

4. Ромм Я. Е., Фирсова С.А. Минимизация временной сложности вычисления функций с приложением к цифровой обработке сигналов. – Таганрог: Изд-во Таганрог. гос. пед. ин-та, 2008. – 125 с.
5. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. II // Кибернетика и системный анализ. – 2007. – № 2. – С. 161-174.
6. Голиков А.Н. Самосогласованный расчёт электрон-фононного рассеяния в GaAs нанопроволоках на основе кусочно-полиномиальных схем. – Таганрог: ТГПИ, 2011. – 123 с.
7. Голиков А.Н. Кусочно-полиномиальные схемы вычисления функций двух переменных, частных производных и двойных интегралов на основе интерполяционного полинома Ньютона. – Таганрог: ТГПИ., 2010. – 150 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Л.П. Фельдман.

**Голиков Александр Николаевич** – НОУ ВПО «Таганрогский институт управления и экономики»; e-mail: alex.golikov@mail.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 45; кафедра прикладной математики и информационных технологий; к.т.н.; старший преподаватель.

**Golikov Alexander Nikolayevich** – Taganrog Management and Economics Institute; e-mail: alex.golikov@mail.ru; 45, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia; the department of applied mathematics and information technologies; cand. of eng. sc.; lecturer.

УДК 519.876.5

**Е.Н. Бородулина**

### **ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Рассмотрена задача разработки модели поддержки жизненного цикла системы в условиях многовариантного развития событий и инструментария для ее реализации. Предложена адаптивная модель, включающая три компоненты: структурную модель управляемой системы, сценарно-вероятностную модель внешней среды и модель управляющей системы. Отмечается, что система, проектированная на основе данной модели, является достаточно гибкой и позволяет решать задачи прогнозирования перехода системы из одного состояния в другое путем предварительного задания параметров внешней среды, управления изучаемой системой с помощью выбранного управляющего воздействия, управления внешней средой с целью превращения воздействия в воздействие, улучшающее параметры функционирования системы, изучения параметров среды при разных ситуациях и синтеза эффективной управляемой системы. В качестве ядра инструментария предложен генетический алгоритм с динамическим выбором генетических операторов в группе, позволяющий решить задачу выбора оптимального управляющего воздействия при условии предварительного формирования целевой функции на основе анализа внешнего воздействия, параметров внутренней среды и рисков.*

*Генетический алгоритм; ситуационное управление; социотехническая система; сценарно-вероятностная модель; управляемая система; управляющая система.*

**E.N. Borodulina**

### **THE GENETIC ALGORITHM OF SITUATION MANAGEMENT PROBLEM SOLUTION**

*The problem of construction of life cycle support system model under multi-version event development and instruments for implementation is considered. The adaptive model including three components such as structural model of controlled system, scenario probabilistic model of surroundings and controlling system model and allowing solving the problems of sophisticated social*

*technical system synthesis, behavior forecasting, management under variable situations is suggested. It is pointed out that the system projected based on this model is flexible and allows solve the problems of forecasting transfer from one state to another with initialization of external parameters, management the system with selected controlling system, management external environment for conversion in action improving system performance, research environment parameters in different situations, synthesis effective controlled system. The genetic algorithm with dynamic genetic operator selection into the group solving the problem of optimal control action selection is suggested as a central instrument under prior forming objective function based on analysis external action, parameters of internal action and risks.*

*Genetic algorithm; situation management; social technical system; scenary probabilistic model; controlled system; controlling systems.*

В настоящее время инженерная деятельность переходит на новую модель функционирования, которая включает не только процессы проектирования сложных социотехнических систем, но и последующего управления ими при наличии множества возможных ситуаций, которые могут возникать при разных сценариях внутренних и внешних воздействий [1]. В связи с этим важной становится задача разработки эффективной модели поддержки жизненного цикла системы в условиях многовариантного развития событий и инструментария для ее реализации.

В основе модели должна находиться управляемая система, которая представима в виде структурной модели, включающей элементы и функции их взаимодействия (рис. 1). Причем каждый элемент системы выделяется на основе выполнения им уникальной функции или совокупности и описывается рядом параметров, которые имеют граничные значения. При выходе за границы этих значений элемент перестает функционировать, так чтобы обеспечивать эффективную работу всей системы, которая может предотвратить кризисное состояние. Функция взаимодействия элементов показывает, как параметры элементов взаимосвязаны между собой.

