

Квази-генетический алгоритм оптимизации структуры автоматизированных информационных систем

05, май 2012

DOI: [10.7463/0512.0369022](https://doi.org/10.7463/0512.0369022)

Лисов О. И., Марков А. Б.

УДК 681.5.03

Россия, НИУ МИЭТ
Россия, ЗАО «НТЦ ЭЛИНС»
markov@elins.ru

Использование генетических моделей и алгоритмов оптимизации качества АИС не приводит к быстрому нахождению оптимального решения из-за многих факторов, в том числе связанных с игнорированием опыта разработчиков и взаимосвязи критериев качества различных видов обеспечения.

Генетический алгоритм (ГА), как основа технической генетики, открывает широкие возможности в автоматизации проектирования оптимальных систем. Однако, известные задачи, решаемые с помощью ГА [1], носят однокритериальный характер оценки качества системы.

Применение ГА, особенно в мультихромосомном варианте, требует затрат (творческих, исследовательских, временных), сравнимых с затратами на разработку системы.

К недостаткам классического ГА при проектировании реальных систем относятся:

- ГА имитирует эволюционный процесс развития биологических систем случайным образом, порождая при этом большое количество заведомо не жизнестойких особей;
- в процессе эволюции не анализируются факторы (гены), стимулирующие увеличение степени приспособленности (качества) системы или влияющие на уменьшение этих качеств;
- отсутствует управление процессом на основе интеллектуального анализа хода эволюции, изменения внешних условий (отсутствует «боеготовое» начало в эволюции);
- не учитывается коллективный накопленный опыт и интеллектуальные способности команды разработчиков, качество предыдущих разработок, опыт эксплуатации подобных систем.

Ставится задача - в качестве основы эволюционного подхода построить и апробировать ГА, учитывающий как положительные свойства классического ГА, так и интеллектуальные аспекты (научный опыт) создания подобных систем.

Предлагаемый алгоритм квази-генетического интуитивного метода оптимизации качества АИС приведен на рис. 1.

Преимущества квази-генетического алгоритма оптимизации структуры АИС:

- «параллельный» взгляд на возможные варианты организации структуры системы по различным критериям, в том числе по различным видам обеспечения;
- возможность нахождения нетривиальных вариантов построения структуры системы, т.е. решений, не имевших места в предыдущих разработках и являющихся новыми решениями;
- возможность формализации процесса поиска гомеостатически оптимального решения;
- возможность компьютеризации процесса поиска.

