

УДК 004.021

В.А. ПОПОВ, А.В. БЕРДОЧНИК

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***ЗАДАЧА КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА**

*Рассматриваются вопросы применения модифицированной модели генетического алгоритма в комбинаторных задачах оптимизации. Исследуются методы оптимизации производственных управленческих задач на основе эволюционного поиска, для решения которых предлагается использовать модификации общего генетического алгоритма. В качестве примера рассмотрена задача распределения инвестиционных средств предприятия между возможными проектами. На основе математической модели задачи распределения инвестиций и классической модели генетического алгоритма разработан алгоритм решения поставленной задачи и произведено его тестовое испытание.*

**Ключевые слова:** генетический алгоритм, генетический поиск, комбинаторная оптимизация, скрещивание, мутация, хромосомы, инвестиционная деятельность.

**Введение**

Генетические алгоритмы (ГА) являются алгоритмами поиска, в основе которых лежат принципы естественного отбора в живой природе [1]. Особенностью ГА является то, что они позволяют найти наиболее рациональные решения практических комбинаторных оптимизационных задач за меньшее время, чем другие применяемые в этих случаях методы; ГА эффективно работают в задачах с неточными и неполными данными, для которых нет четких алгоритмов решения, позволяет динамически исследовать области решений, содержащие локальные и глобальные оптимумы, что выгодно отличает его от других методов оптимизации.

Применение генетических алгоритмов в различных задачах оптимизации рассматривается во множестве работ. Проблема использования генетических алгоритмов для синтеза структур вычислительных систем рассматривается в [2], применение ГА в нестационарных задачах комбинаторного типа изучается в [3].

В рамках данной статьи рассматривается частная задача комбинаторной оптимизации в управлении предприятием на основе генетического поиска – задача информационной поддержки процессов управления предприятием. Производится разработка программных средств для реализации вышеназванной задачи оптимизации.

Актуальность темы заключается в том, что для принятия эффективных управленческих решений в современных условиях предприятию требуется система программных средств для информационной поддержки процессов управления, объективно отражающая сложившуюся экономическую ситуацию, поскольку качественное информационное и про-

граммное обеспечение - залог успеха и конкурентоспособности предприятия.

В качестве рассматриваемых процессов управления выбраны процессы распределения инвестиций на предприятии по видам деятельности. В настоящее время важным и необходимым является углубленное исследование механизмов организации инвестиционной деятельности на различных уровнях.

**1. Постановка задачи исследования**

Важнейшим фактором повышения эффективности производства в любой отрасли является улучшение процессов управления. Совершенствование форм и методов управления происходит на основе достижений научно-технического прогресса, дальнейшего развития информационных технологий, методов и способов накопления, обработки и передачи информации [4]. Одним из возможных математических методов, применяемых для этих целей, является генетический поиск.

Рассмотрим задачу оптимизации инвестиционной деятельности предприятия. Инвестирование представляет собой один из наиболее важных аспектов деятельности любой развивающейся организации. Причины, обуславливающие необходимость инвестиций, могут быть различными, однако в целом их можно подразделить на три вида: обновление имеющейся материально-технической базы, наращивание объемов производственной деятельности, освоение новых видов деятельности [6].

С экономической точки зрения инвестиционные проекты описываются потоками платежей, т.е. функциями от времени, значениями которых являются затраты (и тогда значения этих функций отрицательные) и поступления (значения функций положитель-

ные). Как правило, вначале необходимо вкладывать деньги (производить затраты), а затем за счет поступлений возмещать затраты и получать прибыль.

В нашем случае требуется решить задачу распределения доступных денежных средств предприятия между множеством инвестиционных проектов, для которых заданы процент ожидаемой прибыли, риск принятия проекта и срок его внедрения. Ограничения задаются в виде неравенств, целевая функция — максимизация прибыли, минимизация риска. Элементы оптимизации описаны массивами. Решаемая задача имеет комбинаторный характер и при увеличении количества инвестиционных проектов ее сложность значительно возрастает. Для ее решения предлагается разработать модификацию ГА.

