
УДК519.7

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МЕТОДОВ
ВЫБОРА РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ**

ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., ЛИТВИНОВСКИЙ А.Ю.

Исследуются методы решения задач в производственном планировании современного промышленного предприятия. Предлагаются оптимизационные методы решения задач производственного планирования, позволяющие оптимально распределять ресурсы и выявлять «узкие места» предприятия.

Введение

В современном мире человек, стараясь сделать все наилучшим образом, в основу любой целенаправленной деятельности закладывает процессы при-

нятии решений. Теория принятия решений – быстро развивающаяся наука. Задачи, которыми она занимается, порождены практикой управленческих решений на различных уровнях – от отдельного подразделения или малого предприятия до государств и международных организаций. В научных областях она позволяет выделить наиболее важные проблемы, способы их изучения и эффективного устранения. Процессы принятия решений являются важным этапом при проектировании новой техники, разработке технологии ее создания и последующей эксплуатации. В экономике – обеспечивают оптимальное функционирование и взаимодействие производственных и хозяйственных организаций. В статье рассмотрим применение данных процессов. Ведь задача планирования организационной деятельности предприятия приобретает все более широкие масштабы. Эффективная работа организации без методов принятия решений теперь так же невозможна, как и без внедрения новейших технологий.

1. Анализ проблемы

На сегодняшний день практически не существует предприятий-монополистов. В условиях жесткой конкуренции промышленные предприятия сталкиваются с проблемой эффективного размещения производственных ресурсов в целях получения наибольшей прибыли, расходуя при этом минимум затрат. Именно поэтому так высока роль построения такой стратегии управления ресурсами, которая была бы направлена на формирование оптимальной и эффективной производственной программы предприятия в условиях динамично меняющейся экономической среды и большой конкуренции.

Состояние проблемы. Ввиду ограниченности производственных ресурсов и времени, в управлении современным предприятием большое значение имеет рациональное их использование, которое определяет комплекс задач производственного планирования. К данному комплексу относятся такие важные задачи, как решение вопросов себестоимости, уровня загруженности оборудования, фонда заработной платы, производственных площадей, ассортимента и объема выпускаемой продукции. Для решения этих задач разработано множество методов планирования организационной деятельности предприятия. Однако необходимо не просто составить оптимальную производственную программу (план выпуска продукции) на планируемый период так, чтобы полностью удовлетворить спрос потребителей. Также требуется правильно проанализировать полученное решение, выявив «узкие места» на производстве, и дать рекомендации по их разрешению. Ведь нередко бывает так, что после анализа выявляется либо существование дефицита определенного вида продукции, либо тот факт, что выпуск продукта данного типа экономически нецелесообразен.

Актуальность исследований. Совершенствование производственного планирования является первоочередной актуальной задачей в системе управления современным предприятием.

Возрастающая конкуренция и глобализация современной экономики выдвигает требования к исследованию и применению в организационном управлении современных информационных технологий и компьютерных средств, т.е. осуществляется стремительный прогресс интеллектуальных методов принятия решений.

Цель исследования. Целью исследования является рассмотрение существующих методов решения задач принятия решений в управлении производственным планированием, на основе которого можно создать оптимальную производственную программу работы предприятия.

Необходимо изучить деятельность производственного предприятия, определить эффективные методы планирования для его производственной деятельности.

Задачи исследования. Основными задачами данного исследования являются:

– экспериментальное моделирование оптимизации производственного процесса на предприятии. Процесс оптимизации должен включать: определение критериев оценки эффективности производственного процесса, формулировку задач оптимизации на основе данных критериев, исследование, выбор и применение методов для решения соответствующих задач;

– анализ полученного решения, с выявлением «узких мест» на производстве и дача рекомендаций по их разрешению;

– разработка программного продукта, позволяющего программно реализовать поставленные задачи.

Объект исследования. В качестве объекта исследования данной работы выбран конкретный пример производственного процесса некоторого предприятия при заданных ограничениях таких производственных ресурсов, как фонд производственного времени, затраты материалов на производство продукции, комплектующие изделия, затраты труда, фонд заработной платы, объем выпуска и себестоимость продукции.

2. Формальная постановка задачи

Для решения поставленной задачи следует составить математическую модель производственного процесса предприятия. Это значит сформировать систему ограничений, основанную на имеющихся производственных ресурсах, и сформировать функции цели, нахождение оптимальных значений которых приведет к получению оптимальной программы производства. При составлении функции цели должны быть учтены все показатели эффективности работы предприятия. Для выявления «узких мест» на предприятии следует составить двойственную задачу для каждой функции цели. После того, как математическая модель будет сформирована, для получения окончательных результатов нужно применить методы линейного программирования, в частности симплекс-метод.

Рассмотрим на конкретном практическом примере построение математической модели некоторого предприятия [1].

