

3. *Lučić P., Teodorović D. Computing with Bees: Attacking Complex Transportation Engineering Problems // International Journal on Artificial Intelligence Tools. – 2003. – № 12. – P. 375-394.*
4. *Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Поисковая адаптация: Теория и практика. – М.: Физматлит, 2006.*
5. *Лебедев О.Б. Трассировка в канале методом муравьиной колонии // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 46-52.*
6. *Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Моделирование адаптивного поведения муравьиной колонии при поиске решений, интерпретируемых деревьями // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 27-34.*
7. *Лебедев О.Б. Покрытие методом муравьиной колонии // Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010. Труды конференции. Т. 2. – М.: Физматлит, 2010. – С. 423-431.*
8. *Курейчик В.М., Лебедев Б.К., Лебедев О.Б. Гибридный алгоритм разбиения на основе природных механизмов принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. – М.: Изд-во Институт системного анализа РАН, 2012. – С. 3-15.*
9. *Лебедев В.Б. Метод пчелиной колонии в комбинаторных задачах на графах // Тринадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-212. Труды конференции. Т. 2. – М.: Физматлит, 2012. – С. 414-422.*
10. *Лебедев Б.К., Лебедев В.Б. Размещение на основе метода пчелиной колонии // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 12-19.*

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

**Лебедев Владимир Борисович** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: lbk@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371743; кафедра системного анализа и телекоммуникаций; доцент.

**Лебедев Олег Борисович** – кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

**Lebedev Vladimir Borisovich** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: lbk@tsure.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371743; the department of system analysis and telecommunications; associate professor.

**Lebedev Oleg Borisovich** – the department of computer aided design; associate professor.

УДК 519.712.2

**С.Н. Щеглов**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МОДЕЛЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ\***

*В работе показано использование различных видов моделей эволюции для построения информационных технологий поддержки принятия решений в проектировании. Рассмотрены основные модели эволюций, которые эффективно используются при построении алгоритмов принятия решений в САПР. Основным этапом в каждой модели эволюции является анализ популяции, ее преобразование тем или иным способом и эволюционная смена форм. Показана условная упрощенная интегрированная схема эволюции. Рассмотрен вариант адаптации популяции к внешней среде на примере модифицированной эволюции Шмальгаузена. Приведена условная архитектура поиска для принятия решений в САПР.*

---

\* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 12-07-00058).

*Рассмотрена инструментальная среда эволюционного моделирования. Данный подход позволяет строить алгоритмы принятия решений с локальными оптимумами за полиномиальное время. Сложность алгоритмов имеет в среднем квадратичный порядок.*

*Информационные технологии; модель; анализ и извлечение данных; графовые модели; принятие решений; архитектура поиска; эволюционные алгоритмы; биоинспирированные методы оптимизации; проектирование; задача.*

S.N. Shcheglov

## USING VARIOUS TYPES OF EVOLUTION FOR BUILDING INFORMATION TECHNOLOGY DECISION SUPPORT IN THE DESIGN

*The paper illustrates the use of different kinds of models for the evolution of the construction of information technology to support decision-making in the design. The basic model of evolution, which are effectively used in the construction of algorithms for decision-making in CAD. The main stage in the evolution of each model is the analysis of population, transform it in some way and evolutionary change in the forms shown conventionally simplified integrated circuit evolution. A variant of adaptation of the population to the external environment on the example of the evolution of the modified Schmalhausen. Given a conditional search architecture for decision-making in CAD. We consider the development environment of evolutionary modeling. This approach allows us to construct algorithms for decision-making to local optima in polynomial time. The complexity of the algorithms is the average quadratic order.*

*Information technology; model; analyze and retrieve data; graph models; decision-making; architecture; search; evolutionary algorithms; bioinspired optimization techniques; design; task.*

**Введение.** В настоящее время предпринимаются попытки применить биологические аналоги при разработке и создании интеллектуальных систем поддержки принятия решений. При этом важнейшей проблемой является согласование концепций биологии, информационных технологий и искусственного интеллекта [1, 2]. Моделирование развития и совершенствования природы позволяет найти новые пути построения интеллектуальных СППР в САПР. Основным направлением здесь может выступить эволюционное моделирование, биоинспирированные алгоритмы и бионические методы [2].

