

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., СЕРИК Е.Э.

Исследуются интеллектуальные системы управления в производственном планировании современного промышленного предприятия. Предлагается оптимизационный метод решения производственных задач для распределения ресурсов предприятия.

Введение

В настоящее время новейшие достижения математики и современной вычислительной техники все более широко применяются в экономических исследованиях и планировании. Накоплен достаточный опыт постановки и решения экономических задач с помощью математических методов. Особенно успешно развиваются методы оптимального планирования.

Высокий уровень капиталовложений, необходимых при создании высокотехнологичных производств, требует эффективного использования средств, которое в первую очередь достигается путем оптимизации структуры и параметров таких производств на основе применения новых информационных технологий и математического моделирования на базе современной вычислительной техники. Особое место в этом комплексе задач занимают проблемы выбора и принятия решений. При этом процесс решения происходит в условиях ограничений, обусловленных спецификой функционирования системы: сложность математической модели, большое число рассматриваемых альтернативных вариантов, значительная неопределенность исходной информации. В этих условиях решающую роль должны сыграть модели и методы поддержки принятия решений, основанные на последних достижениях математического моделирования и теории принятия решений.

Актуальность исследования. Производственное планирование современного промышленного предприятия является тем инструментом, который обеспечивает необходимой информацией остальные процессы управления. Успешность решения подавляющего большинства экономических задач зависит от наилучшего, самого выгодного способа использования ресурсов. В процессе экономической деятельности приходится распределять такие важные ресурсы, как деньги, товары, сырье, оборудование, рабочая сила. От распределения ресурсов зависит конечный результат деятельности предприятия [1, 7].

Цель исследования – изучение эффективных методов принятия решения, определение интеллектуального оптимизационного метода для реали-

зации задач управления производственного планирования.

Описание объекта исследования и постановка задачи

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.

Для построения математической модели введем такие условные обозначения: x_i – число изделий, закупленных в месяце i ; y_i – число проданных изделий; Z – чистая прибыль; u, v – переменные двойственной задачи; n – месяц, $n = 1, 2, 3, \dots, 6$:

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

С любой задачей ЛП тесно связана другая линейная задача, называемая двойственной. Первоначальная задача называется прямой.

Прямая задача:

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

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij} x_j) \leq b_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad x_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Двойственная задача:

$$F = \sum_{i=1}^m (b_i y_i) \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m (a_{ij} y_j) \geq c_j, \quad j = 1, \dots, n, \quad y_j \geq 0, \quad i = 1, \dots, m. \quad (5)$$

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 $b_j \geq 0$, $i = 1, \dots, m$, и нормах расходов $a_{ij} \geq 0$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$, максимизировать выпуск продукции в стоимостном выражении [1]?

Двойственная задача: какова оценка единицы каждого из ресурсов $y_i \geq 0$, $i = 1, \dots, m$, чтобы при заданных количествах ресурсов $b_i \geq 0$, $i = 1, \dots, m$, величинах стоимости единицы продукции $c_j \geq 0$, $j = 1, \dots, n$, и нормах расходов $a_{ij} \geq 0$, $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$, минимизировать общую расценку 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 , $j = 1, \dots, n$, и значением b_i , $i = 1, \dots, m$, любого знака. Такой 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 $c_j^1 \geq 0$, $j = 1, \dots, n$, а среди значений b_i , $i=1, \dots, m$, есть отрицательные, то задача решается двойственным симплекс-методом. Если среди приведенных коэффициентов c_j^1 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 [2].

Применение двойственного симплекс-метода для решения поставленной задачи

Одним из универсальных методов решения задач ЛП является симплекс-метод, или метод последовательного улучшения плана. Если задача разрешима, то ее оптимальный план совпадает, по крайней мере, с одним из опорных решений системы ограничений. Именно этот опорный план и отыскивается симплекс-методом в результате упорядоченного перебора опорных решений. Упорядоченность понимается в том смысле, что при переходе от одного плана к другому соответствующие им значения целевой функции возрастают. Так как общее число опорных решений конечно, то через определенное число шагов будет найден оптимальный опорный план, либо установлена неразрешимость задачи. Чтобы получить новый опорный план, первоначальный базис преобразовывают в новый.

С геометрической точки зрения перебор опорных планов можно толковать как переход по ребрам от одной вершины многогранника решений к другой, по направлению к вершине X_1 , в которой целевая функция достигает оптимального решения.

Разработан программный продукт, куда были введены исходные данные: месяцы, затраты и цена реализации за каждый месяц. Решение предполагает использование итераций симплекс-метода для нахождения оптимального решения [2].