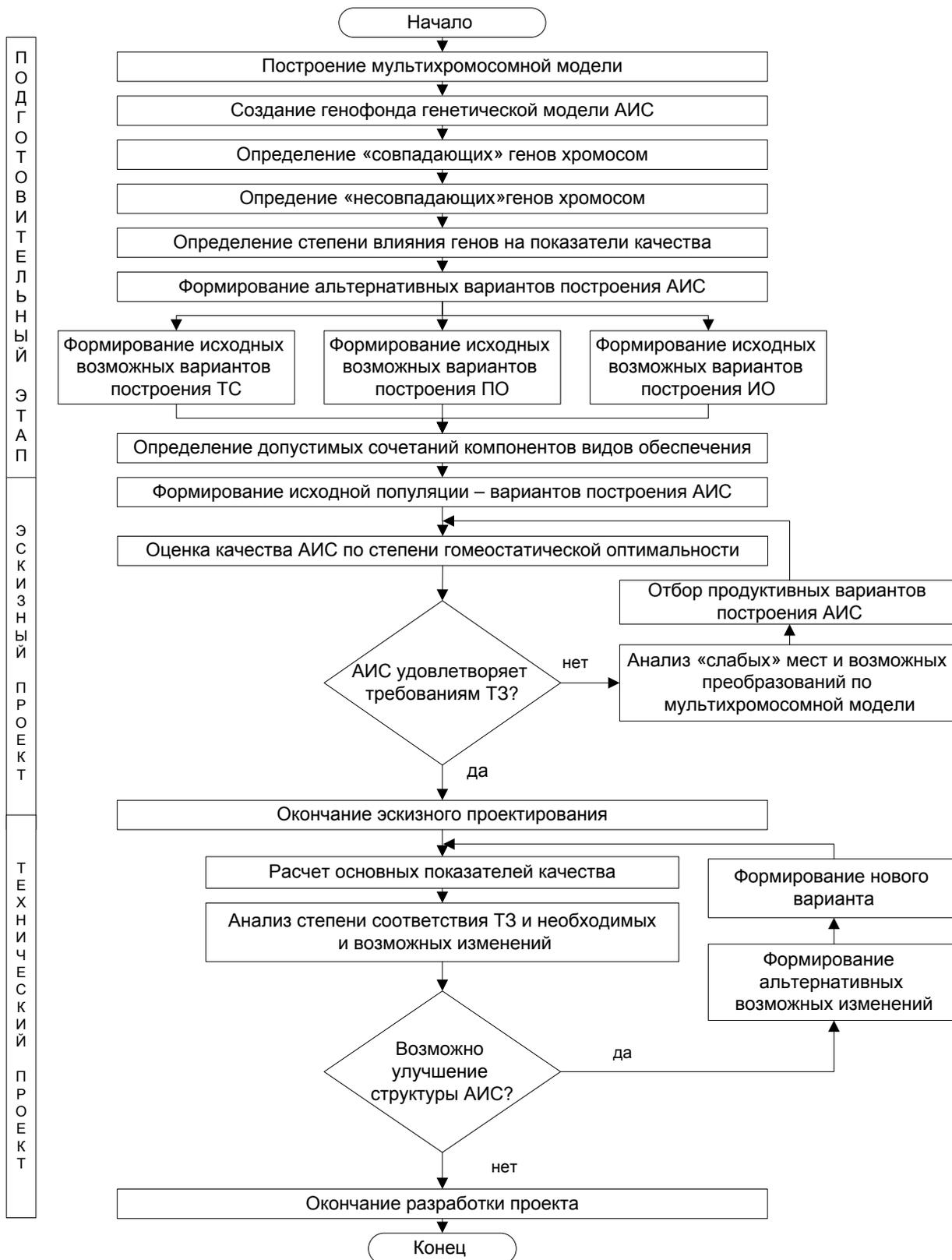


Рисунок 1 - Квази-генетический алгоритм оптимизации структуры АИС

Представленные принципы квази-генетического алгоритма апробированы при создании АИС «Снабжение». Конечная структура АИС представлена на рис. 2.

АИС «Снабжение» - это сетевая распределённая система, реализующая хранение, обработку и передачу информации, обеспечивающая контроль корректности документов,

распределение мест хранения информации, её восстанавливаемость, верификацию и внесение изменений.



Рисунок 2 - Состав АИС «Снабжение»

Структура мультихромосомной модели (ИО, ТС, ПО, Ф) содержит несколько хромосом, отображающих взаимосвязь видов обеспечения. Например:

- в хромосоме технические средства – программное обеспечение (ТС-ПО) локусы хромосомы соответствуют компонентам технических узлов, аллели – это программные комплексы, установленные на каждом компоненте ТС;
- хромосома технические средства – информационное обеспечение (ТС-ИО) устанавливает распределение информационных массивов по компонентам технических средств;
- хромосома программное обеспечение – функции (ПО-Ф) отображает распределение выполняемых функций по программным средствам.

Состав возможных компонентов ТС, ПО, ИО и Ф (генофонд генетической модели) достаточно велик. Для ТС, ПО, ИО это могут быть:

ТС:

- тип процессора;
- объем ОЗУ;
- типы и объем внешних запоминающих устройств;
- тип сканера;
- тип принтера;
- средства сопряжения с сетью;
- специальные датчики;
- тип контроллеров сети;
- способ аппаратной защиты информации;
- типы устройств информации и дешифрации данных и т.п. (модемы, концентраторы, мосты, коммутаторы...);

ПО:

- операционная система;
- ПО защиты информации;

- драйверы доступа;
- ПО управления каналами связи;
- ПО разделения времени;
- файловые системы;
- прикладные программные системы;

ИО:

- СУБД;
- система распределения данных (включая степень дублирования);
- система обмена данными;
- интерфейсы;
- документооборот;
- протоколы хранения и обмена данными.

