

УДК 519.7

А. Н. Гвоздинский¹, А. Е. Козлова², А. О. Дроздов³¹ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина² ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, alisha.kozlova@gmail.com³ ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, artur.drozdov1@gmail.com

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

В статье рассматриваются основные принципы использования оптимизационных методов в задачах принятия решений при управлении объектами различной физической природы. В качестве объектов исследования рассматриваются системы интеллектуального анализа данных, а также объекты производственной деятельности предприятий и фирм различного направления. Рассмотрена задача управления запасами в системах производственного планирования, а именно задача расчета оптимальной стратегии фирмы.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, ДЕРЕВЬЯ РЕШЕНИЙ,
ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ, УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Введение

В настоящее время нельзя назвать область человеческой деятельности, в которой в той или иной степени не использовались бы методы моделирования. Особенно это относится к сфере управления различными системами, где основными являются процессы принятия решений на основе получаемой информации. Сегодня мы являемся свидетелями активного развития технологий интеллектуального анализа данных (ИАД или data mining), появление которых связано, в первую очередь, с необходимостью аналитической обработки сверхбольших объемов информации, накапливаемой в современных хранилищах данных. Возможность использования хорошо известных методов математической статистики и машинного обучения для решения задач подобного рода открыло новые возможности перед аналитиками, исследователями, а также теми, кто принимает решения — менеджерами и руководителями компаний. Сложность и разнообразие методов ИАД требуют создания специализированных средств конечного пользователя для решения типовых задач анализа информации в конкретных областях. Поскольку эти средства используются в составе сложных multifunctionальных систем поддержки принятия решений, они должны легко интегрироваться в подобные системы. Одним из наиболее важных и перспективных направлений применения ИАД являются бизнес-приложения. Примером является процесс управления запасами, основной целью которого является обеспечение бесперебойности производственного процесса. Для формирования систем управления запасами с точки зрения эволюционной оптимизации используются методы интеллектуального анализа данных. Проводится аналитический обзор методов интеллектуального анализа данных (ИАД, data mining, обнаружение знаний в базах данных). Обзор методов аналитической обработки информации в сложных информационных

системах рассматривается с точки зрения скорости извлечения данных, сбора обобщенной информации и повышения достоверности процесса.

Интеллектуальный анализ данных — новое и быстро развивающееся направление, использующее методы искусственного интеллекта, математики, статистики, которое аналитически исследует большие объемы информации в целях определения закономерностей и взаимосвязей между переменными. Системы ИАД применяются в научных исследованиях и образовании, в работе правоохранительных органов, производстве, здравоохранении и многих других областях. Особенно широко технология ИАД используется в деловых приложениях. К сожалению, универсальные средства ИАД довольно сложны и дороги, поэтому они не могут широко применяться в рамках интегрированных систем, ориентированных на конечного пользователя. Действительно, в основу технологии ИАД положен не один, а несколько принципиально различных подходов, причем использование некоторых из них невозможно без специальной подготовки. Выбор подхода нередко требует привлечения специалиста по ИАД. Результаты ИАД представляют большую ценность для руководителей и аналитиков в их повседневной деятельности. Поэтому перед разработчиками стоит задача внедрения технологии ИАД в автоматизированные системы анализа и поддержки принятия решений. В отличие от исследовательских приложений подобные системы должны ориентироваться на непрограммирующего пользователя и на решение конкретных проблем, которые оказываются довольно разнообразными и нередко требуют применения различных подходов.

1. Методы интеллектуального анализа данных

Средства интеллектуального анализа данных включают следующие основные методы: нейронные сети, деревья решений, генетические

алгоритмы, а также их комбинации. Сложность и разнообразие методов ИАД требуют создания специализированных средств конечного пользователя для решения типовых задач анализа информации в конкретных областях [1]. Поскольку эти средства используются в составе сложных многофункциональных систем поддержки принятия решений, они должны легко интегрироваться в подобные системы. Сами методы ИАД являются лишь основой для реализации типовых видов анализа, используемых аналитиками и лицами, принимающими решения в бизнесе. Существующие системы ИАД можно подразделить на исследовательские, ориентированные на специалистов и предназначенные для работы с новыми типами проблем, и прикладные, рассчитанные на непрограммирующих пользователей (аналитиков, менеджеров, технологов и т.д.) и решающие типовые задачи.

