

УДК 519.7



А. Н. Гвоздинский, А. В. Поддубный

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, alexp93@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В работе показана принципиальная возможность использования логико-алгебраических моделей при создании баз знаний в системах искусственного интеллекта, раскрыты подходы к формированию исходного множества альтернатив, а также создание проблемно-ориентированных алгоритмических и программных средств, обеспечивающих эффективное использование компьютерной техники в различных областях человеческой деятельности.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА, УПРАВЛЕНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, КРИТЕРИЙ, МАКСИМИЗАЦИЯ, МИНИМИЗАЦИЯ, ПРИБЫЛЬ

Введение

В современном мире имеется достаточно высокий спрос на технологии, позволяющие решить проблему выбора и принятия решения, их интенсивное внедрение во все сферы в качестве метода автоматизации интеллектуальной деятельности человека. Исследования задач планирования, управления и разработки указывают на то, что в реальной постановке подобные задачи являются многокритериальными. Даже задача достижения максимального эффекта при минимальных затратах предполагает наличие минимум двух критериев. Оценка деятельности реальных предприятий как системы выбора и принятия решений основывается на десятках, сотнях и более таких критериев (прибыль, рентабельность, производительность труда, план производства, качества продукции, экология и т.д.).

1. Исследование предметной области

В связи с увеличивающимся объемом баз знаний современных экспертных систем особо остро стоит проблема оптимизации процессов поиска решений в интеллектуальных системах обработки экспертной информации или экспертных системах. Ключевая идея поиска оптимальных решений состоит в уменьшении количества гипотез, доказанных безрезультатно, и как следствие — увеличение скорости процесса поиска. Существующие методы поиска оптимальных решений имеют ряд ограничений и недостатков, связанных с предварительным накоплением информации, необходимой для их поддержки и, соответственно, требуют больших временных затрат для их реализации. Проектируемые, создаваемые и эксплуатируемые сегодня системы, относящиеся к различным сферам человеческой деятельности, характеризуются возрастающей сложностью. Происходит осознание ограниченности и повышение ценности всех видов ресурсов, рост мощности функциональных элементов.

Поэтому разработка новых методов поиска оптимальных решений в экспертных системах,

основанных на новых принципах, сегодня становится очень актуальной [1].

Современные предприятия, организации и предприятия бытового обслуживания, научно-технические комплексы, научно-исследовательские центры представляют собой сложные «человеко-машинные» системы, эффективность функционирования которых существенно зависит от качества управления ими, от правильности выбора в условиях неопределенности из множеств альтернативных решений оптимального. Задачи организационного управления являются слабоструктурированными и характеризуются трудностью формализации управляемых процессов, значительным динамизмом возникающих ситуаций, неопределенностью исходной информации и многокритериальностью принимаемых решений.

Проблема принятия решений — синтез задач, её теория базируется на таких научных направлениях как математическое моделирование, исследование операций, теория игр, системный анализ, теория принятия решений, математическое программирование, многофакторное оценивание.

Критерии задач неоднородны, так как часть критериев оптимизации стремится к минимальному значению, а часть — к максимальному. Взаимодействие начинается лишь при условии, что оно выгодно финальному звену: компании, производителю.

Поиски оптимальных решений привели к созданию математических методов и ещё в 18 столетии были заложены основы оптимизационного исчисления (численные методы, вариационное исчисление и т.д.). Однако до второй половины 20 века методы оптимизации во многих областях науки применялись очень редко, так как это требовало огромной вычислительной работы, которую без ЭВМ реализовать было крайне трудно, а порой и невозможно. Методы решения задач математического программирования с одним критерием интенсивно разрабатывались последние 50 лет. Однако изучение таких методов являет собой самый простой и ранний этап в развитии математического программирования.

Серьёзная и дорогостоящая задача характеризуется больше, чем одним критерием, а люди, принимающие решения, остро ощущают необходимость оценивать альтернативные решения с точки зрения нескольких десятков критериев.

Существует значительное количество источников и форм проявления неопределенности, вызванных недостатком информации, ее достоверности в силу организационных, технологических причин; связанных с ограничением времени принятия решения заданной точности; порожденных действиями людей в процессе производства и принятия решения и т.д.