Популярность ГА обусловлена тем, что он позволяет найти рациональные решения практических оптимизационных задач за меньшее время, чем другие методы, обычно применяемые в этих случаях. Вторая немаловажная причина роста популярности ГА заключается в стремительном росте производительности современных компьютеров. Кроме того, ГА обладает свойством неявного параллелизма, что позволяет ему динамически отыскивать и исследовать области, содержащие локальные и глобальные оптимумы, что выгодно отличает его от других методов оптимизации.

Общая модель и принципы функционирования ГА рассматриваются в [5]. Основную идею алгоритма можно сформулировать так (рис. 1): вначале формируются исходные особи популяции (кодирование производится различно в зависимости от типа задачи и оптимизируемых элементов).

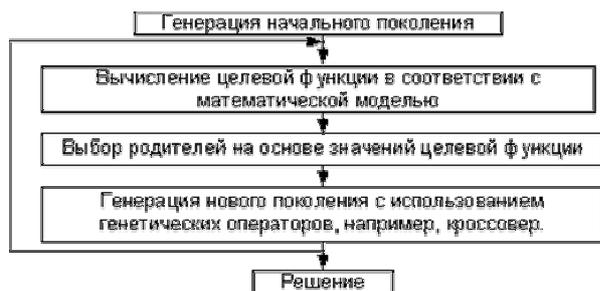


Рис. 1. Общая схема работы генетического алгоритма

Далее итерационно моделируется процесс скрещивания внутри этой популяции с целью получения новых особей-решений, оператор мутации производит изменение особи и представляет собой элемент случайного поиска в ГА. В основе оператора отбора (селекции), который служит для выбора родительских пар и уничтожения особей, лежит принцип «выживает сильнейший». Здесь используется функция оценки качества получаемых решений — целевая функция (фитнесс-функция). Процессы

отбора, мутации и скрещивания повторяются до тех пор, пока не будет найдена лучшая популяция. В процессе работы ГА все указанные выше операторы применяются многократно и ведут к постепенному изменению и улучшению исходной популяции.

## 2. Математическая модель задачи оптимизации инвестиционной деятельности предприятия

Пусть задано конечное множество инвестиционных проектов  $N$  ( $i=1..n$ ) и общее количество инвестиционных средств  $S$  (инвестиционный капитал предприятия). Для каждого инвестиционного проекта задаются такие параметры:

$x_i$  — инвестируемые средства в проект  $i$ ;

$p_i$  — процент ожидаемой прибыли;

$r_i$  — риск вложения средств в проект  $i$ ;

$t_i$  — период вложения (необходимый параметр для оценки экономической эффективности инвестиционных проектов).

Для составления математической модели исходим из предположений:

— прибыль от каждого предприятия (проекта) не зависит от вложения средств в другие предприятия;

— прибыль от каждого предприятия (проекта) выражается в одних условных единицах;

— суммарная прибыль равна сумме прибылей, полученных от каждого предприятия (проекта).

Данная постановка является упрощенной моделью реального процесса распределения инвестиций, и в "чистом" виде не встречается, так как не учитывает некоторые факторы, например наличие "неформальных" критериев, т.е. тех, которые невозможно измерить количественно, в связи с чем проекты могут иметь различный приоритет и пр.

Оценка экономической привлекательности каждого проекта производится по формуле:

$$d_i = x_i(1 + p_i)(1 - r_i),$$

где  $d_i$  — ожидаемый доход от вложения средств в  $i$ -й проект.

Необходимо найти вектор  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  распределения денежных средств между инвестиционными проектами, при чем должны соблюдаться следующие условия:

$$\sum_{i=1}^n r_i x_i \rightarrow \min, \quad \sum_{i=1}^n x_i \leq S.$$

Целевая функция при этом имеет вид:

$$\sum_{i=1}^n d_i \rightarrow \max.$$

### 3. Модификация генетического алгоритма для решения задачи распределения инвестиционных средств

На рис. 2 представлен модифицированный генетический алгоритм решения задачи распределения инвестиционных средств предприятия. Работа алгоритма начинается с ввода исходных данных для рассматриваемой задачи (шаг 1). Далее определяются необходимые условия оптимизации – функция оптимизации и ограничения (шаг 2).