Нейронные сети относят к классу нелинейных адаптивных систем, строением они условно напоминают нервную ткань из нейронов. Это набор связанных друг с другом узлов, получающих входные данные, осуществляющих их обработку и вырабатывающих на выходе некоторый результат. На узлы нижнего слоя подаются значения входных параметров, на их основе производятся вычисления, необходимые для принятия решений, прогнозирования развития ситуации и т.д. Эти значения рассматривают как сигналы, которые передаются в вышележащий слой, усиливаясь или ослабляясь в зависимости от числовых значений (весов), приписываемых межнейронным связям. На выходе нейрона самого верхнего слоя вырабатывается значение, которое рассматривается как ответ, реакция всей сети на введенные начальные значения. Так как каждый элемент нейронной сети частично изолирован от своих соседей, у таких алгоритмов имеется возможность для распараллеливания вычислений. Нейроны сети обрабатывают входные данные, для которых известны и значения входных параметров и правильные ответы на них. Обучение состоит в подборе весов межнейронных связей, которые обеспечивают наибольшую близость ответов сети к известным правильным ответам. После обучения на имеющихся данных сеть готова к работе и может быть использована для построения прогнозов поведения объекта в будущем. Нейронные сети используются для решения задач прогнозирования, классификации или управления [2].

Достоинство — сети могут аппроксимировать любую непрерывную функцию, нет необходимости заранее принимать какие-либо предположения относительно модели. Исследуемые данные могут быть неполными или зашумленными. Удобны при работе с нелинейными зависимостями.

Недостаток — необходимость иметь большой объем обучающей выборки. Окончательное

решение зависит от начальных установок сети. Данные должны быть обязательно преобразованы к числовому виду. Полученная модель не объясняет обнаруженные знания.

Деревья решений используют разбиение данных на группы на основе значений переменных. В результате получается иерархическая структура операторов «Если..., то...», которая имеет вид дерева. Для классификации объекта или ситуации нужно ответить на вопросы, стоящие в узлах этого дерева, начиная от его корня. Если ответ положительный, переходят к правому узлу следующего уровня, если отрицательный — к левому узлу и т.д. Заканчивая ответы, доходят до одного из конечных узлов, где указывается, к какому классу надо отнести рассматриваемый объект. Деревья решений предназначены для решения задач классификации и поэтому весьма ограничено применяются в области финансов и бизнеса.

Достоинство — простое и понятное представление признаков для пользователей. В качестве целевой переменной используются как измеряемые, так и не измеряемые признаки — это расширяет область применения метода.

Недостаток — проблема значимости. Данные могут разбиваться на множество частных случаев, возникает «кустистость» дерева, которое не может давать статистически обоснованных ответов. Полезные результаты получают только в случае независимых признаков.

Генетические алгоритмы (ГА), на данный момент являются наиболее известным представителем эволюционных методов оптимизации [3]. Они содержат все основные генетические операции. ГА получены в процессе обобщения и имитации в искусственных системах свойств живой природы:

- приспособляемость к изменениям среды;
- естественный отбор;
- наследование потомками наиболее «ценных»

свойств родителей и т.д.

С его помощью можно улучшать работу поисковых систем, которые требуют обработки больших массивов информации; оптимизировать работу нефтяных трубопроводов; распределять инструменты в металлообрабатывающих цехах; осуществлять оптимизацию профилей балок в строительстве и т.д. Решение задач комбинаторной оптимизации является одной из основных областей применения ГА. Генетические алгоритмы имитируют процесс естественного отбора в природе. Для нахождения, более оптимального с точки зрения некоторого критерия, все решения описываются набором чисел или величин нечисловой природы. Поиск оптимального решения похож на эволюцию популяции индивидов, которые представлены наборами их хромосом. В этой эволюции действуют три механизма.

Можно выделить следующие механизмы:

- отбор сильнейших наборов хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения;
- скрещивание — получение новых индивидов при помощи смешивания хромосомных наборов отобранных индивидов;
- мутации — преобразование хромосомы, случайное изменение одного или несколько генов (чаще — одного).

