

Раздел I. Эволюционное моделирование, генетические и бионические алгоритмы

УДК 004.86

В.М. Курейчик

АЛГОРИТМЫ ОДНОМЕРНОЙ УПАКОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ*

Многие задачи науки, техники, транспортной перевозки, производства относятся к проблемам оптимизации и принятия решений. Большой интерес представляет междисциплинарный подход, основанный на использовании алгоритмов, инспирированных природными системами. В работе рассматривается задача одномерной (1-D) упаковки элементов в блоки. Предлагаются нетрадиционные методы ее решения, основанные на генетических алгоритмах, они позволяют получать набор альтернативных решений и среди них находить приемлемые для использования в практической деятельности. Проведены серии экспериментов на стандартных тестах, которые показали преимущества предложенных алгоритмов.

Математическая модель; упаковка; эволюция; генетический поиск; алгоритм.

V.M. Kureychik

ALGORITHMS OF 1-D ELEMENTS PACKING

Many problems of a science, technics, transports and manufacturing concern optimisation and decision-making problems. The interdisciplinary approach based on use of algorithms, inspired by natural systems is considered to be very interesting.

In this work the problem of packing of elements in blocks is considered. Nonconventional methods of its decision are offered. They used genetic algorithms. They allow receiving a set of alternative decisions and finding among them the comprehensible ones to be used in practical activities. Series of experiments on standard tests which have shown advantages of the offered algorithms were carried out.

Mathematical model; packing; evolution; genetic search; algorithm.

Введение. При оптимизации структуры транспортных перевозок, разработке новых информационно-вычислительных технологий и т.п. важную роль играют задачи упаковки. Задача упаковки элементов в блоки (далее упаковка) является сложной комбинаторно-логической задачей. Целью этой задачи является расположить элементы в блоки заданной размерности (вместимости), таким образом, чтобы максимизировать заполнение блоков и минимизировать общее количество блоков. Упаковка блоков является распространенной научно-производственной задачей. Она решается при принятии решений в неопределенных и нечетких условиях, георазработке, производстве стали, стекла, проектирования изделий и блоков машиностроения и радиоэлектроники, финансовой деятельности на транспортных перевозках и т.п. [1–3].

Несмотря на существование большого числа различных подходов, методов и алгоритмов упаковки, оптимальных решений не найдено. В настоящее время не существует универсального алгоритма, способного одинаково эффективно решать все тестовые задачи. Поэтому разработка новых эффективных эвристических подходов, методов и алгоритмов является актуальной и важной проблемой.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 12-07-00062).

Международные исследования в области информатики, генетики и биологии позволяют получить новую информационную технологию, связанную с применением моделей эволюции природы. В этой связи предлагается для решения задач упаковки использовать биоинспирированные методы, в том числе, эволюционные, генетические и роевые [4, 5].

Описание задачи упаковки. Задача упаковки блоков описывается следующим образом. Даны n элементов (товара, изделий) и N блоков (рюкзаков, ящиков или бинов) с w_j – вес элемента j , c – вместимость (грузоподъемность) каждого блока.

Упакуем каждый элемент в один блок так, чтобы общий вес элементов в каждом блоке не превышал наперед заданного значения c , а число использованных блоков было минимально. Математическая формулировка задачи имеет следующий вид [6, 7]:

минимизировать

$$z = \sum_{i=1}^n y_i \quad (1)$$

при условии, что

$$\sum_{i=1}^n w_j x_{ij} \leq c y_i, \quad i \in N = \{1, \dots, n\}, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j \in N, \quad (3)$$

$$y_i = 0 \text{ или } 1, \quad i \in N, \quad (4)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ или } 1, \quad i \in N, \quad j \in N, \quad (5)$$

где

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если блок } i \text{ использован;} \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } j \text{ упакован в блок } i; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Будем полагать, что w_j, c – положительные целые, $w_j \leq c$ для $j \in N$.

Алгоритмы упаковки («упаковщики») перемещают элементы и соединения (если они присутствуют), чтобы получить квазиоптимальную или оптимальную в заданном смысле топологию, при этом соблюдая все ограничения. Алгоритмы упаковки упрощаются, если использовать символическое описание в виде графа или гиперграфа специального вида с весами на ребрах и вершинах.

Алгоритмы упаковки условно классифицируются по трем направлениям. В них определяется, как элементы перемещаются в ходе упаковки. В основном упаковщики могут быть одномерными (1-Д), двумерными (2-Д) и трехмерными (3-Д).

Гибридный подход. Автор предлагает метод гибридного генетического поиска для одномерной упаковки, основанный на моделях эволюции, предложенной Ж. Ламарком. Рассмотрим предлагаемый метод (рис. 1) [6, 7]. На первых двух этапах формируется популяция альтернативных решений. На каждой итерации алгоритма гибридного генетического поиска (ГГП) строятся новые альтернативные решения-потомки.

На третьем этапе учитывается влияние внешней среды, т.е. лица, принимающего решение (ЛПР). Гибридный поиск направлен на получение решений, содержащих целиком заполненные блоки. На 4-ом этапе реализуется механизм адаптации. В условиях внешней среды шансы на переход на следующую итерацию алгоритма ГГП и воспроизводство альтернативных решений-потомков имеют те решения, которые содержат блоки, заполненные на 100%. На пятом и шестом этапах осуществляется отбор наиболее приспособленных решений. Соответственно альтернативные решения именно такого типа имеют преобладающие шансы на выжи-

вание и, следовательно, на закрепление своего фенотипа в популяции. После нескольких итераций алгоритма гибридного генетического поиска указанный тип станет доминирующим в популяции. В свою очередь, решения, не содержащие целиком заполненных блоков, обречены на удаление из популяции.