На социотехническую систему влияет внешняя среда, которая может быть описана с помощью сценарно-вероятностной модели, которая представляет собой дерево событий. Здесь матрица возможных событий характеризует влияние на элементы изучаемой системы. При этом внешние события имеют элементарный характер, т.е. описывают событие так, если бы наступление его было единственно и не предшествовало или сопутствовало наступлению других событий. Каждое элементарное событие имеет свою вероятность наступления. Однако поскольку в действительности обычно возможны композиции из нескольких событий, то конечным элементом дерева является матрица возможных ситуаций, задающая совокупность вероятностей наступления событий с разными сценариями. Таким образом, при наложении на систему внешнего воздействия могут изменяться значения параметров элементов и функции взаимодействия.

В соответствии с этим важным является поддержание системы в таком состоянии, чтобы она была работоспособной и эффективной. Для этого существует управляющая система, которая состоит из двух подсистем. Первая осуществляет на основе параметров изучаемой системы и внешней среды оценку рисков перехода элементов в нежелательные состояния. Вторая содержит информацию о возможных ресурсах внутренней системы, которые могут влиять на изучаемую систему, о их взаимодействиях и формирует целевую функцию и ограничения, а затем с помощью специализированного инструментария выбирает оптимальное управляющее воздействие.

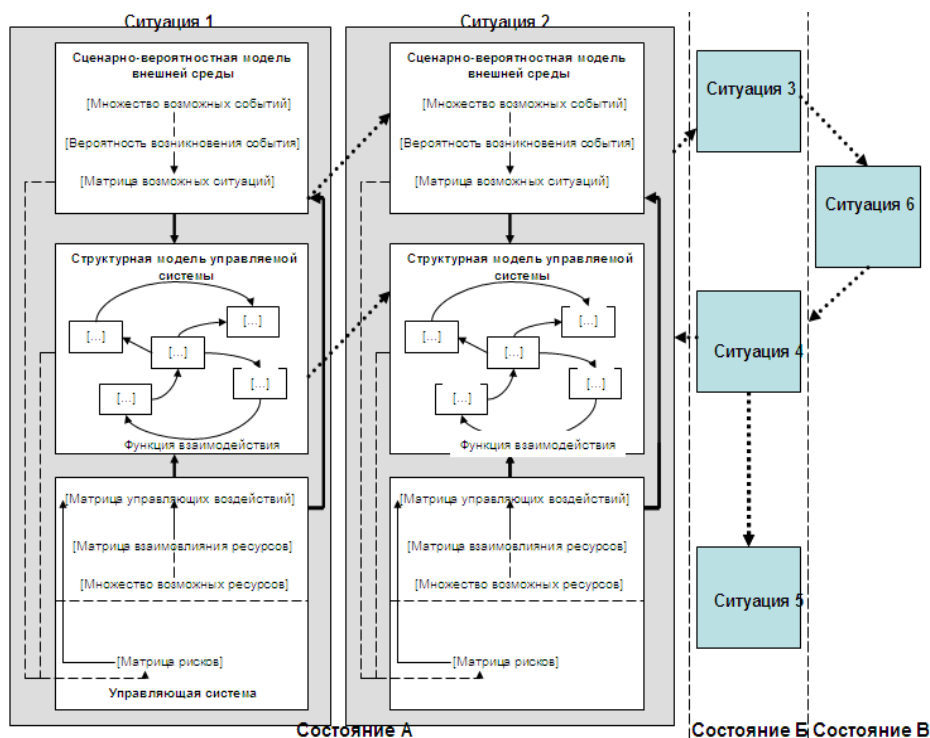


Рис. 1. Модель поддержки жизненного цикла системы в условиях многовариантного развития событий

После того как реализовано выбранное решение, система может перейти в следующее состояние, при этом возможно изменение и внешней среды, и внутренней, у которой изменяются ресурсы. Огромное множество состояний, характеризующихся состояниями внешней среды, внутренней среды и изучаемой системы, может быть разбито на кластеры. В кластере состояние не изменяется, т.е. возникающие ситуации несущественно изменяют параметры.

Описанная модель позволяет эффективно поддерживать жизненный цикл сложной социотехнической системы, характеризующийся переходами из одного состояния в другое.

Таким образом, система, построенная на основе предложенной модели, является достаточно гибкой и позволяет решать следующие задачи:

- ◆ прогнозирование перехода системы из одного состояния в другое путем предварительного задания параметров внешней среды;
- ◆ управление изучаемой системой путем с помощью управляющего воздействия;
- ◆ управление внешней средой с целью превращения воздействия в воздействие, улучшающее параметры функционирования системы;
- ◆ изучение параметров среды при разных ситуациях и синтез эффективной управляемой системы.