Наиболее популярное приложение генетического алгоритма — оптимизация многопараметрических функций. Реальные задачи формируются как поиск оптимального значения сложной функции, зависящей от некоторых n — входных 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.

Чтобы реализовать генетический алгоритм, надо сначала выбрать структуру для представления этих решений. Структура данных ГА состоит из одной или большего количества хромосом. После проведенных в ходе применения ГА операций осуществляем декодирование и получаем подмножество значений, которые соответствуют субоптимальному решению задачи. Генетический алгоритм оптимизации является множественно-вероятностным, т.е. он позволяет находить множество значений, которые примерно соответствуют искомому условию. Это существенно для решения задач с неявно выраженными максимумами или минимумами.

Существует множество модификаций генетического алгоритма, которые отличаются в методах отбора, скрещивания, хромосомной кодировки [4]. Традиционный (основной) ГА работает с двоичной строкой определенной длины, использует следующие свойства:

- на каждом поколении реализуется отбор пропорционально функции приспособленности;
- односточный кроссовер (скрещивание);
- мутация.

Как метод оптимизации ГА обладает внутренним параллелизмом: различные существенные комбинации генов отыскиваются параллельным образом, одновременно для всех комбинаций. Чем меньше комбинация, тем легче ее определить. В связи с тем, что алгоритм в процессе поиска использует некоторую кодировку значений, а не сами значения, он эффективно может применяться для решения задач дискретной оптимизации, которые могут быть определены как на числовых, так и на конечных множествах произвольной природы. Так как в качестве информации об оптимизируемой функции для работы алгоритма используются

лишь значения в рассматриваемых точках пространства поиска, то данный алгоритм применим к широкому классу функций. Генетический алгоритм успешно справляется с поставленной задачей даже там, где не существует общеизвестных алгоритмов решения или высока степень априорной неопределенности.

Достоинство — метод удобен для решения различных задач комбинаторики и оптимизации, предпочтителен больше как инструмент научного исследования.

Недостаток — возможность эффективно формулировать задачу, определить критерий отбора хромосом, и сама процедура отбора является эвристической и под силу только специалисту. Постановка задачи в терминах не дает возможности проанализировать статистическую значимость получаемого с их помощью решения.

2. Построение математической модели

Для построения математической модели за основу возьмем один из методов интеллектуального анализа данных — генетические алгоритмы, и на их базе будем решать поставленную задачу.

Целью работы является исследование деятельности предприятия, составление математической модели задачи в классе экстремальных задач и определение на основе решения оптимальной стратегии работы фирмы на определенный срок, а также анализ возможных колебаний затрат и цен реализации, которые не приведут к изменению стратегии [5].

В качестве примера рассмотрим некоторую фирму, занимающуюся производственной деятельностью и реализацией выпускаемой продукции с учетом складирования и управления запасами.

Для построения математической модели введем такие условные обозначения:

- x_i — число изделий, закупленных в месяце i ;
- y_i — число изделий, проданных в том же месяце;
- Z — чистая прибыль;
- u, v — переменные двойственной задачи;
- n — месяц, $n = 1, 2, 3, \dots, 6$.

Предположим, что функция цели реализации продукции, дающая максимальную прибыль, представлена в численном виде следующим образом:

$$Z = 27y_1 + 24y_2 + 24y_3 + 26y_4 + 22y_5 + 22y_6 - 26x_1 - 23x_2 - 25x_3 - 27x_4 - 21x_5 - 20x_6. \quad (1)$$

Как видим, это оптимизирующий функционал, имеющий линейную форму, который можно вычислить, используя аппарат линейного программирования [6].

С любой задачей линейного программирования тесно связана другая линейная задача, называемая

двойственной. Первоначальная задача называется прямой.