В зависимости от постановки, любая из задач оптимизации может решаться различными методами, и любой метод может применяться для решения многих задач. Методы оптимизации могут быть скалярными (проведение оптимизации по одному критерию), векторными (по нескольким критериям), поисковыми (методы случайного и регулярного поиска), теоретико-вероятностными и теоретико-игровыми, вычислительными (основаны на математическом программировании, которое в свою очередь может быть линейным, нелинейным, дискретным, динамическим, стохастическим и т.д.), аналитическими (методы дифференциального и вариационного исчисления).

2. Постановка задачи

Целью работы является исследование методов принятия решений в организационном управлении предприятием с использованием информационных технологических разработок, математических моделей и системного программного обеспечения, а также создание системы, способной определить оптимальный план действий решения оптимизационной задачи при условии, что имеют место ограничения технико-экономического характера. Если же возникнет опасность неполноты нужного количества ресурсов, необходимо решить проблему распределения так, чтобы максимально удовлетворить всех потребителей и при этом достигнуть наиболее существенного эффекта (минимальный убыток или максимальная прибыль).

Авторами статьи исследовались различные критерии методов оптимизации принятия решений, с целью получения наилучшего (оптимального) варианта действий технологического процесса предприятия. Критериями оценивания являются: получение максимальной экономической выгоды (максимизация прибыли) и наилучшего качества выпускаемой продукции, уменьшение влияния на окружающую среду (минимизация загрязнений).

В качестве объекта исследования выбрано гипотетическое типовое предприятие, деятельность которого может быть оценена с помощью нескольких критериев.

Проблема принятия решений базируется на таких научных направлениях как системный анализ, многофакторное оценивание, исследование операций.

В реальной постановке эта проблема может быть сформулирована как многокритериальная оптимизационная задача, что является её главным свойством [2].

Основной этап в постановке и решении задачи оптимального производства – построение допустимого множества. Неформальный анализ этого множества является неотъемлемой частью решения поставленной задачи.

Обычным является то, что человек ставит задачу, а для её решения используется ЭВМ. В этом случае такая система не функционирует, так как очень редко до принятия решения возможно поставить задачу производства.

Более того, в ряде случаев заказчик не может правильно формализовать главные критерии производства. Но постановка и решение – единый неразрывный процесс, и именно поэтому определить допустимое множество возможно лишь в процессе решения задачи. Анализ допустимого и парето-оптимального множества решений и выбор наиболее оптимального варианта, в основном, не является сложным для специалистов [4].

Главная цель каждого предприятия в условиях рыночной экономики – максимизация прибыли и минимизация затрат. Эффективность предприятия зависит от формирования себестоимости. Именно эта информация лежит в основе прогнозирования экономической ситуации и управления производством.

В результате поставленная задача сводится к следующему:

1. Исследование критериев оптимизации в многокритериальных системах организационного управления производством.
2. Построение математических моделей управления деятельностью предприятия в условиях многокритериальности.
3. Выработка рекомендаций для выбора методов решения исследуемых моделей.
4. Анализ полученного результата в виде множества решений и выбор оптимального.

3. Построение математической модели

Математическая модель – это сложная система: с распределенными и сосредоточенными параметрами, линейными и нелинейными, стохастическими и детерминированными. Параметры модели зачастую непрерывные. Область поиска может быть несвязной, необходимая информация отсутствовать, функции цели недифференцированными, а размерность векторов критериев и параметров может достигать огромной величины.

Основное преимущество метода в том, что во время производства, в ходе анализа пространства параметров поступает важная информация о качестве математической модели. Её корректируют или, если это необходимо, строят новую. Так, метод выступает как индикатор достоверности модели с точки зрения позиций исследуемых показателей. Это основное преимущество метода и он не менее важен, чем сам результат оптимизации, поскольку мы получаем ответы на ключевые вопросы: содержательна ли и насколько модель по тем или иным критериям, какова значимость полученных результатов и т.д. Таким образом, осуществляется формирование модели и допустимого множества.

