7. Любапова Т.П. Стратегическое планирование на предприятии: Учебное пособие / Т.П. Любанова, Л.В. Мясоедова, Ю.А. Олейникова. – М.: Приор, 2001. - 272с.

8. Шепеленко Г.И. Зкономика, оргаиизация и планирование производства на предприятии / Г.И. Шепеленко. – Ростов н/Дону, 2003. – 592 с.

9. Чорнуцький С.П. Внутрішній контроль: оцінка стану / С.П. Чорнуцький // Фінансовий контроль, 2007. – Вип. 4. – С. 53-55.

10. Вандер Вил Р. Управленческий учет / Вил Р. Вандер, В.Ф. Палий . – М., 1997.

11. Друри К. Введение в управленческий и производительный учет / К. Друри. – М., 1994.

12. Ковалев В.В. Основы управленческого учета / В.В. Ковалев, Я.В. Соколова – СПб., 1991.

Рецензент докт. екон. наук, професор В.Д. Слободян

531: 681.3

Попов В.Б., к.ф.-м.н., Бакланова В.Г., магистр,
ТНУ имени В.И. Вернадского

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ЭКОНОМИСТА АНАЛИТИКА

В настоящее время математическое моделирование и компьютерные технологии широко применяются для решения различных задач, возникающих в экономике, управлении, проектировании и других сферах экономической деятельности. Значительное внимание уделяется использованию моделей и методов дискретной оптимизации. Это обусловлено необходимостью решать достаточно сложные задачи с большим числом возможных вариантов и выбирать из них наилучшие с учетом различных ограничений. Математические модели и методы исследования дискретных структур всегда играли важную роль в экономических приложениях. Использование моделей и алгоритмов дискретной математики, в частности, дискретной оптимизации, делает возможным решение разнообразных прикладных технико-экономических задач, таких, как задачи размещения экономических объектов (простейшая и многостадийная задача), задачи размещения с предпочтениями клиентов, задачи стандартизации и унификации, а также задачи, которые являются актуальными для проектирования и разработки современных корпоративных информационных систем, для построения автоматизированных рабочих мест специалистов аналитиков. Большую роль алгоритмы оптимизации производства оказывают на архитектуру и методы построения корпоративных информационных систем важнейших составляющих любой современной экономической структуры. Эти алгоритмы решают задачи размещения экономических объектов; проблемы оптимизации корпоративных информационных систем планирования ресурсов (Enterprise Resource Planning, ERP); задачи оптимизации цепочек предложений (Supply Chain Management) и связанные с ними задачи логистики. Отметим, что задача планирования потребностей в материалах (Materials Requirements Planning, MRP) оказалась первой задачей, которая привела к созданию целой индустрии программного обеспечения для управления предприятием, в основе которого лежат алгоритмы дискретной оптимизации. Следующая концепция развития корпоративных систем получила название MRPII. ERP представляет собой не класс систем управления, а методологию организации бизнес-процессов предприятия. Важной особенностью проектирования систем управления предприятием на принципах ERP является направленность на планирование ресурсов производства. Большинство функций учета, реализованных в этих системах, служат лишь дополнением к основной задаче по составлению планов поставок материалов, производства и пр. Эволюция функционального развития стандартов прошла от MRP до самых современных систем с методологией ERPII, в которых используются последние результаты искусственного интеллекта.

В теории дискретного программирования предложено и на практике успешно применяется большое число алгоритмов и методов решения оптимизационных задач. Эти алгоритмы успешно используются для оптимального решения проблем в корпоративных информационных системах.

В классе комбинаторных методов решения широко известны следующие алгоритмы: метод ветвей и границ [1], локальные алгоритмы Ю.И. Журавлева [2], метод последовательного анализа и отсеивания вариантов, предложенный В. С. Михалевичем, Н.З. Шором [3], последовательные схемы В.А. Емеличева [4,5], аппроксимационно-комбинаторный метод [6], метод динамического программирования [7]. Кроме перечисленных методов необходимо отметить приближенные методы, различные эвристики для решения задач дискретного программирования, методы глобальной оптимизации для решения задач смешанного нелинейного целочисленного программирования, методы отсечения, декомпозиционные методы, гибридные методы.

