

УДК 004.02

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА
ДЛЯ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ПОДБОРА КОЛЛЕКТИВА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
ИННОВАЦИОННЫХ НАУКОЁМКИХ ПРОЕКТОВ**

¹Хэбе Н.А., ²Ковшов Е.Е.

¹ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет»,
Рязань, e-mail: comsystech@land.ru\$

²ФГБОУ ВПО «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
Москва, e-mail: e.kovshov@stankin.ru

Предложен один из вариантов метода рационализации подбора научно-технических работников для выполнения инновационных наукоёмких проектов с применением генетических алгоритмов, позволяющих одновременно манипулировать многими параметрами и генерировать новые решения посредством применения различных операторов. В отличие от других методов оптимизации генетические алгоритмы, как правило, анализируют различные области пространства решений одновременно и поэтому они более приспособлены к нахождению новых областей с лучшими значениями целевой функции. В рассматриваемом процессе рационализации управления подбором научно-технического коллектива для выполнения инновационных наукоёмких проектов исследуемое пространство параметров достаточно велико, и задача не требует строгого нахождения глобального оптимума – достаточно за короткое время найти приемлемое, наиболее подходящее локальное решение. Определены понятия генетического алгоритма, подробно рассмотрена последовательность его выполнения, представленная в виде блок-схемы.

Ключевые слова: генетический алгоритм, инновационный проект, научно-технический коллектив, прикладное программное обеспечение

**THE USE OF GENETIC ALGORITHMS TO STREAMLINE SELECTION
OF THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL STAFF COLLECTIVE
FOR HIGH PERFORMANCE INNOVATION PROJECTS**

¹Khebe N.A., ²Kovshov E.E.

¹Ryazan State Radio Engineering University, Ryazan, e-mail: comsystech@land.ru\$

²Moscow State University of Technology «Stankin», Moscow, e-mail: e.kovshov@stankin.ru

Proposed a variant of the method for rationalization the selection of scientific and technical workers to perform the innovative high-tech projects using genetic algorithms, allowing simultaneously manipulating many parameters and generating new solutions through the application of different operators. Unlike other methods, optimization, genetic algorithms, as a rule, analyze the various areas of space solutions at the same time and therefore they are more adapted to finding new areas with the best values of the objective function. In this process of streamlining the management of selection of scientific-technical group for the delivery of innovative high-tech projects target space of parameters is large enough, and the task does not require strict finding a global optimum – for a very short time to find an acceptable, the most appropriate local solution. Identified the concepts of the genetic algorithm considered the sequence of its implementation, presented in the form of a flowchart.

Keywords: genetic algorithm, innovative design, scientific-technical staff, applied software

Управление инновационным развитием наукоёмкого предприятия является достаточно сложной и многокритериальной задачей, от решения которой во многом зависят его качественные организационно-технические и экономические показатели, способность к удержанию конкурентных преимуществ в отрасли, а также успешная интеграция в мировое экономическое пространство. Для успешного функционирования наукоёмкого предприятия в условиях инновационного развития профессиональная деятельность научно-технического коллектива является ведущим фактором, определяющим основу разработки инновационных проектов и их последующей реализации. Представители научно-технического коллектива должны обладать способностью к восприятию и вне-

дрению инноваций (инновационных проектов) на своем рабочем месте, а также к продуцированию инновационной активности. Соответственно, в системе управления научно-техническим коллективом наукоёмкого предприятия необходимо создание условий для развития человеческого потенциала, в частности, инновационного, для чего требуется разработка не только ряда мероприятий по его развитию, но и критериев подбора научно-технических работников для реализации самих инновационных проектов.

Исходя из этого, необходимо разработать программно-математический аппарат, обеспечивающий рационализацию подбора состава научно-технического коллектива для выполнения инновационных наукоёмких проектов.

Для решения поставленной задачи целесообразно применение аппарата генетических алгоритмов [5, 6], который составляет адекватный инструментарий решения оптимизационных задач управления не только подбором научно-технического коллектива для выполнения инновационных проектов, но и, как следствие, инновационным развитием наукоёмкого предприятия в целом.

Генетический алгоритм (ГА) представляет собой метод оптимизации, основанный на концепциях естественного отбора и генетики. ГА позволяет решать задачи прогнозирования, классификации, поиска оптимальных вариантов и совершенно незаменим в тех случаях, когда в обычных условиях решение задачи основано на интуиции или опыте, а не на строгом (в математическом смысле) ее описании [5].

В настоящее время используется новая парадигма решений оптимизационных задач на основе ГА и их различных модификаций [6]. ГА осуществляют поиск баланса между эффективностью и качеством решений за счет «выживания сильнейших альтернативных решений» в неопределенных и нечетких условиях [4, 7].