Главная цель деятельности любого предприятия в условиях жесткой рыночной конкуренции – максимизация прибыли или минимизация убытка. Эффективность работы предприятия зависит от информации о себестоимости. Затраты на производство продукции – база для установления цены. Эта информация лежит в основе прогнозирования и управления производством [4].

Исходя из этого формулировка задачи и модель максимизации прибыли может быть представлена в следующем виде: максимизировать или минимизировать $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ при таких ограничениях:

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_1; \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_2; \\ &\dots\dots\dots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_m; \end{aligned} \quad (1)$$

где: $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – критерий эффективности или целевая функция – прибыль от производства, стоимость перевозок, смета за аренду помещений и т.п.; $g_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функции, задающие ограничения на ресурсы.

Если рассматривать эту задачу как задачу линейного программирования с применением формально-математического подхода, получим задачу поиска неизвестных величин, удовлетворяющих:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$x_j \in Q = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (3)$$

где Q – множество ассортимента продукции, которое выпускаемого предприятием.

При условии выполнения системы неравенств:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &< b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &< b_2, \\ &\dots\dots\dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &< b_m; \\ x_j &\geq 0; \forall j = 1, n; \end{aligned} \quad (4)$$

Уравнение (2) описывает функцию цели: максимизация прибыли при технико-экономических

ограничениях неравенства (4). Или в векторно-матричной интерпретации:

$$\begin{aligned} \max cx, \\ Ax < b. \end{aligned} \quad (5)$$

Теперь рассмотрим другие критерии, характеризующие качество деятельности предприятия.

Рассматриваемая задача относится к задачам квадратичного программирования. Оно позволяет проводить оптимизационные исследования в задачах, где целевая функция составлена из линейных и квадратичных слагаемых, а ограничениями выступают линейные функции. Модель задачи сводится к поиску максимального значения функции показателя качества продукта:

$$F_2(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j + \sum_{r=1}^n \sum_{j=1}^n d_{kj} x_{kj} x_j \quad (6)$$

при линейных ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b, x_j \geq 0. \quad (7)$$

Одним из важных критериев является критерий уровня загрязнения окружающей среды. При функционировании производственного предприятия обязательно возникает геотехническая система (ГТС), включающая в себя влияние объекта на окружающую среду и изменения её состояния и экологию в целом [3]. Возникает задача на минимизацию загрязнений – функция (8) при ограничениях (9). Параметры функции c_j не известны и зависят от характеристик оборудования, объёмов предприятия и материальных ресурсов на производство.

$$F_3(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min, \quad (8)$$

$$AX \leq B, X \geq 0. \quad (9)$$

Общая задача заключается в нахождении оптимального компромиссного плана. Определяется выпуклая линейная комбинация – вектор $X^{(0)}$ – оптимальная программа относительно определенных критериев, которая обеспечивает компромисс между величиной прибыли, качеством выпускаемого продукта, уровнем загрязнения. Необходимо также учитывать установленные ранее ограничения.

Один из возможных методов решения заключается в том, что вначале находятся три оптимальных вектора производства $X^{(i)}$, которые соответствуют одному из локальных критериев. Далее определяется вектор $X^{(0)}$ [5]:

$$X^{(0)} = v_1 x_1^{(1)} + v_2 x_2^{(2)} + v_3 x_3^{(3)} \quad (10)$$

Для нахождения коэффициентов v_1, v_2, v_3 используется игровая модель и матричный метод решения:

$$g_{kl} = \left| \frac{F_1(X^{(l)}) - F_1(X^{(k)})}{F_1(X^{(1)})} \right|, (k, l). \quad (11)$$

Для программной реализации математической модели может быть использовано программное обеспечение, позволяющее проводить оценивание по каждому из описанных критериев. Логика программы основана на симплекс-методе [3]. Его идея заключается в последовательном продвижении по базисам опорных планов вплоть до получения оптимального решения или доказательства неразрешимости задачи. Значение целевой функции при этом увеличивается, а система ограничений приводится к каноническому виду. По найденной целевой функции и системе ограничений строится симплекс-таблица. Данные на выход подаются нормализованными и представленными в каноническом виде, то есть предварительно обработанными. Во время исследования учитывался факт того, что критерии оценки в реальном технологическом процессе разделяются на сложные математические модели.

