УДК519.7

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., БАТУРА Е.С.

Исследуются возможности использования методов эволюционной оптимизации для решения многокритериальных задач в производительных системах управления. В качестве основного аппарата для разработки систем производственного планирования используется многокритериальная оптимизация.

Введение

В последнее время проявляется тенденция использования естественных аналогов при создании моделей технологий методик алгоритмов для решения тех или иных задач, стоящих перед человечеством. В большинстве случаев это дает положительные результаты. Как правило, это объясняется тем, что аналог, взятый из природы, совершенствовался в течение многих лет эволюции и имеет в данный момент совершенную в своем роде структуру.

В настоящее время наиболее известным представителем эволюционных алгоритмов является генетический алгоритм (ГА), который содержит все основные генетические операции. Он получен в процессе обобщения и имитации в искусственных системах свойств живой природы [1]:

– приспосабливаемость к изменениям среды;

– естественный отбор;

– наследование потомками наиболее «ценных» свойств родителей.

С его помощью можно улучшить работу поисковых систем, которые требуют обработки больших массивов информации.

Среди основных трудностей использования генетического алгоритма – возможность эффективно сформулировать задачу, определить рациональный выбор функции приспособленности и хромосом, которые описывают особей популяции, являются эвристическими и под силу только специалисту.

Актуальность исследования: Одной из особенностей предлагаемого метода является отход от традиционной схемы «размножения» ,используемой в большинстве реализованных ГА-max и повторяющих классическую схему, предложенную в Голландии [2]. Классическая схема предполагает ограничение численности потомков путем так называемой вероятности кроссовера. Такая модель придает величине, соответствующей численности потомков, вообще говоря, недетерминированный характер. В работе предлагается отойти от вероятности кроссовера и использовать фиксированное число брачных пар на каждом поколении, при этом каждая брачная пара «дает» двух потомков. Такой подход хорош тем, что делает процесс поиска более управляемым и предсказуемым в смысле вычислительных затрат [3].

Цель работы – исследование возможности использования методов эволюционной оптимизации для решения многокритериальных задач в производительных системах управления.

Задачи исследования. В рамках данной статьи рассмотреть некоторые методы эволюционной оптимизации производственного планирования.

Сущность исследования. В качестве основного аппарата для разработки систем производственного планирования используется многокритериальная оптимизация [4].

1. Построение математической модели

Из множества качественных показателей для оценки взяты основные, на базе которых формируется задача.

1. Величина прибыли, получаемой предприятием, определяемой с помощью соотношения:

$$F_1(X) = \sum_{j=1}^{n} C_j^{(1)} X_j \longrightarrow \max, \qquad (1)$$

$X_j \in Q = \{1,2,...,n\}$, где Q – множество видов продукции, выпускаемой предприятием.

2. Показатель валового объема выпускаемой продукции задается соотношением:

$$\sum_{i=1}^{5} P_i * X_i \longrightarrow \max. \qquad (2)$$

Для конкретных значений функция цели принимает вид:

$$F_2(X) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \longrightarrow \max.$$

3. Минимизация себестоимости:

$$\sum_{i=1}^{5} C_i * X_i \longrightarrow \min. \qquad (3)$$

4. Минимизация производственного времени:

$$\sum_{i=1}^{5} T_i * X_i \longrightarrow \min. \qquad (4)$$

Исходя из этого, задача исследования может быть сформулирована следующим образом. Определить оптимальный план $X^{(0)} \in Q$ производства продукции, удовлетворяющий критериям (1)-(4).

Ограничениями на выпуск продукции различных видов служат производственные ресурсы $b_1, b_2, ...b_m$. С учетом норм затрат на единицу каждого типа продукции указанные ограничения можно записать в виде:

$$AX \le B^T, \qquad (5)$$

$$X \ge 0, \qquad (6)$$

где $$B^T = b_1, b_2, ...b_m, \qquad (7)$$

$A = \{a_{ij}\}, i = \overline{1,m}, j = \overline{1,n}$ – матрица норм затрат ресурсов на единицу каждого типа продукции.

