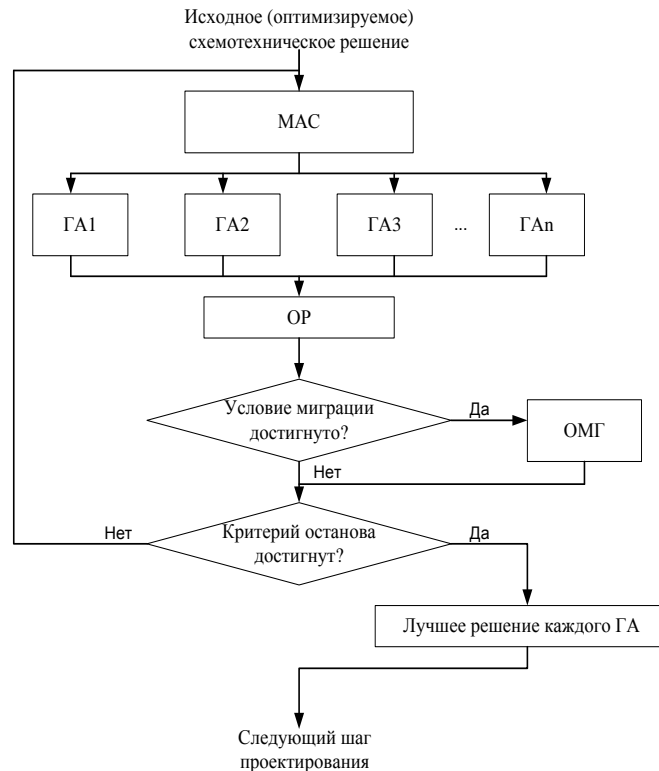


Рис. 1. Упрощенная интегрированная подсистема гибридного поиска

Рассмотрим эту подсистему подробнее.

**Блок МААС** основывается на моделировании модифицированного вероятностного бионического алгоритма Ant Colony [4,5]. Так же, как и генетические алгоритмы, алгоритм Ant Colony позволяет максимально симитировать поведение совокупности отдельных особей в окружающем мире.

В ходе разработки и исследования результатов применения алгоритма не моделировалась жизнь колонии муравьев, а использовалась имитация колонии как средство повышения эффективности работы интегрированная подсистема гибридного поиска, при котором система несколько отличается от естественной: искусственные муравьи (агенты) имеют некоторую память; они не полностью слепы; они находятся в пространстве, где время дискретно; из каждой точки пространства, в которой находится муравей, можно попасть в любую другую точку пространства (кроме той в которой он находится) за один переход.

Идея описанного алгоритма заключается в том, что агент, на каждом шаге, будет выбирать с большей вероятностью то направление, которое было предпочтено на предыдущих этапах, т.е. более перспективное направления.

Важной особенностью этого алгоритма является то, что неперспективные направления сразу не отбрасываются. Этот факт дает возможность алгоритму приспособиться к возможным изменениям внешней среды, улучшению или ухудшению показателей направления. Другими словами, дает возможность эффективно находить лучший путь при возможном переводе неперспективного направления в разряд перспективных или при переводе перспективного направления в разряд неперспективных.

**ОМГ** осуществляет взаимодействие между популяциями за счет иммиграции лучших решений из лучшей популяции и эмиграции этих решений в худшие популяции. Существует несколько механизмов миграции [5,6]. В предложенной подсистеме механизм миграции функционирует следующим образом.

В начале все популяции ранжируются в порядке возрастания лучшего значения ЦФ в популяции. После этого в каждой популяции, кроме лучшей, заменяется  $q \times r$  худших особей лучшими особями, где  $q$  – процент исключения хромосом,  $r$  – количество хромосом в популяции. Лучшие особи иммигрируют из лучшей популяции. Вероятность выбора особи для эмиграции рассчитывается по формуле:

$$p_i = \frac{ЦФ(h_i)}{\sum_{j=1}^{r-q \cdot r} ЦФ(h_j)}, \quad (1)$$

где  $ЦФ(h_i)$  и  $ЦФ(h_j)$  – значение ЦФ для  $i$  и  $j$  соответственно особи. Механизм миграции выполняется при наступлении критерия миграции.

В качестве *критерия миграции* было принято достижение заданного числа итераций алгоритма, т.е. после каждой итерации инкрементировался счетчик времени миграции  $t_m$ , и при достижении заданного количества итераций ( $t_m = \max t_m$ ) выполнялся механизм миграции. После чего  $t_m$  приравнивался к нулю, и выполнение алгоритма продолжается пока не наступит критерий останова.

В качестве *критерия останова* применялись: заданное число генераций алгоритма; сумма меток следа всех популяций, за некоторое количество итераций, меньше заданного числа.

*Блок ГА* основывается на модифицированном генетическом алгоритме, ориентированном на решение задач проектирования.