Значения ограничений ресурсов рассматриваемого предприятия приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1
Плановые задания

Лимитированные ресурсы и показатели	Номенклатуры изделий				
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Ограничение по ассортименту	≥ 10000	≤ 30000	≥ 15000	≥ 20000	≥ 30000

Обозначим количество каждой *i*-й продукции, которую выпускает данное предприятие, как X_i ; фонд

производственного времени – T_i ; материалы – M_i ; комплектующие изделия – k_i ; трудозатраты – L_i ; фонд заработной платы – S_i ; выпуск продукции в стоимостном выражении – P_i ; себестоимость – C_i ; ограничение по ассортименту – A_i ; объем ресурсов – R_j .

Таблица 2

Нормы затрат ресурсов

Лимитированные ресурсы и показатели	Номенклатура изделий					Объем ресурсов $\times 10^5$
	B1	B2	B3	B4	B5	
Фонд производственного времени, станко-часов	2	2	1	1	3	9
Материалы, кг	1	2	3	4	2	8
Комплектующие изделия, шт	3	1	3	4	2	6
Трудозатраты, часов	3	4	1	2	2	5
Фонд заработной платы, грн	3	2	3	4	1	9,5
Выпуск продукции в стоимостном выражении	10	12	8	16	11	25
Себестоимость, грн	3	4	4	2	1	

Количество каждой i -й продукции, которую выпускает данное предприятие – X_i . Введем ограничение по фонду производственного времени в общем виде, которое представлено формулой.

$$F_1(x) = \sum_{i=1}^5 T_i * X_i \leq R_1, i = \overline{1,5}. \quad (1)$$

Подставив значения из табл. 1, мы получим первое уравнение системы ограничений:

$$F_1(x) = 2x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 3x_5 \leq 9 * 10^5. \quad (2)$$

Ограничение по объему используемых материалов в общем виде представлено формулой.

$$F_2(x) = \sum_{i=1}^5 M_i * X_i \leq R_2, i = \overline{1,5}. \quad (3)$$

В численном виде второе уравнение системы ограничений имеет вид:

$$F_2(x) = x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 2x_5 \leq 8 * 10^5. \quad (4)$$

Ограничение по количеству комплектующих изделий в общем виде представлено формулой.

$$F_3(x) = \sum_{i=1}^5 k_i * X_i \leq R_3, i = \overline{1,5}. \quad (5)$$

Таким образом, в численном виде третье уравнение системы ограничений будет иметь вид:

$$F_3(x) = 3x_1 + x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 4x_5 \leq 6 * 10^5. \quad (6)$$

Ограничение по затратам труда в общем виде представлено формулой

$$F_4(x) = \sum_{i=1}^5 L_i * X_i \leq R_4, i = \overline{1,5}. \quad (7)$$

Четвертое уравнение системы ограничений в численном виде будет иметь вид:

$$F_4(x) = 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_5 \leq 5 * 10^5. \quad (8)$$

Ограничение по фонду заработной платы труда в общем виде представлено формулой

$$F_5(x) = \sum_{i=1}^5 S_i * X_i \leq R_5, i = \overline{1,5}. \quad (9)$$

Пятое уравнение системы ограничений в численном виде имеет вид:

$$F_5(x) = 3x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + x_5 \leq 9,5 * 10^5. \quad (10)$$

Ограничение по выпуску продукции в стоимостном выражении в общем виде представлено формулой

$$F_6(x) = \sum_{i=1}^5 P_i * X_i \leq R_6, i = \overline{1,5}. \quad (11)$$

И наконец, шестое уравнение системы ограничений в численном виде имеет вид:

$$F_6(x) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \leq 25 * 10^5. \quad (12)$$

Данные об ассортименте дают следующие ограничения [1]:

$$x_1 \geq 10000, \quad (13)$$

$$x_2 \leq 30000, \quad (14)$$

$$x_3 \geq 15000, \quad (15)$$

$$x_4 \geq 20000, \quad (16)$$

$$x_5 \geq 30000. \quad (17)$$

Таким образом, в численном виде система ограничений для рассматриваемой задачи имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} 2x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 3x_5 &\leq 9 * 10^5 \\ x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + 2x_5 &\leq 8 * 10^5 \\ 3x_1 + x_2 + 3x_3 + 2x_4 + 4x_5 &\leq 6 * 10^5 \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 + 2x_5 &\leq 5 * 10^5 \\ 3x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 + x_5 &\leq 9,5 * 10^5 \\ 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 &\leq 25 * 10^5 \\ x_1 &\geq 10000 \\ x_2 &\leq 30000 \\ x_3 &\geq 15000 \\ x_4 &\geq 20000 \\ x_5 &\geq 30000 \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

При этом необходимо учитывать условие $X_i \geq 0, i = \overline{1,5}$.