Выражение (5) описывает условия, которые необходимо учесть в годовой производственной программе. Строкам матрицы А соответствуют все виды ресурсов (группы машин, запасы материалов и т.д.), рассматриваемые в задачах. Соответствующие строкам А компоненты вектора В указывают ограничения видов ресурсов или объем производства, которые установлены для годовой производственной программы предприятия. Неравенства (6) представляют собой обычные условия неотрицательности, вытекающие из смысла задачи.

Тогда общая постановка задачи может быть сформулирована так: определить вектор $X^{(0)}$, обеспечивающий компромисс между величиной прибыли (1), качеством продукции (2) и минимальной себестоимостью (3), которые удовлетворяют ограничению минимизации производственного времени (4).

Один из возможных подходов к решению состоит в том, что вначале находятся три оптимальных вектора производства $X^{(i)}, \overline{i=1,4}$, каждый из которых соответствует одному из локальных критериев (1)-(4). Затем определяется выпуклая линейная комбинация $X^{(0)}$, представляющая собой оптимальную (компромиссную) программу относительно указанных критериев:

$$X^{(0)} = v_1 x^{(1)} + v_2 x^{(2)} + v_3 x^{(3)}, \qquad (8)$$

$$\sum_{i=1}^{3} v_i, v_i \ge 0. \qquad (9)$$

2. Расчет показателей производства

3.1.Максимизация прибыли – это по существу задача расчета показателей качества продукции, относится к задачам линейной оптимизации [1]. В общем ее можно записать так:

$$\sum_{i=1}^{5} (P_i - C_i) * X_i \longrightarrow \max. \qquad (10)$$

Эту задачу обычно решают симплекс-методом [1].

Идея симплекс-метода состоит в последовательном продвижении по базисам опорных планов вплоть до получения оптимального решения или доказательства неразрешимости задач. При этом значение целевой функции должно увеличиваться.

Для конкретных значений функция цели будет иметь вид:

$$F_1(X) = 7x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 14x_4 + 10x_5 \longrightarrow \max.$$

3.2. Функция цели будет выражать максимизацию валового объема выпуска продукции. Запишем ее в общем виде:

$$F_2(\overline{X}) = \sum_{i=1}^{5} P_i * X_i \longrightarrow \max. \qquad (11)$$

Для конкретных значений функция цели примет вид:

$$F_2(X) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \longrightarrow \max.$$

3.3. Третьей функцией цели представим минимизацию себестоимости, которая имеет вид:

$$F_3(\overline{X}) = \sum_{i=1}^{5} C_i * X_i \longrightarrow \min. \qquad (12)$$

Запишем эту функцию для конкретных значений:

$$F_3(X) = 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + x_5 \longrightarrow \min.$$

3.4. И, наконец, в роли четвертой функции цели будет выступать минимизация производственного времени:

$$\sum_{i=1}^{5} T_i * X_i \longrightarrow \min. \qquad (13)$$

Для конкретных значений эта функция имеет вид:

$$F_4(X) = 2x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 3x_5 \longrightarrow \min.$$

Для получения общего решения, нужно найти оптимальное решение для каждой функции цели. Для этого будем использовать вместо традиционных методов оптимизации методы эволюционной оптимизации. Остановимся на применении генетических алгоритмов типа муравьиных колоний [3].

1. Основу поведения муравьев составляет самоорганизация, механизмы которой обеспечивают теоретически оптимальное поведение. Принципы его состоят в достижении системой некоторой глобальной цели в результате низкоуровневого взаимодействия ее элементов. Здесь имеется в виду использование систе-

мой только локальной информации, при этом исключается любое централизованное управление и обращение к внешнему образу системы.

Муравьиный алгоритм применяется следующим образом: в начальный момент времени, в который входит эта функция базы знаний, находится количество муравьев, равное числу кластеров, куда входит эта функция. При этом каждый муравей имеет строгую принадлежность тому кластеру, из которого он начал свое движение. Принадлежность кластеру проявляется в том, что муравей более восприимчив к феромону, оставленному муравьями из “своего” кластера:

$$F_1(X) = \sum_{j=1}^{n} C_j^{(1)} X_j \longrightarrow \max, X_j \in Q = \{1,2,....n\}, \quad (14)$$

где Q - множество видов продукции, выпускаемых предприятием.