В общем виде идею эволюции в настоящее время понимают как преобразование комбинации блоков. Сейчас установлено, что гены чаще всего объединены в кластеры. Блочная организация генома обеспечивает функциональные преимущества организма. Благодаря такому объединению генов в целые семейства могут быть сразу включены или выключены из эволюции [3]. Главным поставщиком изменчивости при эволюции являются не мутации отдельных генов, а рекомбинации целых блоков генетического материала. Генетический аппарат создает базу для воспроизведения всех реакций, которые осуществил организм в ответ на изменения во внутренней или внешней среде. Эволюция приводит к формированию адаптаций (приспособлений) организмов к условиям их существования, изменению генетического состава популяции видов, а также отмиранию неприспособленных видов. Суть метода эволюции состоит в реализации целенаправленного процесса «размножения – исчезновения», при котором размножению соответствует появление новых объектов, а исчезновению – удаление объектов из процесса в соответствии с определенным критерием естественного отбора (или селекции) [4].

Опишем далее основные модели эволюций, которые эффективно используются при построении алгоритмов принятия решений в САПР [5, 6].

**Основные модели эволюций.** Модель эволюции Ч. Дарвина – это условная структура, реализующая процесс, посредством которого особи некоторой популяции, имеющие более высокое функциональное значение, получают большую возможность для воспроизведения потомков, чем «слабые» особи. Такой механизм часто называют методом «выживания сильнейших» [1–4].

Модель эволюции Ж. Ламарка [1–4] основана на предположении, что характеристики, приобретенные особью (организмом) в течение жизни, наследуются его потомками. Эти изменения, как утверждал Ж. Ламарк, вызываются прямым влиянием внешней среды, упражнением органов и наследованием приобретенных при жизни признаков. Согласно Ж. Ламарку, виды эволюционируют, приспособляясь и усложняясь, потому что у них существуют свойства – приспособляемость и усложняться.

Модель эволюции Г. де Фриза [1–4] («эволюция катастроф»). В ее основе лежит моделирование социальных и географических катастроф, приводящих к резкому изменению видов и популяций.

Модель прерывистого равновесия Гулда-Элдриджа [1–4] является развитием и модификацией модели де Фриза. Метод прерывистого равновесия использует палеонтологическую теорию, которая строит модели эволюции на основе описаний вулканических и других изменений земной коры. Для применения данного метода предлагается после каждой генерации случайным образом «перемешивать» элементы в популяции, а затем формировать новые текущие популяции с дальнейшей реализацией различных генетических операторов. Здесь можно предложить, как аналог из природы, бессознательный отбор родительских пар и синтетический отбор «лучших» хромосом. Далее случайным образом смешать результаты обоих отборов и не оставлять размер популяции постоянным, а управлять им на основе блока эволюционной адаптации. Такая модификация метода прерывистого равновесия позволяет сократить неперспективные популяции. Согласно этой модели эволюция происходит редкими и быстрыми толчками.

Модель гиперциклов М. Эйгена и П. Шустера [1–4] моделирует условную стадию эволюции. М. Эйген описал добиологическую фазу эволюции, в ходе которой происходят процессы отбора, выражающие свойства вещества в особых системах реакций. Они известны как каталитические циклы.

Модель К. Поппера – это условная структура, реализующая иерархическую систему гибких механизмов управления, в которых мутация интерпретируется как метод случайных проб и ошибок, а отбор – как один из способов управления при взаимодействии с внешней средой [4].

Согласно модели нейтральной эволюции с нейтральным отбором М. Кимуры [1–4] на генетическую изменчивость влияют мутации, обуславливающие изменчивость и генетический дрейф.

В настоящее время считается важным объединение всех видов и моделей эволюций в интегрированную многоуровневую модель [5–8]. На рис. 1 приведена условная упрощенная интегрированная схема эволюции [3]. Следует отметить, что блоки 1–5 соответствуют рассмотренным схемам моделей эволюции. Основным этапом в каждой модели эволюции является анализ популяции, ее преобразование тем или иным способом и эволюционная смена форм.