ГА отличаются от других оптимизационных и поисковых процедур следующим:

- работают в основном не с параметрами задачи, а с закодированным множеством параметров;

- осуществляют поиск не путем улучшения одного решения, а путем использования сразу нескольких альтернатив на заданном множестве решений;

- используют целевую функцию (ЦФ), а не ее различные приращения для оценки качества принятия решений;

- применяют не детерминированные, а вероятностные правила анализа оптимизационных задач.

Для работы ГА выбирают множество натуральных параметров оптимизационной проблемы и кодируют их в последовательность конечной длины в некотором алфавите [7]. Они работают до тех пор,

пока не будет выполнено заданное число генераций (итераций алгоритма) или на некоторой генерации будет получено решение определенного качества, или, когда найден локальный оптимум, то есть возникла преждевременная сходимость и алгоритм не может найти выход из этого состояния. В отличие от других методов оптимизации эти алгоритмы, как правило, анализируют различные области пространства решений одновременно, и поэтому они более приспособлены к нахождению новых областей с лучшими значениями ЦФ.

Как правило, научно-технический коллектив для выполнения инновационных проектов [1, 4] подбирают с помощью поэтапной процедуры, отраженной на рис. 1. При этом на каждом из этапов отсеивается часть претендентов. В зависимости от должности претендента или специфики инновационной деятельности наукоёмкого предприятия претерпевают изменения последовательность и важность этапов, а также критерии отбора научно-технических работников: общие характеристики (пол, возраст, место проживания, семейное положение), образование, наличие ученых степеней и званий, опыт работы (разработка и реализация инновационных проектов), специальные навыки (генерация инновационных идей, инновационное мышление и др.), личные качества и т.д.

В рассматриваемом процессе оптимизации управления подбором научно-технического коллектива для выполнения инновационных наукоёмких проектов исследуемое пространство параметров достаточно велико, и задача не требует строгого нахождения глобального оптимума – достаточно за короткое время найти приемлемое, наиболее подходящее решение, в связи с чем наиболее целесообразно использовать ГА на этапе № 3 (рис. 1). Для работы ГА следует определить исходные данные для процесса подбора научно-технического работника для выполнения инновационного проекта (табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные для работы ГА

1	Научно-технический работник	$N = \{1...F\}$, F – число научно-технических работников
2	Инновационный проект	$I = \{1...K\}$, K – число инновационных проектов

Каждый объект (элемент любого вектора из табл. 1) можно представить в виде совокупности атрибутов, численно характеризующих данный объект. Атрибуты определены на ограниченном множестве положительных значений. Вектор подбора: $NTRINN = \{N_1, N_2, \dots, N_r\}$, где N_r – но-

мер научно-технического работника, подобранного на I -й инновационный проект, $I = \{1, \dots, K\}$, $N = \{1, \dots, F\}$.

Таким образом, задача подбора научно-технического работника (НТР) на выполнение определенного инновационного проекта сводится к задаче выбора такого варианта

вектора *NTRINN* из числа возможных, в котором с учетом ограничений и критериев он будет в максимальной степени способствовать достижению поставленной цели.

Чтобы определить критерии отбора, следует сформулировать требования, предъявляемые к научно-техническому работнику,

необходимые для соответствующего вида инновационной деятельности. Критерии необходимо формировать так, чтобы они всесторонне характеризовали как научно-технического работника, с одной стороны, так и инновационный проект (табл. 2), с другой.