Анализ методов эволюционной оптимизации в системах управления производством

Средства эволюционной оптимизации включают следующие методы: нейронные сети, деревья решений, генетические алгоритмы, а также их комбинации [3,4].

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, которые осуществляют их обработку и вырабатывают на выходе определенный результат. На узлы нижнего слоя подаются значения входных параметров, на их основе производятся вычисления, необходимые для принятия решений, прогнозирования развития ситуации. 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 в 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. 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 это-

го дерева, начиная от его корня. Если ответ положительный, переходят к правому узлу следующего уровня, если отрицательный – к левому узлу. 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 ограниченно 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 статически обоснованных ответов. Полезные результаты получают только в случае независимых признаков.

Генетические алгоритмы (ГА) на данный момент являются наиболее известным представителем эволюционных методов оптимизации. 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;
- наследования потомками наиболее "ценных" свойств родителей.

С помощью ГА 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. Решение задач комбинаторной оптимизации является одной из основных областей применения ГА. Генетические алгоритмы имитируют процесс естественного отбора в природе. 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 действует три механизма:

- отбор сильнейших наборов хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения;
- скрещивание – получение новых индивидов при помощи смешивания хромосомных наборов отобранных индивидов;
- мутация – 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.

Формулировка задачи эволюционной оптимизации

Для построения математической модели за основу возьмем один из методов интеллектуального анализа данных – генетические алгоритмы, и на их базе будем решать поставленную задачу [5].

Формально, генетический алгоритм – это любой алгоритм поиска приближенного решения поставленной задачи, построенный по следующей схеме.

Шаг 0. Создать случайную начальную популяцию $\{S_k(0)\}$.

Шаг 1. Вычислить приспособленность $f(S_k)$ каждой особи (S_k) популяции $\{S_k(t)\}$.

Шаг 2. Производя отбор особей из $\{S_k(t)\}$ в соответствии с их приспособленностями $f(S_k)$ и применяя генетические операторы (скрещивания и мутации) к отобранным особям для получения потомства, сформировать популяцию следующего поколения $\{S_k(t+1)\}$.

Шаг 3. Повторять шаги 1,2 для $t = 0, 1, 2, \dots$ до тех пор, пока не выполнится некоторое условие окончания эволюционного поиска (прекращается рост максимальной приспособленности в популяции, число поколений t достигает заданного предела).

Возможны различные варианты генетического алгоритма, которые отличаются по схемам отбора особей из текущего поколения в новое, операторам скрещивания и мутации хромосом особей, по форме их представления. Традиционный вид генетического алгоритма базируется на следующей частотной схеме:

- цепочки символов в хромосомах бинарные (символы S_{kj} принимают значения 0 либо 1), длина цепочек постоянна ($N = \text{const}$);
- метод отбора пропорционально-вероятностный;
- скрещивание производится по схеме однохромосомного скрещивания.

Рассмотрим задачу распределения ресурсов на примере решения задачи оптимального раскроя. На заготовочный участок радиощахи поступили листы фольгированного гетинакса размером $1_1 * 1_2$ мм. Его нужно разрезать на заготовки для печатных плат: Π_1 размером $1_3 * 1_4$ мм, Π_2 - $1_5 * 1_6$ мм, Π_3 - $1_7 * 1_8$ мм, Π_4 - $1_9 * 1_{10}$ мм, необходимость в которых $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ единиц соответственно.

во-вторых, время получения решения для заказчиков предполагается порядка десяти секунд для размерности 100, это достаточно высокие требования по времени.

Метод муравьиных колоний

Имитация самоорганизации муравьиной колонии составляет основу муравьиных алгоритмов оптимизации. Колония муравьев может рассматриваться как многоагентная система, в которой каждый агент (муравей) функционирует автономно по очень простым правилам.

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 системой только локальной информации, при этом исключается любое централизованное управление и обращение к внешнему образу системы [3].

Генетический алгоритм

Генетические алгоритмы используют аналогию между естественным отбором и процессом выбора наилучшего решения из множества возможных. Его суть состоит в том, что более приспособленные особи имеют больше возможностей для выживания и размножения [2].