Специфика предприятия позволяет выбрать тип поставленной задачи — на максимизацию или минимизацию, задать количество переменных, уравнений, изменять коэффициенты, пошагово искать оптимальное решение для заданного критерия.

Следует отметить, что использованный в работе симплекс-метод решения оптимизационных задач многокритериального типа не является единственным. В настоящее время для решения задач принятия решений при оценке деятельности предприятия могут быть использованы эволюционные методы оптимизации [5].

Выводы

В статье были исследованы методы оптимизации в задачах принятия решений по различным критериям в системах организационного управления деятельностью предприятия. Также была предложена типовая математическая модель исследуемой задачи. В качестве методов решения на предложенной модели использован наиболее применяемый математический метод в виде задач линейного программирования. Линейное программирование применимо для построения математических моделей процессов, которые происходят в реальном мире: задачи планирования и управления, экономические задачи, задачи оптимального размещения оборудования и т.д. Метод линейного программирования симплекс-таблиц идеально подошел для решения поставленной задачи.

В результате исследования была построена математическая модель производства с технико-экономическими и экологическими ограничениями, выбран метод решения модели и разработано программное приложение.

В данной работе проведена оценка классических и современных методологий решения многокритериальных задач, выявление их достоинств и недостатков, разработка математической модели, методов и алгоритмов, позволяющих найти решение указанной выше модели, создание программного продукта, спроектированного как система, способная решать оптимизационные задачи, которые разрешимы разработанными методами и алгоритмами.

Принцип решения полученной модели наиболее соответствует традиционным методам теории оптимизации. Метод решения разработанной математической модели основан на использовании методов теории игр. Метод легко реализуется программно и позволяет найти оптимальное решение — один из вариантов решения проблемы, имеющих наилучшую оценку.

Список литературы: 1. *Гвоздинський А.М.* Методи оптимізації в системах прийняття рішень: навч. посібник / А.М. Гвоздинський, Н.А. Якімова, В.О. Губін — Харків: ХНУРЕ, 2006. — 325 с. 2. *Бондаренко М.Ф.* Оптимізаційні задачі в системах прийняття рішень: підручник / М.Ф. Бондаренко, А.М. Гвоздинський — Харків: ХТУРЕ, 1998. — 219 с. 3. *Уланов Г.М.* Методи разработки интегрированных АСУ промышленными предприятиями / Г.М. Уланов. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 314 с. 4. *Хоменюк В.В.* Элементы теории многокритериальной оптимизации / В.В. Хоменюк. — М.: Наука, 1983. — 425 с. 5. *Гвоздинский А.Н.* Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / А.Н. Гвоздинский — Харьков: АСУ и приборы автомат. — 2011. — №154. — С. 97-102.

Поступила в редколлегию 30.08.2013

УДК 519.7

Дослідження методів оптимізації в задачах прийняття рішень в багатокритеріальних системах / А.М. Гвоздинський, О.В. Піддубний // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2013. — № 2 (81). — С. 71-74.

У статті представлено принципіальну можливість використання логіко-алгебраїчних моделей та методів оптимізації в багатокритеріальних системах. Розроблено математичну модель виробництва з техніко-економічними та екологічними обмеженнями.

Бібліогр.: 5 найм.

UDK 519.7

Research methods for optimization in decision-making problems in the multi-criteria systems / A.M. Gvozdinskiy, O.V. Piddubnyy // Bionics of Intelligense: Sci. Mag. — 2013. — № 2 (81). — P. 71-74.

This work shows the possibility of using logic-algebraic models to create knowledge bases in artificial intelligence systems, approaches are disclosed to the formation of the original set of alternatives, as well as the creation of problem-oriented algorithmic and software, ensuring efficient use of computer technology in various fields of human activity. The mathematical model of the technical-economic and environmental constraints was developed.

Ref. 5 items.