Пусковой механизм эволюции функционирует в результате совместного действия эволюционных факторов в пределах популяции. В результате действия эволюционных сил в каждой популяции возникают элементарные эволюционные изменения. Со временем некоторые из них суммируются и ведут к возникновению новых приспособлений, что и лежит в основе видообразования [3, 7, 8]. В качестве примера применения моделей, более подробно остановимся на модифицированной модели эволюции Шмальгаузена.

Шмальгаузен попытался представить эволюцию Дарвина в терминах теории управления и кибернетики. Он выделил объект (биогеоценоз), в котором по каналам прямой и обратной связи передаются от материнской популяции к дочерней и от популяции к биогеоценозу сигналы управления. Следуя Шмальгаузену [9], эво-

люция – это авторегулируемый процесс, основанный на обратной связи. На ее основе происходит анализ микроэволюции. Она рассматривает процессы, протекающие на уровне популяций, начиная с механизмов изменчивости. Далее рассматривается наследственная изменчивость до возникновения нового вида. В своей схеме Шмальгаузен выделил два основных блока: управляющий (регулятор) и регулируемый. Управляющим блоком в эволюции Шмальгаузена (ЭШ) является внешняя среда. Регулируемый блок в ЭШ – это элементарная единица эволюции, т.е. популяция. К условиям внешней среды эта популяция и приспосабливается, т.е. адаптируется (рис. 2) [9, 10].

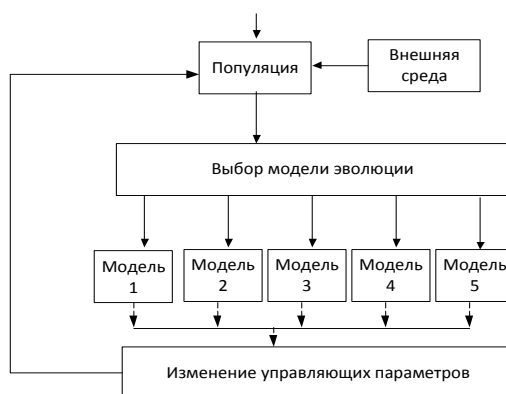


Рис. 1. Условная упрощенная интегрированная схема эволюции

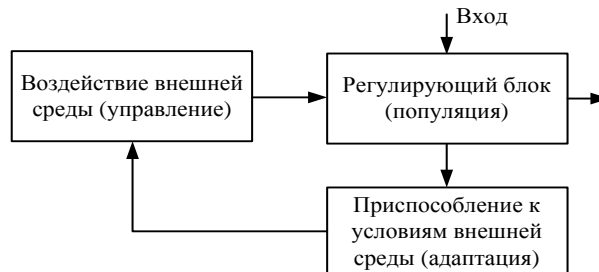


Рис. 2. Адаптация популяции к внешней среде

Данный подход, возможно, использовать при разработке и построении архитектуры поиска для принятия решений в САПР.

Условная архитектура поиска для принятия решений в САПР.

Приведем условную упрощенную архитектуру поиска для принятия решений в САПР (рис. 3) [5, 10, 11].

Она состоит из четырех основных и трех дополнительных блоков.

В блоке хранилище данных содержатся Госты, библиотеки и ранее выполненные проекты.

В блоке инициализации производится выбор и построение моделей эволюции. В блоке обработки на основе выбранных моделей строится алгоритм поиска решений. Далее в блоке вычислений производится генерация альтернативных решений, построение целевой функции и выбор квазиоптимальных решений задач проектирования. В случае получения неудовлетворительных решений в блоке рас-

пределения производится распараллеливание процесса решения и реализация алгоритмов с помощью многопроцессорных систем. Следует отметить, что в задачах большой размерности процесс решения резко усложняется, но параллельное выполнение алгоритмов на порядок снижает временную сложность [10–12].