В каждой клетке животного содержится вся информация этой особи. Эта информация записана в виде набора очень длинных молекул ДНК. Каждая молекула ДНК – это цепочка, состоящая из молекул нуклеотидов четырех типов, обозначаемых А, Т, С и G. Собственно, информацию несет порядок следования нуклеотидов в ДНК. В животной клетке каждая молекула ДНК окружена оболочкой – такое образование называется хромосомой. Каждое врожденное качество особи кодируется определенной частью хромосомы, которая называется геном этого свойства. При размножении животных происходит слияние двух родительских половых клеток и их ДНК взаимодействуют, образуя ДНК потомка. Основным способом взаимодействия – кроссовер (скрещивание). При наследовании возможны мутации из-за радиоактивности или других влияний, в результате чего могут изменяться некоторые гены в половых клетках одного из родителей. Измененные гены передаются потомку и придают ему новые свойства. Выбор пар родителей из популяции для порождения потомков производит оператор отбора, а выбор особей для уничтожения – оператор редукции.

Генетический алгоритм – это простая модель эволюции в природе, реализованная в виде компьютерной программы. В нем используются как ана-

лог механизма генетического наследия, так и аналог естественного отбора. При этом сохраняется биологическая терминология в упрощенном виде.

В процессе работы генетического алгоритма все указанные выше операторы применяются многократно и ведут к изменению исходной популяции. Поскольку операторы отбора, скрещивания, мутации и редукции по своей сути направлены на улучшение отдельной особи, то результатом их работы является постоянное улучшение популяции.

Преимуществом генетических алгоритмов перед другими является простота их реализации, относительно высокая скорость работы, параллельный поиск решения.

Блочное программирование

Математическое программирование – это прикладная отрасль математики, которая является теоретической основой решения задач оптимального планирования. К этому классу относят алгоритмические методы. Наиболее часто используются линейные и нелинейные преобразования. Значительная вычислительная сложность алгоритмических методов зачастую препятствует их эффективному применению в практических задачах. Блочное программирование – метод решения сложных задач линейного программирования путем разложения модели на блоки. Крупноразмерная модель (включающая много показателей в исходной таблице) сводится к нескольким моделям меньшей размерности. Получившиеся задачи решаются вместе по специальным правилам согласования. Необходимость такого подхода обосновывается тем, что с ростом размерности трудоемкость решения задач растет невероятно быстро [4].

Среди теоретических схем блочного программирования наиболее известны две: метод декомпозиции Данцига-Вульфа и метод планирования на двух уровнях Корнай-Липтака. Обе они представляют собой последовательные (итеративные) пересчеты, взаимно увязывающие решения главной, “отраслевой” задачи и локальных задач предприятий. Различие же между ними состоит в том, что схема Данцига-Вульфа построена по принципу “централизованное определение цен – децентрализованное определение наилучших возможностей”, а схема Корнай-Липтака – по принципу “централизованное имитирование возможностей – децентрализованное выявление эффекта от их использования”. В обоих случаях важную роль играют двойственные оценки, причем их оптимальный уровень выявляется вместе с оптимальным распределением ресурсов, т.е. собственно планом (именно в этом состоит принцип оптимального планирования).

Характерной особенностью этого метода является использование так называемой «координирующей задачи», которая по сравнению с исходной имеет небольшое число строк (не намного превышающее число связывающих ограничений) и очень много столбцов. При этом для решения координирующей задачи не требуется задание всех столбцов в явном виде. Они генерируются в процессе использования симплекс-метода. Поэтому такой подход называется методом генерации столбцов. Алгоритм включает итерационный обмен между множеством независимых подзадач, целевые функции которых включают варьируемые параметры, и координирующей задачей. В подзадачу вводится ряд параметров (двойственные переменные, оценки), получаемых при решении координирующей задачи. В свою очередь в координирующую задачу вводятся решения подзадач, которые оптимальным образом комбинируются и служат для получения новых оценок. Последние вновь вводятся в подзадачу, и итеративный процесс продолжается вплоть до этапа, на котором удовлетворяется критерий оптимальности. Такая процедура имеет изящную экономическую интерпретацию: ее, например, можно понимать как процедуру децентрализованного планирования, когда основной планирующий (управляющий) орган системы координирует функционирование отдельных подсистем с помощью цен на ограниченные ресурсы.

Выводы

В результате данного исследования можно сделать вывод, что наиболее распространенным методом остается блочное программирование, поскольку позволяет находить наилучшие решения за короткое число итераций. Генетический алгоритм реже используется, так как он имеет значительный недостаток в процессе кодировки, хотя является самым быстрым. Муравьиный алгоритм – самый молодой, однако при всей своей сложности он продуктивен.