Генетический алгоритм представляется в виде кортежа:

$ГА = \langle H, МК, С, ЦФ, ОР, ГО, h_i, N\_gen \rangle$ , где  $МК$  – метод кодирования хромосом (альтернативных решений),  $С$  – селекция,  $ОР$  – оператор редукции,  $ГО$  – генетические операторы,  $N\_gen$  – число поколений или генераций алгоритма,  $h_i \in H$  – хромосома,  $H$  – популяция.

Основную схему ГА можно описать следующим образом. В процессе выполнения выбираются при помощи оператора селекции родительские особи, после чего, случайными и/или случайно направленными методами, получают на основе родительских особей некоторый набор особей потомков. В соответствии с вероятностью мутации производят мутацию потомков, затем при помощи оператора редукции осуществляют отбор особей в следующее поколение. Среди существующих форм отбора можно выделить: методический, бессознательный, естественный и искусственный отбор [6]. Приведенные формы отбора тесно связаны с процессом селекции особей.

Принципиальным отличием предложенной в работе интегрированной подсистемы гибридного поиска от существующих методов решения задач проектирования, является введение блока динамического адаптивного распределения времени развития популяций. Этот блок позволяет анализировать развитие отдельных популяций и, при нахождении неперспективных, перераспределять время поиска этих популяций более перспективным. Такой подход позволяет сократить время поиска квазиоптимальных решений. Кроме того, выбор решений осуществляется из множества вариантов, анализируя различные области пространства решений.

**3. Построение архитектуры комбинированного поиска.** Исследования применения генетических алгоритмов и к решению задач проектирования показывают, что при приближении к точке оптимального решения эффективность ГА падает. Это связано с тем, что ГА манипулируют множеством решений, пытаясь покрыть большее пространство поиска, а при достижении квазиоптимального значения достаточно усовершенствовать лучшее решение, доводя его до оптимального.

Учитывая специфику задач проектирования, диктующую необходимость минимизации обращений к ЦФ, необходимо использовать комбинацию бионических алгоритмов с алгоритмами локального поиска [1,7]. Общая структура такого комбинированного подхода показана на рис. 2.



Рис. 2. Архитектура комбинированного поиска

Согласно этой структуре поиск будет производиться в три этапа. На первом этапе при помощи интегрированной подсистемы гибридного поиска производится поиск оптимальных решений. На втором этапе формируется множество квазиоптимальных решений, по каждому из решений производится локальный поиск оптимальных значений. После чего каждое квазиоптимальное решение заменяется новым, найденным в процессе локального поиска. Заключительным этапом является сортировка полученного нового набора оптимальных решений и вывод лучшего или набора лучших решений.

Анализируя структуру комбинированного поиска, можно выявить следующий ряд свойств, которыми должен обладать алгоритм локального поиска: маленьким количеством варьируемых решений. Производить манипуляции с одним или небольшим количеством решений, стремясь за минимальное количество обращений к ЦФ, максимально приблизиться к точке оптимума; иметь возможность нахождения лучшего локального оптимума. Это свойство характеризует возможность алгоритма находить лучший оптимум в ситуации, когда близко расположены два оптимума.

**Заключение.** При решении задач проектирования интегрированная подсистема гибридного поиска, состоит в параллельной генерации наборов квазиоптимальных альтернативных решений с возможной миграцией решений между этими наборами и по мнению авторов, даст преимущества в скорости поиска этих решений.

Принципиальным отличием предложенного комбинированного поиска от существующих, заключается в разделении процесса поиска на два этапа и применение на каждом из этих этапов различных алгоритмов. Это позволит улучшить точность, получаемых квазиоптимальных решений незначительно увеличивая время работы и анализировать большую область поиска.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Гладков Л.А., Сороколетов П.В. Бιονспирированные методы в оптимизации. – М.: Физматлит, 2009.
2. Goldberg David E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.
3. Бова В.В., Курейчик В.В., Нужнов Е.В. Проблемы представления знаний в интегрированных системах поддержки управленческих решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 107-113.
4. Colomni A., Dorigo M., Maniezzo V. The Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents, Tech. Rep. IRIDIA/94-28, Université Libre de Bruxelles, Belgium, 1996.
5. Балюк Л.В., Курейчик В.В. Вероятностный генетический алгоритм Ant Colony и его приложение для решения задач // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы '04» (AIS'04) и «Интеллектуальные САПР - 2004» (CAD-2004). – М.: Изд-во Физматлит, 2004. – С. 53-65.
6. Курейчик В.В., Родзин С.И. О правилах представления решений в эволюционных алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 13-21.
7. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И. Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 16-24.

**Бова Виктория Викторовна**

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: vvbova@yandex.ru.

347928, г. Таганрог, Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; старший преподаватель.

**Курейчик Владимир Викторович**

E-mail: vkur@tsure.ru.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; заведующий кафедрой; профессор.

**Bova Viktoria Viktorovna**

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: vvbova@yandex.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371651.

The Department of Computer Aided Design, Senior Teacher.

**Kureichik Vladimir Viktorovich**

E-mail: vkur@tsure.ru.

Department of Computer Aided Design; Head the Department; Professor.