2. При переходе из одной функции в другую муравей оставляет на связи, соединяющей эти функции, определенное количество феромона. Для того чтобы избежать схождения маршрута всех муравьев к одному циклу, используется испарение феромона:

$$\sum_{i=1}^{5} P_i * X_i \longrightarrow \max . \quad (15)$$

Для конкретных значений эта функция цели примет вид:

$$F_2(X) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 113x_5 \longrightarrow \max .$$

Муравьиный алгоритм применяется на двух этапах знаний системы. Вначале он запускается на пространственной (многомерной) модели базы, после чего на основании его работы делаются первоначальные выводы. Затем модель упрощается: удаляются некоторые связи между функциями, отдельные функции объединяются в более крупные структурные единицы, структура знаний отражается на двумерном пространстве. После этого алгоритм запускается на упрощенной плоской модели знаний.

3. Для решения задач, представленных моделями (3)-(4), воспользуемся генетическими алгоритмами [2]. Оптимизировать работу нефтяных трубопроводов; распределять инструменты в металлообрабатывающих цехах; осуществлять оптимизации – одна из основных областей применения ГА. Генетические алгоритмы имитируют процесс естественного отбора в природе. Все решения задачи описываются набором чисел или величин нечисловой природы. Поиск оптимального решения похож на эволюцию популяции индивидов, которые представлены набором их хромосом. В этой эволюции действуют три механизма, (рисунок). Можно выделить следующие механизмы:

отбор сильнейших наборов хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения;

скрещивание – получение новых видов при помощи смешивания хромосомных наборов отобранных индивидов;

мутации – преобразование хромосомы, случайное изменение одного или нескольких генов (чаще одного).

В результате смены поколений выбирается такое решение поставленной задачи, которое уже нельзя улучшать.

Для рассмотрения данной задачи используем минимизацию себестоимости:

$$\sum_{i=1}^{5} C_i * X_i \longrightarrow \min . \quad (16)$$

4. Наиболее популярное приложение генетического алгоритма – оптимизация многопараметрических функций. Реальные задачи формируются, как поиск оптимального значения сложной функции, зависящих от некоторых n выходных параметров. Сила ГА в способности манипулировать одновременно многими параметрами. В одних случаях получено точное решение функции, в других – решением считается любое значение, лучшее некоторой заданной величины.

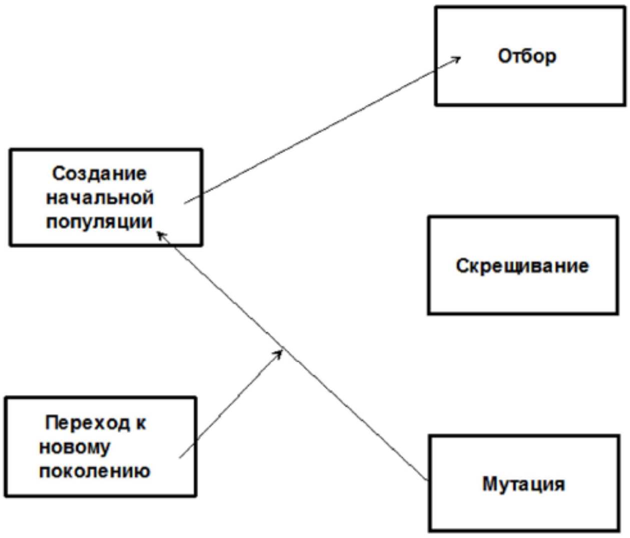

Схема генетического алгоритма

Общую схему генетического алгоритма лучше понять, когда рассматривается задача минимизации производственного времени:

$$\sum_{i=1}^{5} T_i * X_i \longrightarrow \min . \quad (17)$$

Общую схему генетического алгоритма можно записать следующим образом.

1. Выбрать начальную популяцию $S_k(0), \{S_{k1}, S_{k2}, ... S_{kn}\}$, где N – длина цепочки. Считать это $f^* = \max\{f(S_k) \mid S_k \in S_k(t), t = 0$.