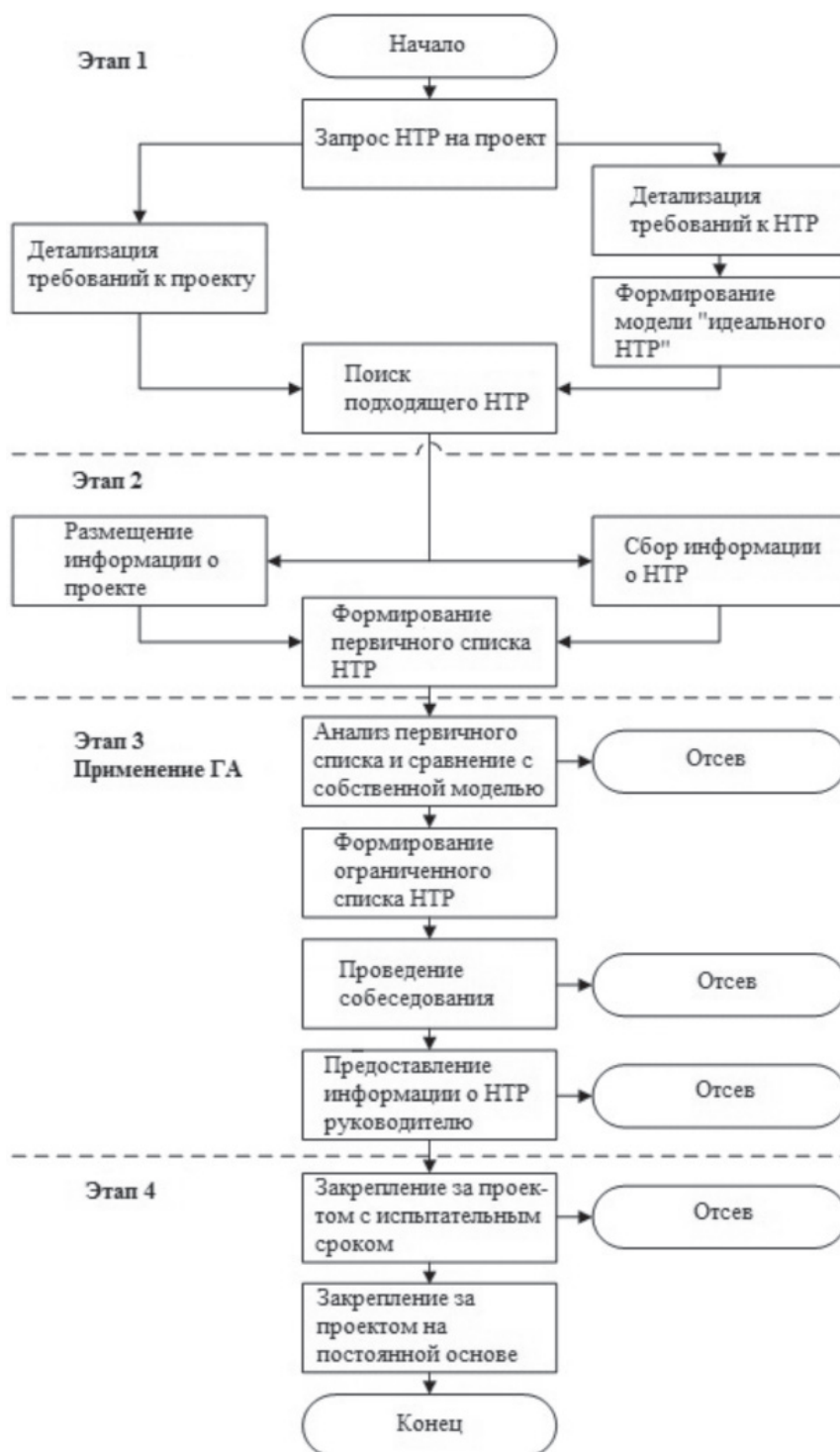


Рис. 1. Последовательность подбора научно-технических работников для выполнения инновационного наукоёмкого проекта

Таблица 2

Определение характеристик и значений атрибутов

Атрибут	Возможные значения атрибута	Значение ко-эфициента	Относительный вес атрибута
Научно-технический работник			
Образование	Высшее	1	2
	Ученая степень	2	
	Ученое звание	3	
Квалификация	Низкая	1	3
	Средняя	2	
	Высокая	3	
Опыт работы	Не учитывается	1	3
	НИОКР	2	
	Инновационный проект	3	
Специальные на-выки	Не учитывается	1	2
	Нет	2	
	Есть	3	
Должность	Рабочие	1	2
	Специалисты (ИТР)	2	
	Руководители	3	
Инновационный проект			
Эффективность	Бюджетная	1	3
	Финансовая	2	
	Народохозяйственная (экономическая)	3	
Классификация	Исследовательский	1	3
	Организационный	2	
	Научно-технический	3	
Уровень	Местный	1	2
	Региональный	2	
	Федеральный	3	
Время исполнения	Краткосрочный	1	2
	Среднесрочный	2	
	Долгосрочный	3	
Целевой результат	Подрывной (абсолютно новые технологии)	1	1
	Поддерживающий (совершенствование имеющихся технологий)	2	
	Универсальный	3	

Ограничения:

1. Весовой коэффициент научно-технического работника должен быть больше или равен весовому коэффициенту инновационного проекта: $W_N \geq W_I$

2. Число инновационных проектов должно быть меньше или равно числу научно-технических работников.

Критерии:

1. На конкретный инновационный проект должен быть выбран один научно-технический работник.