Важная роль методов дискретной оптимизации или дискретного программирования в экономических приложениях обусловлена тем, что дискретные оптимизационные модели используют концепцию неделимости объектов, учитывают ограничения логического типа, адекватно отражают нелинейные зависимости и удовлетворяют другим требованиям, присущим объектам соответствующей предметной области.

В тоже время задачи дискретного программирования являются NP–трудными. Подавляющее число практических задач содержат большое число переменных задачи оптимизации и ограничений, что приводит к большим сложностям во время решения этих задач. С этой точки зрения исследование существующих и разработка новых подходов к решению задач дискретного программирования, а также применение получаемых результатов в экономических приложениях представляется актуальным.

Главной целью является исследование оптимизационных моделей и алгоритмов, которые относятся к классу эвристических подходов к решению задач комбинаторной и дискретной оптимизации.

Оптимизационные модели и алгоритмы поддержки принятия решений. Кратко остановимся на моделях и алгоритмах оптимизации, их реализациях в системах поддержки принятия решений в различных областях экономики. Во многих случаях для реализации инвестиционной программы необходимо получить заемные финансовые средства, что заставляет решать задачу планирования кредитной стратегии предприятия. Для этого необходимо делать предварительные расчеты кредитного портфеля с точки зрения банка для прогнозирования финансовых потоков. Задача формирования оптимального кредитного портфеля банка предполагает наличие жестких ограничений на следующие параметры:

1. Сумму имеющихся свободных кредитных ресурсов.
2. Стоимость этих ресурсов.
3. Процентные ставки на выдаваемые кредиты.
4. Сроки привлечения ресурсов.
5. Максимальный размер кредита на одного заемщика.

Задачу оптимизации кредитного портфеля можно рассматривать как поиск максимума псевдобулевой функции, множеством определения которой является пространство бинарных векторов. Формальная постановка задачи условной псевдобулевой оптимизации выглядит следующим образом: $F(x) \to extr$, где $F: S \to R,\ S \subset B_2^n$ – некоторая подобласть пространства булевых переменных, определяемая заданной системой ограничений. Одной из задач псевдобулевой оптимизации является задача о рюкзаке. Под задачей о рюкзаке обычно понимается следующая задача целочисленного линейного программирования с матрицей, имеющей одну строку: $\sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to \max$. При условии $\sum_{j=1}^{n} w_j x_j \le K,\ x_j \in Z^+$ либо $x_j \in \{0,1\}$. Такая задача максимизации возникает, когда нужно заполнить рюкзак вместимости K предметами, имеющими наибольшую возможную пользу. В [8] рассматриваются для случая $c_j = w_j,\ где\ j = 1,2,...,n$ два варианта – целочисленный и булевский. Целочисленный рюкзак. Даны целые числа $c_j,\ где\ j = 1,2,...,n\ и\ K$. Спрашивается, существуют ли такие целые числа $x_j \ge 0$, $j = 1,2,...,n$, что $\sum_{j=1}^{n} c_j x_j = K$. Бинарный рюкзак (0-1 рюкзак). Даны целые числа $c_j,\ где\ j = 1,2,...,n\ и\ K$. Спрашивается, существуют ли такое подмножество S множества $\{1,2,...,n\}$, что $\sum_{j \in S} c_j = K$.

В общем случае целевая функция задачи формирования оптимального кредитного портфеля имеет следующий вид:

$$G(x) = \sum_{i=1}^{N} g_i(c_i, p_i, t_i) x_i \to \max$$

при ограничениях $\sum_{i=1}^{N} c_i x_i \le F$, где C_i – i-ый кредит, p_i – проценты за пользование i-ым кредитом. В результате получаем задачу условной оптимизации с бинарными переменными.