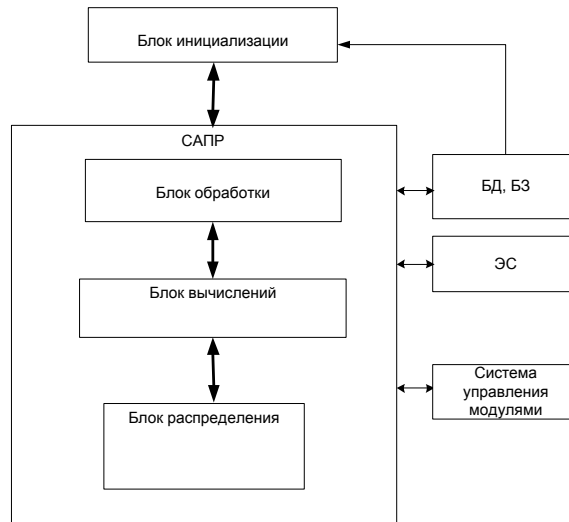


Рис. 3. Условная архитектура поиска для принятия решений в САПР

**Инструментальная среда эволюционного моделирования.** Целью экспериментального исследования является анализ целевых функций, проверка теоретических оценок временной сложности алгоритмов (ВСА) и определение оптимальных параметров, при которых алгоритмы находят глобальные или близкие к нему решения [12, 13].

Для комплексного тестирования различных бионических алгоритмов была реализована программная среда [13]. Основное её предназначение заключается в получении, при помощи различных методов анализа интегральных численных оценок эффективности, набора алгоритмов для принятия решений в САПР. В основу программной среды была положена следующая идея: Для тестирования комплекса алгоритмов необходимы три основных компонента: генератор параметров задачи; решатель задачи; анализатор, тестирующий алгоритм и выдающий некоторую интегральную численную оценку его эффективности. Каждый компонент может быть реализован по-разному, т.е. иметь различные варианты своей реализации. Исходя из этой идеи, в программу был заложен следующий набор различных вариантов описанных элементов. Это генераторы параметров задачи. Здесь параметры задачи генерируются случайным образом или принимаются от другой программы по заранее заданному протоколу передачи данных. Вторым основным блоком являются решатели задач, реализующие простой генетический алгоритм принятия решений. В программе реализованы следующие анализаторы: традиционный и спектральный.

**Заключение.** Следует отметить, что в данной работе произведен анализ и обзор основных моделей эволюции. Приведены структурные схемы моделей эволюции, на их основе показана архитектура поиска решений задач искусственного интеллекта. Это позволяет строить алгоритмы принятия решений с локальными оптимумами за полиномиальное время. Сложность алгоритмов имеет в среднем квадратичный порядок.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курейчик В.М., Курейчик В.В. Эволюционные, синергетические и гомеостатические стратегии в искусственном интеллекте: состояние и перспективы // Новости искусственного интеллекта. – 2000. – № 3. – С. 39-67.
2. Курейчик В.В., Родзин С.И. О правилах представления решений в эволюционных алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – Р. 13-21.
3. Kureichik V.V., Kureichik V.M., Sorokoletov P.V. Analysis and a survey of evolutionary models // Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2007. – Т. 46, № 5. – С. 779-791.
4. Kurejchik V.V., Kurejchik V.M. On genetic-based control // Автоматика и телемеханика. – 2001. – № 10. – С. 174-187.
5. Курейчик В.В., Курейчик Вл.Вл. Архитектура гибридного поиска при проектировании // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 22-27.
6. Гладков Л.А., Гладкова Н.В. Новые подходы к построению систем анализа и извлечения знаний на основе гибридных методов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 146-153.
7. Курейчик В.М. Особенности построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 92-98.
8. Гладков Л.А. Решение задач и оптимизации решений на основе нечетких генетических алгоритмов и многоагентных подходов // Известия ТРТУ. – 2006. – № 8 (63). – С. 83-88.
9. Курейчик В.М. Об одной модели эволюции Шмальгаузена // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 7-16.
10. Курейчик В.В., Сороколетов П.В. Математические модели эволюции в САПР // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 4 (81). – С. 12-16.
11. Кравченко Ю.А. Концептуальные основы рефлексивно-адаптивного подхода к построению интеллектуальных информационных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 167-171.
12. Берёза А.Н., Цветлик Е.А. Применение метода интегральных нечетких взвешенных оценок при принятии решения // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 119-125.
13. Бова В.В., Курейчик В.В. Интегрированная подсистема гибридного и комбинированного поиска в задачах проектирования и управления // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 12 (113). – С. 37-42.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

**Щеглов Сергей Николаевич** – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: srg\_sch@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371625; кафедра систем автоматизированного проектирования; к.т.н.; доцент.

**Shcheglov Sergey Nikolaevich** – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: srg\_sch@mail.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371625; the department of computer aided design; cand. of eng. sc.; associate professor.