2. Пока не выполнен критерий остановки, нужно делать следующее:

– выбрать родителей из S_{k1}, S_{k2} из популяции $S_k(t)$ (отбор);

– построить новое решение S_k по S_{k1}, S_{k2} (скрещивание);

– модифицировать S_k (мутация);

– если $f^* < f(S_k)$, то $f^* = f(S_k)$;

– обновить $t := t + 1$.

3. Поиск оптимального компромиссного решения

После решения локальных задач оптимизации следует установить «меру оценки», которая укажет отклонение значений целевых функций при выборе единичного оптимального вектора производства от оптимальных значений остальных целевых функций [4].

Скалярная характеристика выбирается по формуле:

$$a_{ij} = \frac{F_j(X_j) - F_j(X_j)}{F_j(X_j)}, i, j = \overline{1,3}, \qquad (18)$$

где $F_j(X_j)$ – значение локальной функции цели j-й задачи, вычисленной в результате подстановки решения 1-й задачи. Значение a_{ij} характеризует «качество» оптимальной производственной программы X_i относительно показателя $F_j(X_j) \longrightarrow extr$ и представляет собой множество потерь относительно этого показателя, если выполняется программа X_i вместо X_j.

Строкам матрицы $A = \| -a_{ij} \|$ соответствуют 3 оптимальных вектора производства $x_n, n = \overline{1,3}$, столбцам 3 – целевые функции $F_j(X_j) \longrightarrow extr, j = \overline{1,3}$.

Матрица А может условно рассматриваться как матрица платежей матричной игры двух лиц X и F с нулевой суммой, которая определена множеством чистых стратегий $\{x_1, x_2, x_3\}$ первого игрока и множеством чистых стратегий второго игрока.

Выводы

При разработке проектов сложных систем, в частности автоматических систем управления АСУ, перед проектировщиком возникает проблема принятия решений при наличии одновременно нескольких показателей качества.

Поэтому разработка методов принятия решений при нескольких критериях оптимальности в условиях неопределенности по-прежнему остается одной из главных задач исследования операций.

Исследование операций как наука располагает разнообразными средствами моделирования целенаправленной деятельности. Существующие и развиваемые подходы к анализу прикладных программ проникают в новые области автоматизированного управления. Полученные результаты не только позволяют рационально расходовать ограниченные ресурсы, но и развивают наши представления о возможностях изучаемой науки.

Научная новизна: результатом проведенного исследования является решение многокритериальной задачи с использованием генетических алгоритмов.

Практическая значимость: результатом применения предложенных методов является нахождение оптимальных по задаваемым критериям показателей деятельности предприятия.

Литература: **1.** *Гвоздинский А.Н. Климко Е.Г.* Методы аналитической обработки информации // Радиоэлектроника и информатика. 2000. №4. С.111-112. **2.** *Гвоздинский А.Н. Климко Е.Г.* Применение генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач // Сб. научных трудов 7-й Международной конференции «Теория и техника передачи, приема и обработки информации». Харьков: ХНУРЭ, 2001. С.390-391. **3.** *Штовба С.Д.* Муравьиные алгоритмы // ExponentaPro. Математика в приложениях. 2003 №4. С. 58-134. **4**. *Гвоздинський А.М., Губін В.О., Шергін В.Л.* Методи оптимізації в організаційному управлінні. Х.: ХНУРЕ 2014. С. 395.

Поступила в редколлегию 17.11.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Куземин А.Я.

Гвоздинский Анатолий Николаевич, канд. техн. наук, профессор кафедры искусственного интеллекта ХНУРЭ.Научные интересы: оптимизация процедур принятия решений в сложных системах управления. Адрес: Украина, 61166, Харьков, ул. Академика Ляпунова, 7, кв.9, тел.702-38-23.

Батура Елена Сергеевна, студент ХНУРЭ. Научные интересы: оптимизация процедур принятия решений. Адрес: 61051 Харьков, ул. Целиноградская, 36, кв. 205, e-mail: bes.pol@mail.ru