Одной из целей работы является исследование вероятностной экономико-математической модели. Стандартно определяется целевая функция. Математическая модель задачи формирования кредитного портфеля банка оптимизирует его по критериям [9]: доходность кредитования, риск невозврата, ликвидность временной структуры активов - пассивов.

Формирование кредитного портфеля производится путем формирования кредитных портфелей в каждом из временных интервалов, на которые поделена временная структура баланса банка, $i = 1,...,T$.

Для формализованной записи критерия получения максимальной доходности от проводимых банком кредитных операций вводятся следующие обозначения:

F_i – сумма свободных пассивов, которыми располагает банк в i-ый момент времени;

k_{ij} – сумма кредита, запрашиваемая j-м заемщиком, j = 1,…, J_i с погашением долга в i-ом временном интервале, $i = 1,...,T$;

t_{ij} – временной период размещения средств в k_{ij} - кредит;

x_{ij} – булева переменная, принимающая значения: 1, если кредит k_{ij} выдается, и 0, если заявка на получение кредита отклоняется банком;

d_{ij} – проценты за пользование k_j - ым кредитом (предполагается, что d_j выплачиваются единовременно с возвратом самого кредита);

p_{ij} – вероятность невыполнения заемщиком обязательств по возврату кредита и процентов по нему $k_{ij} + k_{ij} d_{ij}$.

Интуитивно понятно, что можно выделить два варианта обслуживания долга заемщиком: полный возврат суммы кредита и процентов по нему в установленный срок, полное отсутствие платежей в погашение кредита и процентов по нему. Выдача кредитов рассматривается не только как доходный инструмент банка, но и как инструмент, позволяющий повысить ликвидность временной структуры активов – пассивов банка. С этой целью полагают, что пассивы из временного интервала i в случае их недоиспользования не могут быть инвестированы в кредиты из других временных интервалов. Поэтому остаток суммы пассивов из i-го временного интервала, равный $F_i - \sum_{j \in J} k_{ij} x_{ij}$, принимает участие в формировании кредитного портфеля с $d_{ij} = 0$ и $P_{ij} = 0$, где J - множество индексов принятых кредитных заявок.

Ожидаемые проценты от комбинации кредитных заявок будут определяться по следующей формуле: $E(x_{ij}) = \sum_{j \in J} (1 + d_{ij} t_{ij}) k_{ij} x_{ij}$.

Таким образом, целевая функция задачи максимизации дохода может быть представлена в следующем виде: $E(x_{ij}) \to \max$.

Ограничение, накладываемое на объем выдаваемых кредитов $\sum_{j \in J} k_{ij} x_{ij} \le F_i$.

В реальных условиях всегда есть вероятность p_{ij} будущей неплатежеспособности i-го заемщика. Ограничение, накладываемое на рискованность рассматриваемой кредитной заявки, задается стохастически. Пусть $\Phi(x_{ij}, p_{ij})$ – функция потерь. В силу случайности вектора P минимизация непосредственно функции $\Phi(x_{ij}, p_{ij})$ невозможна, говорят лишь о вероятности некоторого события, связанного с этой функцией. Для оценки риска определим функцию вероятности $P_\varphi(x) = \mathrm{P}\{\Phi(x, p) \le \varphi\}$, где φ – некоторый допустимый уровень потерь. Функция вероятности характеризует вероятность того, что потери при выбранной стратегии x не превысят заданный порог φ. Функция вида $\varphi_\alpha(x) = \min\{\varphi : P_\varphi(x) \ge \alpha\}$ – функция квантили, которая показывает, что потери при выбранной стратегии x с вероятностью не меньше α не превысят значения $\varphi_\alpha(x)$. Пусть задано ограничение на суммарную рискованность кредитной заявки ρ, тогда выполняется ограничение $\frac{1}{|J|}\sum_{j\in J} x_{ij} p_{ij} \le \rho$.