Вес научно-технического работника и инновационного проекта определяется по следующим формулам:

$$W_{N_i} = \prod_{j=1}^F (N_{i,j})^{n_j}, \quad (1)$$

где $N_{i,j}$ – значение j -го атрибута у i -го объекта из вектора научно-технических работников, $i = \{1 \dots F\}$, n_j – относительный вес j -го атрибута у i -го объекта.

$$W_{I_i} = \prod_{j=1}^K (I_{i,j})^{n_j}, \quad (2)$$

где $I_{i,j}$ – значение j -го атрибута у i -го объекта из вектора инновационных проектов; $i = \{1 \dots K\}$, n_j – относительный вес j -го атрибута у i -го объекта.

Следует отметить следующее: поскольку научно-технический работник может быть назначен только на выполнение одного инновационного проекта, следовательно, в рассматриваемых хромосомах каждый ген (номер научно-технического работника) должен встречаться только один раз. Такая разновидность хромосом называется «перечислимые хромосомы с уникальными генами» и часто используется в комбинаторных задачах. Стандартная операция скрещивания для этого типа хромосом некорректна, поэтому здесь используется более сложная схема двухточечного скрещивания.

Для организации работы ГА и его последующей реализации необходимо определить следующие понятия.

1. Целевая функция, численно характеризующая результат подбора научно-технического работника:

$$F(NRTINN) = F(NTRINN)_{\text{Max}} - \sum_{i=1}^I (W_{li} \cdot W_{Ni} \cdot Z(NTRINN_i)), \quad (3)$$

где $NTRINN$ – вектор подбора; W_{li} – вес инновационного проекта в i -м подборе; W_{Ni} – вес научно-технического работника; $F(NTRINN)_{\text{Max}}$ – максимальное значение целевой функции

$$Z(x) = \begin{cases} 1, & \text{если на один проект из } x \leq 1; \\ 0, & \text{если на один проект из } x > 1. \end{cases} \quad (4)$$

2. Популяция – совокупность из нескольких векторов $NTRINN$.

3. Размер популяции – общее число элементов в векторах $NTRINN$. Размер популяции задают до начала работы ГА, и в течение всего периода работы он остается постоянным.

4. Демос – один вектор $NTRINN$. Популяция разделяется на несколько различных

демосов (подпопуляций), которые впоследствии развиваются параллельно и независимо. Число демосов равно частному от деления размера популяции на число вакансий. Эта величина также постоянна и задается до начала работы ГА.

5. Особь – один элемент из вектора $NTRINN$.

6. Ген – элемент N или I из вектора $NTRINN$.

7. Критерий прекращения работы ГА: получение решения требуемого качества; попадание решения в глубокий локальный оптимум целевой функции; истечение допустимого времени поиска.

Следующий шаг – это определение характеристик и значений атрибутов (табл. 2), от которых зависят весовые коэффициенты кандидата и вакансии.