Ядром инструментария данной системы должен служить алгоритм, позволяющий на основе матрицы рисков, описывающей целевую функцию и ограничения, множества возможных ресурсов и матрицы их взаимовлияния, предложить эффективное управляющее воздействие. Такой алгоритм может быть построен на

основе генетического, поскольку он робастен (надёжен, устойчив) по отношению к виду оптимизируемой функции и настраивается для конкретной задачи путем подбора и комплектования основных генетических операторов.

Для представленной модели целесообразной является разработка генетического алгоритма с подбором генетических операторов на основе эффективности поиска решения, поскольку такой подход позволит решать описанный спектр задач без коренного изменения инструментария.

Таким образом, на первом этапе была проанализирована эффективность операторов на основе их оценки по таким критериям, как время работы алгоритма, точность получаемого решения, сходимость. Выбор данных критериев обоснован тем, что анализ эффективности целостного алгоритма происходит на основе устойчивости к входным данным и требуемым ресурсам.

Анализ операторов скрещивания показал, что эффективными являются одноточечное и двухточечное скрещивание, пригодными в отдельных случаях могут быть также операторы универсального многоточечного и однородного скрещивания.

В классе операторов мутации наименее предпочтительным является оператор двухточечной мутации. Остальные являются примерно одинаковыми по эффективности.

Среди операторов отбора наилучшим является оператор турнирного вероятностного отбора, однако приемлем и пропорциональный рулеточный отбор, и случайный.

При группировке операторов с целью повышения общей эффективности генетического алгоритма целесообразно выбрать стратегии аутбридинга, инбридинга или стратегию «лучшая со всеми из родительского пула». Оценка пригодности полученного решения следует производить на основе стратегий «любое пригодно» или «пригодно выше среднего». Для повышения эффективности генетических операторов можно использовать ряд стратегий. Выбор стратегии редукции (сокращения количества возможных решений) зависит от последовательности использованных операторов в итерации, решаемой задачи и предпочтений ЛППР. Среди остальных стратегий наиболее эффективна стратегия перестановки, однако ее применение наиболее целесообразно в классе задач, где важна последовательность решений или элементов совокупности. Приемлемы стратегии элитизма и эпистаза.

Таким образом, выявлено, что абсолютных лидеров по эффективности в каждой группе не существует, эффективность зависит как от решаемой задачи, так и от предпочтений ЛППР, влияющих на важность критериев оценки алгоритмов

Проведенный анализ типов генетических алгоритмов показал, что эффективным является островной тип, позволяющий найти оптимальное решение за малый интервал времени, которому соответствует алгоритм с динамическим выбором генетических операторов в группе [2].

Для построения модели такого алгоритма был разработан агрегированный показатель эффективности, включающий оценки параметров: точность решения (сходимость к оптимальному решению) –  $\mathcal{E}_1$ ; время работы оператора до получения наилучшего решения –  $\mathcal{E}_2$ ; разнообразие элементов совокупности –  $\mathcal{E}_3$ ; устойчивость полученного решения –  $\mathcal{E}_4$ ; требуемые ресурсы –  $\mathcal{E}_5$ ; количество полученных элементов с пригодностью выше среднего (в процентах) –  $\mathcal{E}_6$ .

На основе весов этих критериев по важности, рассчитанных на основе метода коллективной оценки, была выведена формула расчета эффективности генетического оператора

$$\mathcal{E} = 0,21 \times \mathcal{E}_1 + 0,11 \times \mathcal{E}_2 + 0,16 \times \mathcal{E}_3 + 0,15 \times \mathcal{E}_4 + 0,17 \times \mathcal{E}_5 + 0,21 \times \mathcal{E}_6.$$

Однако эффективность генетического оператора может изменяться в зависимости от ранее использованных операторов, поэтому предложен поправочный коэффициент  $I_{zi}$  (относительное изменение эффективности генетического оператора при условии нахождения в итерации генетических операторов из других групп) и общий показатель эффективности генетического оператора

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E} \times I_{zi},$$

где  $i$  – генетический оператор из другой группы, находящийся на предыдущем шаге от исследуемого.

Вероятность  $P$  реализации генетического оператора равна его эффективности:

$$P = \mathcal{E}_o = I_{zi} \times (0,21 \times \mathcal{E}_1 + 0,11 \times \mathcal{E}_2 + 0,16 \times \mathcal{E}_3 + 0,15 \times \mathcal{E}_4 + 0,17 \times \mathcal{E}_5 + 0,21 \times \mathcal{E}_6).$$

Поэтапная схема генетического алгоритма с динамическим выбором генетического оператора в группе для определения количества элементов выглядит, как показано на рис. 2.