При создании АИС «Снабжение» с использованием квази-генетического алгоритма оптимизации её структуры по нечётким критериям, были сформированы четыре группы Гр1– Гр4 разработчиков, каждая из которых предложила свои структуру особой исходной популяции и показатели качества АИС. В качестве исходных данных разработчики использовали техническое задание на АИС «Снабжение». Было разрешено применять компоненты, которые, по мнению разработчиков, могли привести к лучшим показателям, но отклонялись от требований технического задания.

Группа Гр1 составлена из ведущих научных работников предприятия (ЗАО «НТЦ ЭЛИНС»), имевших опыт разработки автоматизированных систем управления сложными техническими объектами от четырёх до шести лет.

Перед группой была поставлена задача создания варианта структуры АИС с использованием технических средств, программного и информационного обеспечений, способов организации сети, требований к квалификации обслуживающего персонала, ранее применённых в разработках предприятия.

Группа Гр2 составлена из молодых научных работников, окончивших ВУЗ (МИЭТ) и имеющих опыт работы не более трёх лет, а также являющихся дипломниками, магистрами, аспирантами.

Группа должна была использовать перспективные варианты видов обеспечения на основе анализа опыта аналогичных разработок ведущих отечественных и зарубежных фирм.

Группа Гр3 составлена из студентов-практикантов МИЭТ, проходящих научно-исследовательскую практику на предприятии.

Группа должна была использовать варианты видов обеспечения, достаточно полно изложенных в современной научной литературе, а также изучавшихся в соответствующих курсах учебного плана МИЭТ.

Группа Гр4 составлена из сотрудников кафедры «Информатика и программное обеспечение вычислительных систем» МИЭТ, связанных с разработкой АИС другого назначения (корпоративных, учебных, управляющих, документооборота, технологических и т.п.).

Группа должна была использовать варианты видов обеспечения, на основе которых реализованы действующие в различных отраслях промышленности АИС, в разработке и поддержке эксплуатации которых принимали участие члены группы.

Также была образована группа экспертов, составленная из представителей заказчика, предприятия-разработчика и приглашённых специалистов других предприятий. Группа экспертов обобщала данные, представленные разработчиками, и проводила оценку показателей качества.

В качестве вершин графа (модели) АИС были оставлены общие для всех моделей подсистемы: процессор, ОС, СУБД, тип компьютерной сети, вид резервирования.

Основными показателями качества были выбраны: надёжность, стоимость, время обработки информации (время реакции), степень резервирования информации, удобство диагностирования, возможность работы при неисправностях (отказах), степень взаимосвязанности видов обеспечения, квалификация персонала.

Результаты работы групп были обработаны и сведены в две таблицы.

В таблице 1 приведена структура особей (вариантов) исходной популяции АИС.

Таблица 1

Структура особей исходной популяции

Группа разработчиков	Процессор	Операционная система	СУБД	Тип сети	Вид резервирования
Гр1	Pentium 4	MCBC	Линтер	локальная радиальная	групповое
Гр2	EM64T	Windows XP Professional X64 Edition	Teradata Database	локальная радиальная	функциональное
Гр3	Pentium	OS/2 Warp	Sybase SQL Anywhere	локальная радиальная	функциональное
Гр4	K6-2	Windows XP Professional	Microsoft SQL Server	локальная радиальная	информационное

В таблице 2 приведены результаты нечёткой (экспертной) оценки качества вариантов построения АИС. Оценки показателей качества обозначены следующим образом:

- очень высокие – ОВ (5 баллов);
- высокие – В (4 балла);
- хорошие – Х (3 балла);
- плохие – П (2 балла);
- очень плохие – ОП (1 балл).