Прямая задача:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, m, \quad (3)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, n. \quad (4)$$

Для управления ресурсами необходима и двойственная задача:

$$F = \sum_{i=1}^m b_i y_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i \geq c_j, j = 1, n, \quad (6)$$

$$y_i \geq 0, i = 1, m. \quad (7)$$

Прямая задача: сколько и какой продукции $x_j \geq 0, j = 1, n$ надо произвести, чтобы при заданных стоимостях единицы продукции $c_j \geq 0, j = 1, n$, объемах имеющихся ресурсов $b_i \geq 0, i = 1, m$ и нормах расходов $a_{ij} \geq 0, i = 1, m, j = 1, n$ максимизировать выпуск продукции в стоимостном выражении?

Двойственная задача: какова оценка единицы каждого из ресурсов $y_i \geq 0, i = 1, m$, чтобы при заданных количествах ресурсов $b_i \geq 0, i = 1, m$, величинах стоимости единицы продукции $c_j \geq 0, j = 1, n$ и нормах расходов $a_{ij} \geq 0, i = 1, m, j = 1, n$ минимизировать общую оценку затрат на все ресурсы?

Двойственный симплекс-метод, применяемый к задаче в двойственной базисной форме, приводит к последовательности задач с возрастающим значением целевой функции, неотрицательными коэффициентами $c_j \geq 0, j = 1, n$ и значениями $b_i \geq 0, i = 1, m$ любого знака. Двойственный симплекс-метод называют методом последовательного улучшения оценок. Преобразования задачи выполняются до тех пор, пока не будет установлено, что исходная задача не имеет допустимого решения или будет получена задача с допустимым базисным планом (все $b_i \geq 0$), который одновременно будет и оптимальным.

Решение задачи линейного программирования двойственным симплекс-методом включает следующие этапы:

1. Привести исходную задачу к каноническому виду.
2. Исключить базисные переменные из целевой функции Z .
3. Проверить приведенные коэффициенты целевой функции: если все приведенные коэффициенты $c_j \geq 0, j = 1, n$, а среди значений $b_i \geq 0, i = 1, m$ есть отрицательные, то задача решается двойственным симплекс-методом. Если среди приведенных коэффициентов c_j есть положительные,

то в системе ограничений следует преобразовать свободные члены в неотрицательные (умножив на число (-1) строки, содержащие отрицательные b_i) и решать задачу прямым симплекс-методом.

Вероятно, что фирма не может продавать товар, которым она не располагает. Следовательно, для каждого месяца $n = 1, 2, 3, \dots, 6$ справедливо условие:

$$200 + \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - y_i) \geq y_n, \quad (8)$$

что дает:

$$\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \leq 200. \quad (9)$$

Каждый месяц фирма может закупать определенное количество изделий, которое она намерена доставить в конце данного месяца, при условии, что при этом емкость склада не будет превышена.

Следовательно, для каждого месяца должно выполняться неравенство:

$$200 + \sum_{i=1}^{n-1} (x_i - y_i) \leq 600 \quad (10)$$

или

$$\sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \leq 400. \quad (11)$$

Таким образом, задача заключается в максимизации Z по $x_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}$ и $y_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}$, удовлетворяющим указанным ограничениям:

$$Z \rightarrow \max.$$

В данном случае задачу о складе удобно решить, если найти сначала решение двойственной к ней задачи. Таким образом, двойственная задача заключается в минимизации функции:

$$Y = 200(u_1 + u_2 + u_3 + u_4 + u_5 + u_6) + 300(v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + v_5 + v_6) \\ Y \rightarrow \min. \quad (12)$$

Условие не отрицательности двойственной задачи:

$$u_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n} \text{ и } v_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

Условие не отрицательности прямой задачи:

$$x_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n} \text{ и } y_i \geq 0 \forall i = \overline{1, n}. \quad (14)$$

В итоге следует отметить, что численные данные были взяты из конкретного примера решения задачи управления запасами предприятия с ограниченными ресурсами. Используемые методы решения исследуемых задач в виде симплекс-метода и двойственного симплекс-метода в настоящее время доведены до совершенства, легко адаптированы к современным ИТ-технологиям и содержат типовые пакеты программного обеспечения. К примеру можно сослаться на программу "Business Assistant", обеспечивающую решение оптимизационных задач симплекс-методом [7].