С шага 3 начинается применение операторов классического ГА. Сначала с использованием генератора случайных чисел формируются особи-родители – два варианта векторов распределения средств между инвестиционными проектами. Здесь и далее при использовании операторов ГА проверяется соответствие получаемых вариантов решения задачи заданным ограничениям во избежание попадания в популяцию «плохих» и заведомо неправильных решений. Данный процесс отображен на алгоритме условным оператором с разветвлением.

Когда получены удовлетворяющие ограничения особи-родители, они заносятся в популяцию и начинается следующий оператор генетического алгоритма – кроссовер (шаг 5). Получаемые особи-потомки также проверяются на соответствие ограничениям, «хорошие» особи заносятся в популяцию, «плохие» подвергаются операции мутации (шаг 7).

В ходе описанных операторов на шаге 8 получаем популяцию возможных вариантов решения, для которых рассчитывается значение функции оптимизации. Далее из полученной популяции выбираются два вектора с наилучшими значениями, которые будут исходными «хромосомами» следующей итерации. Лучшие варианты заносятся в отчет, и алгоритм начинает выполнение следующей итерации. Критерий останова – выполненное количество итераций.

**Пример.** Рассмотрим конкретный пример работы ГА. Пусть на предприятии возможны 5 вариантов вложения денежных средств (5 инвестиционных проектов). Общее доступное количество инвестиций – 200 тыс. грн. Прогнозируемый процент прибыли при принятии предложенных проектов:

$$p_i = (p_1, p_2, \dots, p_5) = (0,3; 0,4; 0,27; 0,18; 0,13),$$

возможные риски проектов:

$$r_i = (r_1, r_2, \dots, r_5) = (0,1; 0,08; 0,16; 0,04; 0,06).$$

Зададим количество итераций 10, позиция кроссовера - 2, позиция мутации – 3.

В результате тестовой работы программного обеспечения были получены следующие решения (табл. 1).

Таблица 1  
Результаты оптимизации

Номер итерации	Вектор распределения средств, $X_i$	Значение целевой функции (прибыль от проекта), тыс. грн.
1	(20, 30, 80, 40, 30)	224,56
2	(40, 30, 40, 60, 30)	227,94
3	(75, 30, 25, 40, 30)	230,24
4	(65, 40, 35, 20, 40)	230,05
5	(80, 30, 10, 60, 20)	232,12
6	(50, 50, 40, 30, 30)	231,42
7	(20, 60, 40, 40, 40)	231,15
8	(90, 30, 10, 40, 30)	231,78
9	(70, 40, 10, 50, 30)	232,59
10	(40, 60, 40, 30, 30)	232,60

Графическое представление результатов тестирования представлено на рис. 3.

Таким образом, мы видим, что наилучшее решение задачи распределения средств с возможной прибылью 232,6 тыс. грн. было получено на 10-й итерации. Вектор распределения средств  $X$  при этом имеет вид (40, 60, 40, 30, 30), что означает такую схему распределения средств:

- 1-й проект – 40 тыс. грн., 2-й – 60 тыс. грн.,
- 3-й – 40 тыс. грн., 4-й и 5-й – по 30 тыс. грн.

### Заключение

Предложенный алгоритм имеет линейную сложность, зависящую от размерности задачи, в частности, от исходных данных. При увеличении количества инвестиционных проектов растет размерность вектора, определяющего распределение средств. Это в свою очередь увеличивает время расчета целевой функции, однако вычислительная сложность операторов генетического алгоритма существенно не меняется.

Необходимо отметить, что на сложность алгоритма влияет количество особей в популяции – чем больше особей выбирается, тем больше сложность алгоритма. В данной работе рассматривается случай для 2-х начальных особей-родителей и 2-х получаемых потомков, итого 4 особи в каждой популяции.

Генетический алгоритм использует как вероятностные правила для порождения новых точек поиска, так и детерминированные правила для перехода от одних точек к другим.

Дальнейшее развитие методов применения различных модификаций ГА в оптимизационных задачах позволит расширить область их применения и получать за сравнительно небольшое время и при небольших затратах близкие к оптимальному решения.