При этом возможны четыре стратегии поведения генетического алгоритма с разным требуемым количеством элементов:

1) только скрещивание:

$$\mathcal{E}_{6pi} * \mathcal{E}_{6ci} * N_i * \mathcal{E}_{6oi} * \mathcal{E}_{6li} = N_{i+1};$$

2) только мутация:

$$\mathcal{E}_{6mi} * N_i * \mathcal{E}_{6oi} * \mathcal{E}_{6li} = N_{i+1};$$

3) скрещивание, затем мутация:

$$\mathcal{E}_{6pi} * \mathcal{E}_{6ci} * N_i * \mathcal{E}_{6mi} * \mathcal{E}_{6oi} * \mathcal{E}_{6li} = N_{i+1};$$

4) одновременно скрещивание и мутация:

$$(\mathcal{E}_{6pi} * \mathcal{E}_{6ci} + \mathcal{E}_{6mi}) * N_i * \mathcal{E}_{6oi} * \mathcal{E}_{6li} = N_{i+1}.$$

№ поколения	Группирование	Скрещивание	Количество элементов в $i$ итерации	Мутация	Количество элементов в $i$ итерации / после скрещивания	Отбор	Количество элементов	Оценка пригодности	Количество элементов в следующей итерации
$i$	$\mathcal{E}_{6r}$	$\mathcal{E}_{6c}$	$N_i$	$\mathcal{E}_{6m}$	$N_i/N_c$	$\mathcal{E}_{6o}$	$\frac{N_c N_{c+m}}{N_m}$	$\mathcal{E}_{6p}$	$N_{i+1}$

Рис. 2. Схема генетического алгоритма с динамическим выбором генетического оператора в группе

Таким образом, предложена модель поддержки жизненного цикла системы в условиях многовариантного развития событий, позволяющая решать задачи синтеза сложной социотехнической системы, прогнозирования ее поведения и управле-

ния в разных ситуациях. Представлен генетический алгоритм с динамическим выбором генетических операторов в группе, решающий задачу выбора оптимального управляющего воздействия для перевода изучаемой системы в устойчивое, более эффективное, с точки зрения функционирования, состояние.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Френкель М.Б., Квятковская И.Ю. Моделирование сложных социально-экономических систем с учетом влияния внешней среды // Вестник АГТУ. Сер. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 2.
2. Петров Ю.Ю. Управляемые генетические алгоритмы, основанные на статистике // Вторая Всероссийская научная конференция «Нечеткие системы и мягкие вычисления». – Ульяновск, 2008.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

**Бородулина Екатерина Николаевна** – Южный федеральный университет; e-mail: kaf\_sau@mail.ru; 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Мильчакова, 10, каб. 505; тел.: 88632696991, 89044434417; кафедра системного анализа и управления; аспирантка; преподаватель.

**Borodulina Ekaterina Nikolaevna** – Southern Federal University; e-mail: stervyshka@mail.ru; 10, Milchakova street, of. 505, Rostov-on-Don, 344090 Russia; phones: +78632696991, +79044434417; the department of systems analysis and control; postgraduate student; instructor.

УДК 656.2 + 06

**С.М. Ковалев, А.В. Суханов**

#### **ОБНАРУЖЕНИЕ ОСОБЫХ ТИПОВ ПАТТЕРНОВ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ\***

*В настоящее время наблюдается широкое внедрение автоматизированных информационно-управляющих систем, основанных на базах данных и знаний. В связи с этим появляется необходимость компьютерного анализа больших объемов информации, полученной в результате наблюдений за работой технических устройств и полного оборудования. Здесь для выявления и обобщения полезной информации, а также для формирования баз знаний используются различные методы обработки темпоральных данных, в частности методы классификации и кластеризации временных рядов. В статье рассматривается одна из наиболее важных задач в области интеллектуального анализа данных, связанная с обнаружением особых типов темпоральных паттернов во временных рядах. Предлагаемый метод основан на обучении без учителя Марковской модели исследуемой системы с продукционными правилами, описывающими ее «немарковские» ситуации. Представленный подход к классификации применим для решения широкого круга задач, так как не требует знаний обо всех линиях поведения. Приведенные эксперименты на одной из реализаций типового образца временного ряда доказывают актуальность применения метода для выявления особых типов темпоральных паттернов.*

*Обнаружение аномалий; обучение без учителя; временной ряд; Марковская модель; продукционные модели; особые паттерны.*

\* Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ, № № 13-07-00183 А, 13-08-12151 офи\_м, 13-07-13108 офи\_м\_РЖД, 13-07-13109 офи\_м\_РЖД, 14-01-00259 А.