Рассмотрим метод гибридного генетического поиска, основанный на модели эволюции Г. де Фриза [6–8] (рис. 1). На первых двух этапах формируется популяция альтернативных решений. На каждой итерации алгоритма ГПП строятся новые альтернативные решения-потомки. На третьем этапе выполняется гибридный поиск. Он направлен на получение оптимального решения. В этих условиях шансы на переход на следующую итерацию алгоритма ГПП и воспроизводство альтернативных решений-потомков имеют решения задачи упаковки блоков со значением ЦФ больше 0,5. На четвертом и пятом этапах выполняется отбор и эволюционная смена форм. Соответственно качественные альтернативные решения имеют преобладающие шансы на выживание и, следовательно, на закрепление своего фенотипа в популяции. После нескольких итераций алгоритма ГПП указанный тип станет доминирующим в популяции. В свою очередь, решения со значением ЦФ меньше 0,5 удаляются из популяции. В случае сходимости популяции к локальному оптимуму все решения, кроме заданных, удаляются. Популяция снова заполняется решениями задачи, сгенерированными случайно, либо при помощи приближенных алгоритмов.

Разработанные методы гибридного генетического поиска, основанные на моделях эволюции Ж. Ламарка и Г. де Фриза, позволяют создавать различные по качеству решения рассматриваемой задачи, исследуя перспективные области пространства поиска, способствуя частичному решению проблемы преждевременной сходимости поиска к локально оптимальному решению [8].

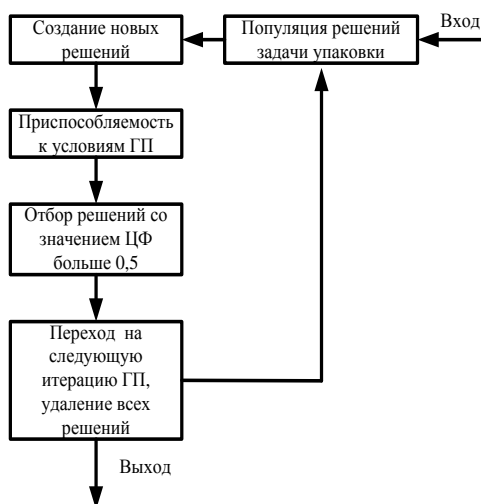


Рис. 1. Гибридный генетический поиск, основанный на модели Г. де Фриза

Заключение. Проведены серии экспериментов; выполнена статистическая обработка экспериментальных данных. Результаты исследования позволили уточнить теоретические оценки временной и пространственной сложности алгоритмов, по которым можно адекватно оценить разработанные алгоритмы. Эмпирические оценки сложности совпадают с теоретическими. Использование приведенных алгоритмов упаковки позволяет повысить качество транспортных перевозок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Garey M.R. and Johnson D.S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness* // W.H. Freeman. – 1979.
2. *Потарусов Р.В., Курейчик В.М.* Проблема одномерной упаковки элементов // *Известия ТРТУ*. – 2006. – № 8 (63). – С. 88-93.
3. *Курейчик В.В., Заруба Д.В., Запорожец Д.Ю.* Применение генетического алгоритма решения задачи трехмерной упаковки // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2012. – № 7 (132). – С. 8-14.
4. *Курейчик В.М., Потарусов Р.В., Гонкалвес Ж.* Бионические методы упаковки блоков. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 120 с.
5. *Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М., Сороколетов П.В.* Бионспирированные методы в оптимизации. – М: Физматлит, 2009. – 384 с.
6. *Потарусов Р.В.* Гибридный параллельный группирующий генетический алгоритм для решения задачи упаковки блоков // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2008. – № 4 (81). – С. 42-45.
7. *Потарусов Р.В.* Гибридный генетический поиск для задачи упаковки блоков // *Известия ЮФУ. Технические науки*. – 2007. – № 2 (77). – С. 30-35.
8. *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.

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

Курейчик Виктор Михайлович – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»; e-mail: kur@tgn.sfedu.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634393260; кафедра дискретной математики и методов оптимизации; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор.

Kureichik Victor Mikhailovich – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: kur@tgn.sfedu.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634393260; the department of discrete mathematics and optimization methods; head of department; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 681.325

Б.К. Лебедев, В.Б. Лебедев

**ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РОССЫПИ
АЛЬТЕРНАТИВ (КРА)***

Разработана новая парадигма мультиагентного метода интеллектуальной оптимизации, базирующаяся на моделировании коллективного интеллекта. Платформой для организации эволюционной процедуры поиска является интегральная россыпь альтернатив на базе сгенерированного множества решений. В процессе эволюционной коллективной адаптации производится вычленение из множества вариантов наиболее приспособленных альтернатив (кристаллизация). Метод кристаллизации россыпи альтернатив (КРА) может быть использован для решения широкого круга комбинаторных задач. Для усиления различия вероятностей выбора альтернатив предлагается модифицированная формула расчета вероятностей. Рассмотренный алгоритм в полной мере применим для пересекающихся множеств альтернатив агентов. Проведены экспериментальные исследования, подтвердившие эффективность предложенной парадигмы.

Метод кристаллизации россыпи альтернатив; коллективный интеллект; адаптивное поведение, самоорганизация; оптимизация.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты: № 13-01-00596, № 12-01-00100).