Исследованы проблемы организационного управления на предприятиях, разработана модель объекта управления и процессов управления, выявлены наиболее значимые, с точки зрения повышения эффективности, процессы принятия решений в системах управления раскроем. Исследованы методики поддержки принятия решений в процессах управления поступлением, хранением ресурсов, основанных на предложенной модели затрат. Разработана методика принятия решений в целях оптимизации системы управлением 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 разработки методического обеспечения процесса принятия решения по оптимизации объемов запасов.

Практическим значением исследования являются: обоснования 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 материально-техническими ресурсами, определение факторов стратегии управления запасами, постоянная партия объема пополнения заказа, уровень восполнения запаса.

Литература: 1. Гвоздинский А.Н. Методы аналитической обработки информации [Текст] / А.Н. Гвоздинский, Е.Г. Климов // Радиоэлектроника и информатика. 2000. №4. С.111-112. 2. Гвоздинский А.Н. Принципы и методы оптимизации в современных организационных системах управления // Научно-технический журнал [Текст] / А.Н. Гвоздинский, А.Е. Козлова, А.О. Дроздов // Х: Бионика интеллекта, 2013. №2 (81). С.66-70. 3. Гвоздинский А.Н. Методы оптимизации в системах принятия решений [Текст] / А.Н. Гвоздинский, Н.А. Якимова, В.О. Губин // Х: ХНУРЭ, 2006. 327 с. 4. Гвоздинский А.Н. Методы оптимизации в системах организационного управления [Текст] / А.Н. Гвоздинский, В.Л. Шергин, В.О. Губин // Х: ХНУРЭ, 2014. 395 с. 5. JASA: Глава 2,6. Двойственный метод <http://jasa.org.ua/> 6. Лэддон Л.С. Оптимизация больших систем. М: Наука, 1975. С.65-83. 7. Гвоздинский А.Н., Корниенко Ю.Н. Исследование интеллектуальных систем принятия решений в производственном планировании // АСУ и приборы автоматизации. 2009. Вып. 147. С. 81-84.

Transliterated bibliography:

1. Gvozinskiy A.N. Metodyi analiticheskoy obrabotki informatsii [Tekst] / A.N. Gvozinskiy, E.G. Klimko // Radioelektronika i informatika. 2000. #4. S.111-112.
 2. Gvozinskiy A.N. Printsipy i metodyi optimizatsii v sovremennyih organizatsionnyih sistemah upravleniya: Nauchno-tehnicheskij zhurnal [Tekst] / A.N. Gvozinskiy, A.E. Kozlova, A.O. Drozdov // H: Bionika intellekta, 2013. #2 (81). S.66-70.
 3. Gvozinskiy A.N. Metodyi optimizatsii v sistemah prinyatiya resheniy [Tekst] / A.N. Gvozinskiy, N.A. Yakimova, V.O. Gubin // H: HNURE, 2006. 327 s.
 4. Gvozinskiy A.N. Metody optimizatsii v sistemah organizatsionnogo upravleniya [Tekst] / A.N. Gvozinskiy, V.L. Shergin, V.O. Gubin // H: HNURE, 2014. 395 s.
 5. JASA: Glava 2, 6. Dvoystvennyiy metod <http://jasa.org.ua/>
 6. Lesdon L.S. Optimizatsiya bolshih sistem. M: Nauka, 1975. S.65-83.
 7. Gvozinskiy A.N., Kornienko Ju.N. Issledovanie intellektual'nyh sistem prinjatija reshenij v proizvodstvennom planirovanii // ASU i pribory avtomatiki. 2009. Vyp. 147. S. 81-84.

Поступила в редколлегию 17.08.2017

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 решения в сложных системах управления. Адрес: Украина, 61166, Харьков, ул. Академика Ляпунова, 7, кв.9, тел.702-38-23.

Серик Екатерина Эдуардовна, студентка группы КН-13-б кафедры искусственного интеллекта ХНУРЭ. Научные интересы: методы принятия решения в системах искусственного интеллекта. Адрес: Украина, 61000, Харьков, пер. Афанасьевский, дом 36, тел. 066-340-08-76.

Anatoly Gvozdinsky, PhD, Professor, Artificial Intelligence Department KNURE. Scientific interests: optimization of decision-making procedures in complex control systems. Address: Ukraine, 61166, Kharkov, ul. Academician Lyapunov, 7, ap. 9, tel.702-38-23.

Serik Ekaterina Eduardovna, student of group KH-13-6, Artificial Intelligence Department of KNURE. Scientific interests: methods of decision making in artificial intelligence systems. Address: Ukraine, Kharkiv, per. Afanasyevsky, house 36, tel. 066-340-08-76.