Теперь составим функции цели, которые позволят определить наиболее оптимальное использование ресурсов и оптимизировать работу предприятия.

Целью работы каждого предприятия является получение максимально возможной прибыли. Этого можно добиться рядом способов, например, максимизируя объем выпуска продукции, минимизируя себестоимость или производственное время.

Исходя из сказанного выше, запишем функции цели для данной задачи.

В качестве первой функции цели будет выступать максимизация прибыли предприятия. Запишем ее в общем виде:

$$F_1(x) = \sum_{i=1}^5 (P_i - C_i) * X_i \rightarrow \text{MAX}, i = \overline{1,5}. \quad (19)$$

Для конкретных значений рассматриваемого в [1] примера функция цели будет иметь вид:

$$F_1(x) = 7x_1 + 8x_2 + 4x_3 + 14x_4 + 10x_5 \rightarrow \text{MAX} \quad (20)$$

Вторая функция цели будет выражать максимизацию валового объема выпуска продукции в денежном выражении. Запишем ее в общем виде:

$$F_2(x) = \sum_{i=1}^5 P_i * X_i \rightarrow \text{MAX}, i = \overline{1,5}. \quad (21)$$

Для конкретных значений функция примет вид:

$$F_2(x) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \rightarrow \text{MAX} \quad (22)$$

Третьей функцией цели представим минимизацию себестоимости, которая имеет общий вид:

$$F_3(x) = \sum_{i=1}^5 C_i * X_i \rightarrow \text{MIN}, i = \overline{1,5}. \quad (23)$$

Запишем эту функцию с конкретными значениями:

$$F_3(x) = 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + x_5 \rightarrow \text{MIN}. \quad (24)$$

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

$$F_4(x) = \sum_{i=1}^5 T_i * X_i \rightarrow \text{MIN}, i = \overline{1,5}. \quad (25)$$

В численном виде эта функция имеет вид:

$$F_4(x) = 2x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 3x_5 \rightarrow \text{MIN}. \quad (26)$$

Совокупность системы ограничений и функций цели составляет математическую модель задачи оптимизации производственного процесса данного предприятия. Чтобы решить поставленную задачу, необходимо найти оптимальное решение для каждой функции цели. Следует отметить, что общая модель данной задачи является многокритериальной.

3. Исследование методов решения

Поскольку поставленная задача относится к классу экстремальных задач, для ее решения целесообразным будет применение методов математического программирования, а также современных эволюционных методов оптимизации [2].

Математическое программирование (оптимальное программирование) – область прикладной математи-

ки, объединяющая различные математические методы и дисциплины. Это математическая дисциплина, изучающая теорию и методы решения задач о нахождении экстремумов функций на множестве конечномерного векторного пространства, определяемых линейными и нелинейными ограничениями (равенствами и неравенствами).

Общая задача математического программирования состоит в нахождении оптимального (максимального и минимального) значения целевой функции, причем значения переменных должны принадлежать некоторой области допустимых значений.

Методы исследования зависят непосредственно от рода деятельности того или иного предприятия. В зависимости от этого мы стараемся добиться разных целей: найти оптимальный состав смеси, вычислить наиболее выгодный путь доставки продукции, распределить самолеты на посадочных полосах. В зависимости от задач предприятия применяются различные типы решаемых задач: о назначении, о смесях, о распределении ресурсов. Однако все они сводятся к одному разделу: задачам логического программирования.

Существуют следующие виды математического программирования: линейное; нелинейное; дискретное; динамическое; выпуклое.

Что касается эволюционных методов оптимизации, пригодных для решения исследуемого примера, то наиболее применимым для данной задачи является генетический алгоритм, изложенный в [3].

Наиболее известным и широко применяемым на практике для решения общей задачи линейного программирования является симплекс-метод. Симплекс-метод, известный также под названием метода последовательного улучшения плана, позволяет переходить от одного допустимого базисного решения к другому, причем так, что значения целевой функции непрерывно возрастают. В результате оптимальное решение находят за конечное число шагов (исключая вырожденные задачи, в которых наблюдается явление «зацикливания»). Для выбранного объекта исследования симплекс-метод позволяет дать оценку полученному решению, на базе которого можно оценить производственный план предприятия, выявив «узкие места» на производстве и дав рекомендации по их разрешению [4].

Для задач математического программирования существует понятие двойственности. Содержание двойственности состоит в сопоставлении исходной задачи другой задаче, формируемой по определенным правилам и называемой двойственной. Если задача математического программирования – результат моделирования конкретной экономической ситуации, то двойственность и та информация, которую двойственность порождает, позволяют провести глубокий анализ моделируемой ситуации.

Для решения задачи, исследуемой в данной работе, используем генетический алгоритм типа метода муравьиных колоний.

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. Метод муравьиных колоний хорошо адаптирован к вычислению моделей (1), (2) [2].