Суммарное значение оценок показателей качества, выраженное в баллах (165, 155, 151, 166 для Гр1, Гр2, Гр3 и Гр4 соответственно) показывает, что опытные разработчики предложили лучшие варианты АИС. Дальнейшая оптимизация этих вариантов, учитывающая требования ТЗ заказчика (ОС, СУБД, стоимость), даёт ощутимое преимущество варианту АИС, предложенному Гр1, который и был реализован под наименованием АИС «Снабжение». Общие трудозатраты на первоначальный этап разработки (построение мультихромосомных моделей, формирование альтернативных вариантов, оценка, сравнение вариантов и выбор) составили примерно 1000 человеко - часов, что позволило за короткое время (десять дней) выбрать вариант разработки, который впоследствии не изменялся.

Структура информации для нечёткой оценки качества варианта построения АИС

Вид обеспечения	Группа	Экспертные оценки показателей качества								
		Надёжность	Стоимость	Время обработки информации	Степень резервирования информации	Удобство диагностирования	Возможность работы при неисправностях	Степень взаимосвязанности видов обеспечения	Квалификация персонала	Баллы
Технические средства	Гр1	В	ОВ	Х	В	Х	П	В	Х	28
	Гр2	В	П	ОВ	ОВ	В	Х	В	П	29
	Гр3	В	Х	Х	ОВ	П	Х	В	ОП	25
	Гр4	В	В	Х	Х	В	Х	В	П	27
Операционные системы	Гр1	В	ОВ	Х	Х	Х	П	В	В	28
	Гр2	Х	П	ОВ	П	В	Х	В	П	25
	Гр3	П	Х	Х	П	Х	Х	В	Х	23
	Гр4	Х	Х	Х	П	В	Х	В	В	24
Прикладное ПО	Гр1	Х	ОВ	Х	Х	В	П	Х	В	27
	Гр2	Х	П	ОВ	П	Х	Х	Х	П	25
	Гр3	П	П	В	Х	В	Х	Х	Х	24
	Гр4	В	Х	Х	В	ОВ	Х	Х	В	29
СУБД	Гр1	П	ОВ	П	В	ОВ	ОВ	П	Х	28
	Гр2	Х	П	ОВ	Х	В	ОВ	П	П	26
	Гр3	П	П	Х	Х	В	ОВ	П	П	23
	Гр4	Х	Х	Х	Х	В	ОВ	П	Х	26
Каналы связи	Гр1	Х	Х	Х	Х	В	Х	Х	Х	25
	Гр2	Х	ОП	Х	В	П	В	Х	Х	23
	Гр3	Х	П	Х	В	В	В	Х	Х	26
	Гр4	Х	П	Х	ОВ	ОВ	В	Х	Х	28
Характер резервирования	Гр1	В	Х	Х	Х	В	Х	ОВ	В	29
	Гр2	Х	П	П	ОВ	Х	В	ОВ	В	28
	Гр3	ОВ	П	П	ОВ	Х	В	ОВ	В	30
	Гр4	Х	П	Х	ОВ	ОВ	ОВ	ОВ	В	32

Поясним некоторые определения квази-генетического алгоритма.

Построение мультихромосомной модели и создание генофонда предполагает достаточно полное перечисление всех возможных компонентов видов обеспечения и их совместимости.

Определение совпадающих и несовпадающих генов хромосом предполагает установление единообразия или возможности разнотипности компонентов видов обеспечения в АИС в целом. Например: допускается или нет использование различных критериев, компонентов СУБД и т.п. в различных подсистемах АИС.

Формирование возможных вариантов построения видов обеспечения предполагает установление «нежизнеспособных» сочетаний видов обеспечения и исключение из рассмотрения заведомо несовместимых.

Отбор продуктивных вариантов построения АИС предполагает, что на этапе выбора очередных, предназначенных к рассмотрению возможных популяций, отбираются наиболее перспективные и реализуемые, по мнению разработчиков, варианты.