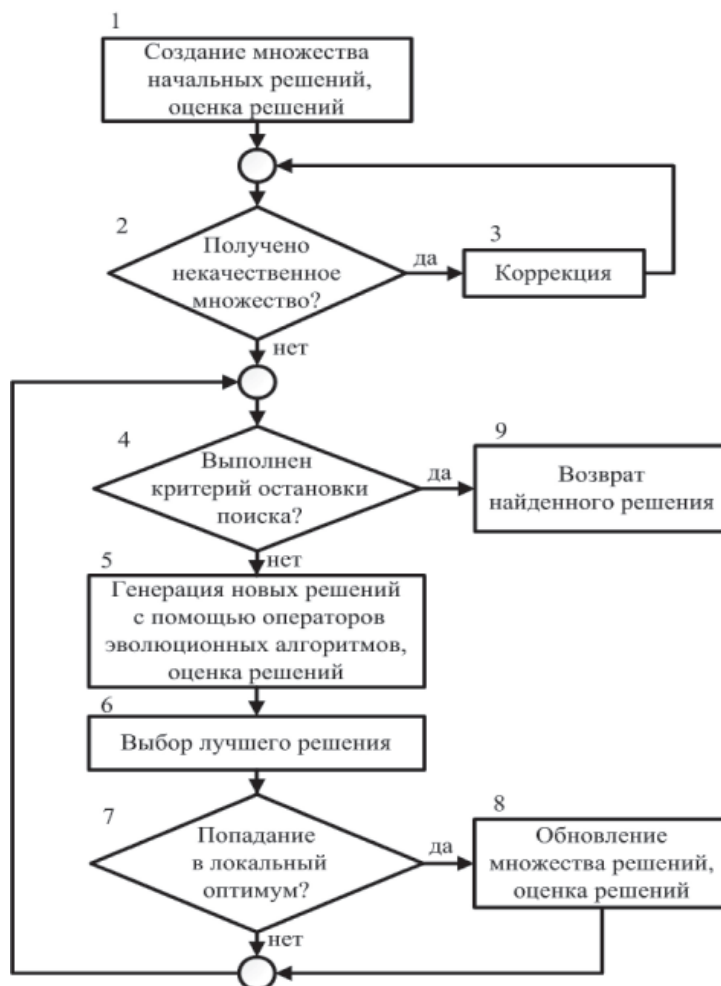


Рис. 2. Блок-схема работы ГА для получения оптимального решения

Последовательность работы генетического алгоритма для получения оптимального решения задачи рационализации подбора сотрудников научно-технического коллектива при выполнении инновационных наукоёмких проектов изображена в виде блок-схемы, которая представлена на рис. 2. Программная реализация модели ГА процесса рационализации подбора сотрудников научно-технического коллектива для выполнения инновационных наукоёмких проектов осуществляется в среде программирования Embarcadero® RAD Studio XE5 с использованием как проприетарных [2], так и свободно-распространяемых библиотек модулей и программных компонентов [1], преимущественно с открытым исходным кодом [3, 4].

Список литературы

1. Батова М.М., Ковшов Е.Е., Смирнов О.С. Разработка информационных систем инновационного промышленного предприятия на основе унифицированного модульного подхода // *Инновации*, 2011. – № 5. – С. 102–106.
2. Борисенко Е.В., Ковшов Е.Е. Применение инструментальных средств обработки корпоративной информации на основе программно-аппаратных технологий // *Вестник МГТУ «Станкин»*. – М.: МГТУ «Станкин», 2010. – № 3. – С. 123–129.
3. Гофман В.Э., Хомоненко А.Д. Работа с базами данных в Delphi – 2-е изд. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 624 с.:ил.
4. Ковшов Е.Е., Горяева О.В. Применение генетического алгоритма при оценке рисков инновационных проектов // *Российское предпринимательство*. – М.: Изд-во «Креативная экономика» – Вып. 3, ноябрь 2010. – С. 85–92.
5. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. Состояние. Проблемы. Перспективы // *Известия РАН. ТиСУ*. – 1999. – № 1. – С. 144–160.
6. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия Телеком, 2004. – 452 с.: ил.

7. Чеканин В.А., Ковшов Е.Е., Хуэ Н.Н. Повышение эффективности эволюционных алгоритмов при решении оптимизационных задач упаковки объектов // *Системы управления и информационные технологии*. – 2009. – № 3. – С. 63–67.

References

1. Batova M.M., Kovshov E.E., Smirnov O.S. Razrabotka informacionnyx sistem in-novacionnogo promyshlennogo predpriyatiya na osnove unificirovannogo modul'nogo podxoda // *Innovacii*, 2011. no. 5. pp. 102–106.
2. Borisenko E.V., Kovshov E.E. Primenenie instrumental'nyx sredstv obrabotki korporativnoj informacii na osnove programmno-apparatnyx tehnologij // *Vestnik MGTU «Stankin»*. M.: MGTU «Stankin», 2010. no. 3. pp. 123–129.
3. Gofman V.E., Xomonenko A.D. Rabota s bazami dan-nyx v Delphi 2-e izd. SPb: BXV-Peterburg, 2002. 624 pp.:il.
4. Kovshov E.E., Goryaeva O.V. Primenenie geneticheskogo algoritma pri ocenke ris-kov innovacionnyx proektov // *Zhurnal «Rossijskoe predprinimatel'stvo»*. M.: Izd-vo «Kreativnaya e'konomika» Vypusk 3, noyabr' 2010. pp. 85–92.
5. Kurejchik V.M. Geneticheskie algoritmy. Sostoyanie. Problemy. Perspektivy // *Izvestiya RAN. TiSU*. 1999. no. 1. pp. 144–160.
6. Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejrionnye seti, geneticheskie algo-ritmy i nechetkie sistemy: Per. s pol'sk. I.D. Rudinskogo. M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2004. 452 p.: il.
7. Chekanin V.A., Kovshov E.E., Xue' N.N. Povyshenie e'ffektivnosti e'volyucionnyx algoritmov pri reshenii optimizacionnyx zadach upakovki ob'ektov // *Sistemy upravleniya i informacionnye texnologii*. 2009. no. 3. pp. 63–67.

Рецензенты:

Самарин Ю.Н., д.т.н., профессор кафедры информатики, вычислительной техники и автоматизации в медиаиндустрии, МГУП имени Ивана Федорова, г. Москва;
Фролов Е.Б., д.т.н., профессор кафедры информационных технологий и вычислительных систем, ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.12.2013.