Для решения задач, представленных моделями (3), (4), используем генетические алгоритмы [5].

Поиск оптимального решения похож на эволюцию популяции индивидов, которые представлены наборами хромосом. В этой эволюции действуют три механизма, среди которых наиболее существенными являются: создание начальной популяции; скрещивание; мутации.

В результате смены поколений вырабатывается такое решение поставленной задачи, которое не подлежит дальнейшему улучшению. Общую схему генетического алгоритма (ГА) можно продемонстрировать на рассмотрении задачи минимизации производственного времени (25).

Общая схема ГА представляется таким образом:

1. Выбор начальной популяции $S_k(0) \{S_{k1}, S_{k2}, \dots, S_{kn}\}$, где n – длина цепочки. Считать $f^* = \max \{f(S_k) \mid S_k \in S_k(t)\}$, $t := 0$.

2. Пока не выполнен критерий остановки, делать следующее:

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

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

– модифицировать S_k (скрещивание);

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

– обновлять популяцию и считать $t := t + 1$.

3. Поиск оптимального компромиссного решения. После решения локальных задач оптимизации используют игровую «компромиссную» векторную функцию, устанавливающую «меру оценки», т.е. отклонение значений целевых функций от оптимальных значений остальных. Эта «мера» устанавливается по формуле [4]

$$A = \left\| a_{ij} \right\|_{mn} = \frac{F_j(x_j) - F_i(x_j)}{F_j(x_j)}, i, j = \overline{1, 3}, \quad (27)$$

A – матрица платежей матричной игры двух лиц X и F с нулевой суммой, которая определена множеством чистых стратегий $\{x_1, x_2, x_3\}$.

Выводы

В ходе данного исследования рассмотрены методы решения задач производственного планирования. На конкретном примере проанализировано решение задачи данного класса. Построена математическая модель задачи оптимизации производственного процесса современного предприятия. Исследованы методы решения оптимизационных задач с использованием различных алгоритмов решения.

Научной новизной результатов исследований, приведенных в статье, является метод решения полученной математической модели производственного процесса современного предприятия с учетом таких производственных ресурсов, как фонд производственного времени, затраты материалов на производство продукции, комплектующие изделия, затраты труда, фонд заработной платы, объем выпуска и себестоимость продукции. На основе обширного анализа методов решения задач производственного планирования предложены вычислительные алгоритмы. С помощью этих методов можно не только получить план эффективной производственной программы предприятия, но также дать оценку его работы.

Практическое значение. Исследование задач производственного планирования позволяет глубже рассмотреть проблемы оптимизации производственного процесса на современном предприятии. Нахождение оптимального плана производства позволяет повысить такие показатели его эффективности, как прибыль предприятия, валовой объем выпуска продукции, себестоимость, уровень загруженности оборудования. Полученные результаты исследования могут найти применение при решении реальных задач в будущем. Разработана программная реализация соответствующего метода может быть применена при планировании работы как малых частных фирм, так и крупных государственных предприятий. Благодаря этому будет достигнута наибольшая прибыль и затраты будут минимальными. Также будет обеспечена высокая конкурентоспособность предприятия, что очень важно в условиях современного рынка. Рассмотрен конкретный пример, показана сфера его использования.

Литература: 1. Безгинова О.Н. Исследование и разработка методов и решения задач производственного планирования / О.Н. Безгинова, А.Н. Гвоздинский, М.Д. Поважная // АСУ и приборы автоматизации. 2010. №150. С.63-67. 2. Гвоздинский А.Н. Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / А.Н. Гвоздинский, В.А. Малышкин, С.В. Ткачев // АСУ и приборы автоматизации. 2011. №154. С.97-102. 3. Гвоздинский А.Н. Принципы и методы оптимизации в современных организационных системах управления / А.Н. Гвоздинский, А.Е. Козлова, А.О. Дроздов // Бионика интеллекта. 2013. №2 (81). С.66-70. 4. Гвоздинский А.М. Методы оптимизации в системах принятия решений: навальный посібник / А.М. Гвоздинський, Н.А. Якімова, В.О. Губін // Харків: ХНУРЕ. 2006. С.325. 5. Гвоздинский А.Н. Методы аналитической обработки данных / Гвоздин-

ский А.Н., Клименко Е.Г. // Радиоэлектроника и информатика. 2000. №4. С.111-112.

Поступила в редколлегию 20.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Таянский С.С.

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. акад. Ляпунова, 7, кв. 9, тел. 702-38-23.

Литвиновский Антон Юрьевич, студент 4 курса факультета КИ ХНУРЭ. Научные интересы: процедуры принятия решений в производственных процессах. Адрес: Украина, 62341, Харьковская обл., Дергачевский р-н., пгт. Малая Даниловка, ул. Левченко, 59, тел. 098-525-80-32.