Выводы:

Приведенный подход к проектированию АИС, оптимальной по множеству критериев и удовлетворяющей требованиям технического задания, на основе квази-генетического мультихромосомного алгоритма, был использован при разработке АИС «Снабжение». АИС «Снабжение» предназначена для управления материально-техническим обеспечением служб ракетно-артиллерийского вооружения Министерства обороны РФ. Предложенный квази-генетический алгоритм был реализован путём создания четырёх групп разработчиков, представивших свои варианты структуры системы и видов обеспечения, на основе которых, за достаточно короткое время, была сформирована АИС, удовлетворяющая требованиям ТЗ и использующая наилучшую гомеостатическую совокупность значений показателей качества.

Литература

1. Батищев Д.И. Генетические алгоритмы решения экстремальных задач: Учебное пособие [под ред. Я.Е.Львовича]. Воронеж: ВГТУ. 1995. 69 с.
2. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Методики проектирования автоматизированных систем. М.: МГТУ им. Баумана. 2002. 336 с.
3. Курейчик В.В. Эволюционные методы решения оптимизационных задач. Таганрог: ТРТУ. 2001. 158 с.
4. Абагян С.С., Марков А.Б., Лисов О.И. Проблемы модернизации и развития инфраструктуры программно-аппаратных компонентов и пути их решения.// Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 2005. № 4. С. 49-51.
5. Борисенко М.Л. Использование нечеткой модели процесса оценивания качества для получения достоверной экспертной оценки.// Оборонный комплекс - научно-техническому прогрессу России. 1999. № 2. С. 14-18.
6. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М: Горячая линия-Телеком, 2008. 452 с. — ISBN 5-93517-103-1

Quasi-genetic algorithm for optimization of automated information systems structure

05, May 2012

DOI: [10.7463/0512.0369022](https://doi.org/10.7463/0512.0369022)

Lisov O.I., Markov A.B.

Russia, National Research University of Electronic Technology

Russia, JSC STC ELINS

markov@elins.ru

The proposed algorithm considers accumulated experience both of automated information system (AIS) designing and evolution modeling principles, in particular, simultaneous consideration of a few versions of AIS construction and their comparison. Ways of further improvement of the AIS structure were determined. The structure should match many criteria of optimality.

Publications with keywords: [genetic algorithm](#), [evolutionary algorithm](#)

Publications with words: [genetic algorithm](#), [evolutionary algorithm](#)

References

1. Batishchev D.I. *Geneticheskie algoritmy resheniia ekstremal'nykh zadach* [Genetic algorithms for solving extremal problems]. Voronezh, VGTU Publ., 1995. 69 p.
2. Norenkov I.P. *Osnovy avtomatizirovannogo proektirovaniia: Metodiki proektirovaniia avtomatizirovannykh system* [Fundamentals of CAD: Methodology of designing automated systems]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2002. 336 p.
3. Kureichik V.V. *Evoliutsionnye metody resheniia optimizatsionnykh zadach* [Evolutionary methods for solving optimization problems]. Taganrog, TRTU Publ., 2001. 158 p.
4. Abagian S.S., Markov A.B., Lisov O.I. Problemy modernizatsii i razvitiia infrastruktury programmno-apparatnykh komponentov i puti ikh resheniia [Problems of modernization and development of infrastructure of hardware and software components and the ways of their solution]. *Oboronnyi kompleks - nauchno-tekhnikeskomu progressu Rossii* [Defense industry – for scientific and technical progress of Russia], 2005, no. 4, pp. 49-51.
5. Borisenko M.L. Ispol'zovanie nechetkoi modeli protsessa otsenivaniia kachestva dlia polucheniia dostovernoi ekspertnoi otsenki [Using a fuzzy model of the process of assessing the quality to obtain reliable expert estimates]. *Oboronnyi kompleks - nauchno-tekhnikeskomu progressu Rossii* [Defense industry – for scientific and technical progress of Russia], 1999, no. 2, pp. 14-18.

6. Rutkowska D., Rutkowski L., Piliński M. *Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999 (in Polish). (Russ. ed.: Rutkovskaia D., Pilińskii M., Rutkovskii L. *Neironnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Goriachaia liniia-Telekom, 2008. 452 p.).