Выводы

Исследованы проблемы управления запасами на предприятиях, существующие методы управления запасами; разработана модель объекта управления и процессов управления, выявлены наиболее значимые, с точки зрения повышения эффективности, процессы принятия решений в системе управления запасами; исследованы методики поддержки принятия решений в процессах управления поступлением, хранением ресурсов, основанных на предложенной модели расчета затрат; разработана методика принятия решений с целью оптимизации системы управления запасами материально-технических ресурсов, используемых на предприятиях; проведен анализ эффективности разработанной методики управления запасами;

Научная новизна исследования заключается в обосновании экономического механизма управления запасами материально-технических ресурсов и разработке методического обеспечения процесса принятия решений по оптимизации объемов запасов.

Основными результатами исследования являются: обоснование места, роли и рациональной структуры запасов в системе планирования сбытовой деятельности предприятия в современных условиях; разработка концептуальных подходов к решению оптимизационных задач в области управления запасами материально-технических ресурсов, использующих инструментарий анализа и процесса принятия решений; определение факторов стратегии управления запасами, основанных на различных параметрах системы закупок, таких как периодичность заказа, постоянная партия объема пополнения заказа, уровень восполнения запаса. Предложена методика анализа состояния запасов, основанная на анализе изменения структуры и объема затрат предприятия, позволяющая контролировать состояние запасов в реальном режиме времени.

Практическая значимость определена возможностью применения разработанной методики в области управления запасами на малых предприятиях, использующих в производственном процессе незначительное количество материальных ресурсов, как по номенклатуре, так и по объему. Разработанные теоретические и методические положения доведены до практических моделей и алгоритмов, в результате чего появляется возможность дать количественное обоснование размеров

партий заказов, закупок и продаж, повышается достоверность расчетов.

Список литературы: 1. Кречетов, Н. Продукты для интеллектуального анализа данных / Н. Кречетов, П. Иванов // Інформаційні технології. — 1997. — №14-15. — С. 32-39. 2. Дубровін, В.І. Методи оптимізації та їх застосування в задачах навчання нейронних мереж: Навчальний посібник / В.І. Дубровін, С.О. Субботін // Запоріжжя: ЗНТУ. — 2003. — С. 136. 3. Норенков, И.П. Генетические алгоритмы решения проектных и логических задач / И.П. Норенков // Информационные технологии. — 2000. — №9. — С. 140-212. 4. Норенков, И.П. Генетические методы структурного синтеза проектных решений / И.П. Норенков // Информационные технологии. — 1998. — №1. — С. 40-257. 5. Гвоздинский, А.Н. Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / А.Н. Гвоздинский, В.А. Малышкин, С.В. Ткачев // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. — 2011. — №154. — С. 97-102. 6. Гвоздинський, А.М. Методи оптимізації в системах прийняття рішень: Навчальний посібник / А.М. Гвоздинський, Н.А. Якімова, В.О. Губін // Харків: ХНУРЕ. — 2006. — С. 324. 7. Математическое программирование / Режим доступа: [www/ URL: http://www.mathhelp.spb.ru/bookl/lprogl.htm](http://www.mathhelp.spb.ru/bookl/lprogl.htm).

Поступила в редколлегию 18.07.2013

УДК 519.7

Принципи та методи оптимізації в сучасних організаційних системах управління / А.М. Гвоздинський, А.Є. Козлова, А.О. Дроздов // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 66-70.

Процеси прийняття рішень загалом та задачі управління запасами зокрема мають важливе значення для сучасних організацій. Вони є одним з найбільш поширених класів задач дослідження операцій. Існує безліч методів для вирішення задач такого типу, але одними з пріоритетних є методи інтелектуального аналізу даних. У роботі розглянуто створення математичної моделі таких задач.

Бібліогр.: 7 найм.

UDC 519.7

Principles and methods of optimization of modern organizational management systems / A.N. Gvozinskiy, A.E. Kozlova, A.O. Drozdov // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 66-70.

Decision making processes in general and the problem of inventory management in particular are important for modern organizations. They are one of the most common classes of problems of operations research. There are many methods for these tasks, but one of the main methods are Data Mining. The paper was considered creating mathematical models of such problems.

Ref.: 7 items.