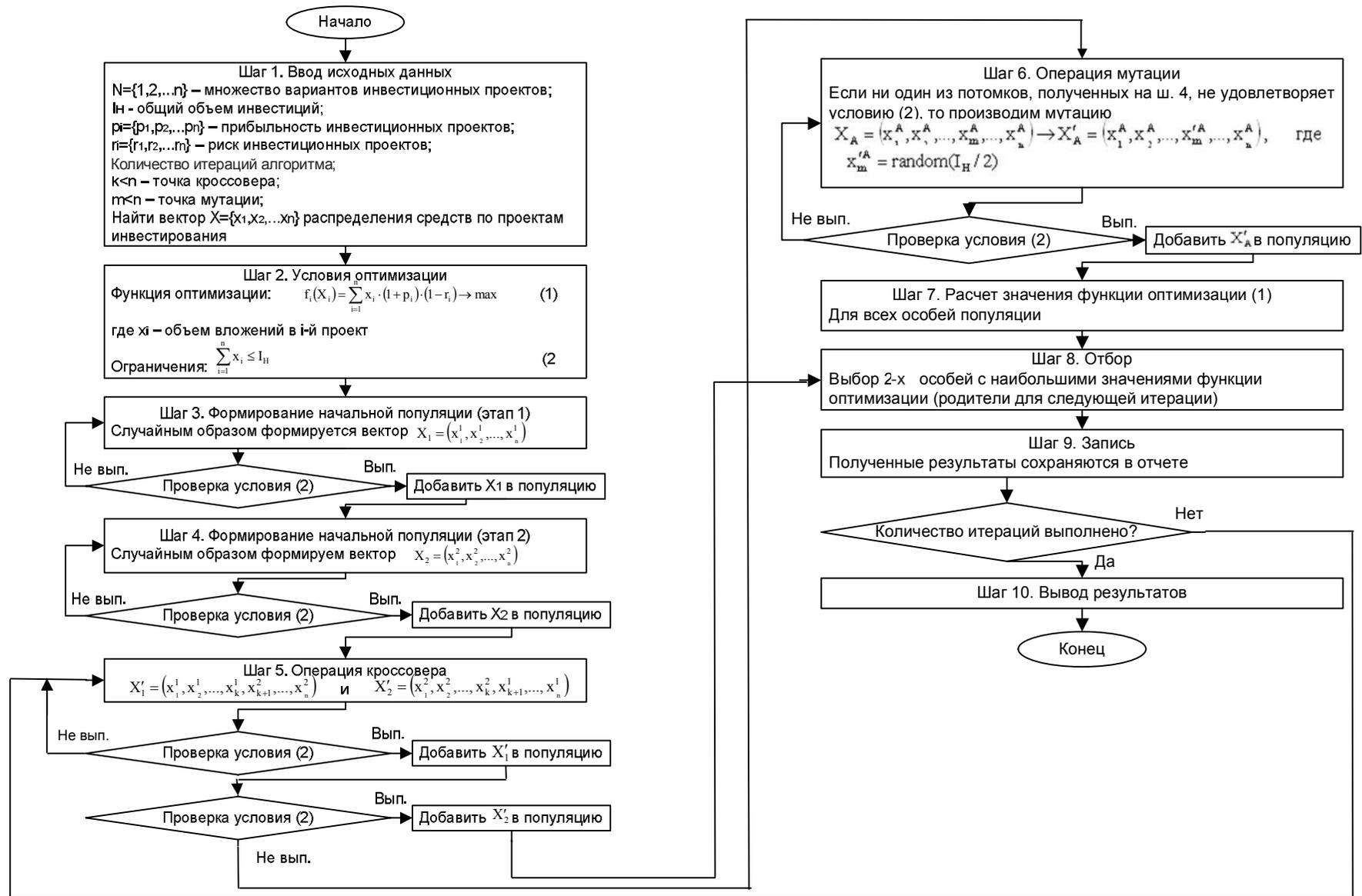


Рис. 2. Генетический алгоритм решения задачи распределения инвестиционных средств предприятия