Эволюционные алгоритмы решения оптимизационных задач. Известно, что для решения оптимизационных NP-трудных проблем эффективными могут оказаться различные эволюционные эвристики. Однако одним из недостатков классических эволюционных алгоритмов является отсутствие механизма учета ограничений оптимизационной задачи. Можно указать несколько возможных методов непосредственного решения этой проблемы. Задачи условной оптимизации при решении стараются свести к задачам безусловной оптимизации. Одним из методов, например, является метод штрафных функций. Основная идея методов штрафных функций состоит в преобразовании задачи условной оптимизации в задачу безусловной оптимизации или в последовательность задач безусловной оптимизации. После этого предлагается применять для оптимизации эволюционные алгоритмы.

В работе предлагается использование коэволюционного алгоритма для вычисления распределения вероятностей P и для выбора наилучшего вектора управления X в задаче оптимизации.

Алгоритм реализован в среде C++. Программная модель содержит следующие классы. Класс Chromosome представляет хромосому с набором ген в виде битового вектора. Основные реализованные в этом классе функции: бинарное и десятичное представление, скрещивание двух хромосом, результат – две дочерние хромосомы. Класс Individum представляет одну особь с набором координат в N-мерном пространстве со значением оптимизируемой функции. Основные реализованные в этом классе функции: вычисление значения оптимизируемой функции в точке, инициализация особи начальной популяции, скрещивание особей (на выходе две дочерние особи), мутация случайного числа особей. Класс Population представляет популяцию особей. Основные реализованные в этом классе функции: инициализация начальной популяции, добавление новых особей в популяцию, кроссинговер, переход на одно поколение вперёд.

В заключение отметим, что для поддержки принятия ответственных решений специалисту необходимо решать достаточно сложные задачи условной оптимизации с дискретными или смешанными переменными, и, очень часто, алгоритмически заданными линейными и нелинейными функциями. В большинстве своем эти задачи естественным образом обобщаются до многокритериальных постановок. Классические методы статической и динамической оптимизации для таких задач не могут быть применены, поэтому необходимы более мощные и универсальные подходы. К таким подходам относятся эволюционные стратегии и эвристики.

Литература

1.Land A.H. An automatic method of solving discrete programming problem / A. H. Land, A. G. Doig. // Econometrica, Vol. 28, No. 3. –1960. – p. 497–520.

2. Журавлев Ю. И. Избранные научные труды / Ю. И. Журавлев // М.: Магистр. – 1998. – 420 с.

3.Михалевич В.С. Последовательные алгоритмы оптимизации и их применение. 1. / В. С. Михалевич // Кибернетика.– №2. – 1965. С. 85–88.

4.Емеличев В.А. Дискретная оптимизация: последовательные схемы решения. 1. / В. А. Емеличев // Кибернетика.– №6 – 1971. С. 109–121.

5. Емеличев В.А. Дискретная оптимизация: последовательные схемы решения. 2. / В. А. Емеличев // Кибернетика.– №2 – 1972. С. 109–121.

6.Хачатуров В.Р. Комбинаторные методы и алгоритмы решения задач дискретной оптимизации большой размерности / В. Р. Хачатуров, В. Е. Веселовский, А. В. Злотов // М.: Наука. – 2000. – 354 с.

7.Беллман Р. Динамическое программирование / Р. Беллман // пер. с англ. – М.: Изд-во иностр. Лит. 1960. – 400 с.

8.Христос Х. Пападимитриу Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность / Х. Пападимитриу Христос, Стайглиц Кеннет // пер. с англ. –М.– Мир. 1984. – 511с.

9.Семенкин Е.С. Эволюционные методы моделирования и оптимизации сложных систем / Семенкин Е.С., Жукова М.Н., Жуков В.Г. и др. // Изд. Сибирского Федерального университета. – 2007.– 515с.