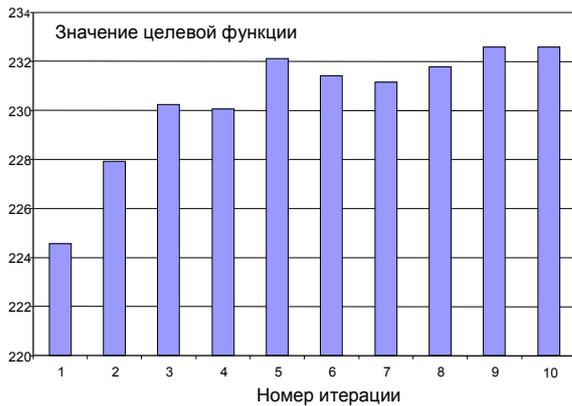


Рис. 3. Графическое представление результатов тестирования

### Литература

1. Введение в ГА и генетическое программирование [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://algotlist.manual.ru/ai/ga>.

2. Костенко В.А. Генетические алгоритмы решения смешанных задач целочисленной комбинаторной оптимизации при синтезе структур ВС [Электронный ресурс] / В.А. Костенко, А.Г. Трекин. – Режим доступа: <http://lvk.cs.msu.su/index.php/articles/158>.

3. Батищев Д.И. Оптимизация нестационарных задач комбинаторного типа с помощью генетических алгоритмов [Электронный ресурс] / Д.И. Батищев, Е.А. Неймарк, Н.В. Старостин. – Режим доступа: [/www.raai.org/resurs/papers/kii-2006/seminar/Batishchev.doc](http://www.raai.org/resurs/papers/kii-2006/seminar/Batishchev.doc).

4. Бабушкин А.И. Экономика предприятия: учеб. пособие / А.И. Бабушкин. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 449 с.

5. Назаров А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов. – СПб.: Наука и Техника, 2003. – 384 с.

6. Оптимизационные модели распределения инвестиций на предприятии по видам деятельности / С.А. Баркалов, О.Н. Бакунец, И.В. Гуреева, В.Н. Колпачев, И.Б. Руссман. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 68 с.

Поступила в редакцию 26.10.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. кафедры информационных управляющих систем О.В. Малеева, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

### ЗАДАЧІ КОМБІНАТОРНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВОМ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

*В.О. Попов, Г.В. Бердочник*

Розглядаються питання застосування модифікованих моделей генетичного алгоритму в комбінаторних задачах оптимізації. Досліджуються моделі оптимізації виробничих управлінських задач на основі еволюційного пошуку, для вирішення яких пропонується використовувати модифікації загального генетичного алгоритму (ГА). Як приклад розглядається задача розподілу інвестиційних засобів підприємства між можливими інвестиційними проектами. На основі математичної моделі. На основі математичної моделі задачі розподілу інвестицій і класичної моделі генетичного алгоритму розроблений алгоритм вирішення поставленої задачі і проведено його тестове випробування.

**Ключові слова:** генетичний алгоритм, генетичний пошук, комбінаторна оптимізація, схрещування, мутація, хромосоми, інвестиційна діяльність.

### PROBLEMS OF COMBINATORIAL OPTIMIZATION IN ENTERPRISE MANAGEMENT BASED ON THE GENETIC ALGORITHM

*V.A. Popov, A.V. Berdochnik*

The questions of application of the genetic algorithm modified models are examined in the combinatory tasks of optimization. The optimization models of production administrative tasks are probed on the basis of evolutionary search, for the decision of which it is suggested to use modifications of general genetic algorithm (GA). The task of investment facilities distributing of enterprise between possible investment projects is taken as an example. The algorithm of the task decision was developed on the basis of mathematical model of investments distribution problem and classical model of genetic algorithm and also it was tested.

**Key words:** genetic algorithm, genetic searching for, combinatorial optimization, crossbreeding, mutation, chromosomes, investment activity.

**Попов Вячеслав Алексеевич** – канд. техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных управляющих систем Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Бердочник Анна Вадимовна** – аспирант кафедры информационных управляющих систем Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.