

УДК 338.984

МНОГОПРОДУКТОВЫЕ НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ С УЧЕТОМ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Скирюк Олег Святославович
аспирант

Пермский национальный исследовательский политехнический
университет, Пермь
skiryuk@inbox.ru

Аннотация. В статье предложены многопродуктовые комплексные модели формирования оптимальной производственной программы с учетом стратегий управления запасами в условиях неопределенности. Рассмотрены методы решения полученных задач.

Ключевые слова: оптимальная производственная программа; неопределенность; управление; промышленное предприятие.

MULTIGROCERY INDISTINCT MODELS OF FORMATION OF THE OPTIMUM PRODUCTION PROGRAM TAKING INTO ACCOUNT STOCKPILE MANAGEMENT STRATEGY

Skiryuk Oleg Svyatoslavovich
Post-graduate student

Perm national research polytechnical university, Perm

Abstract. In article multigrocery complex models of formation of the optimum production program taking into account stockpile management strategy in the conditions of uncertainty are offered. Methods of the solution of the received tasks are considered.

Key words: optimum production program; uncertainty; management; industrial enterprise.

Введение.

Современные экономические условия характеризуются тем, что промышленные предприятия должны самостоятельно планировать и организовывать свою деятельность в условиях неопределенности, высокой сложности, жесткой конкуренции и динамичности окружающей социально-экономической среды.

В таких условиях особое значение приобретает обеспечение устойчивого и динамичного развития промышленных предприятий, сохранение и повышение конкурентоспособности, обеспечение стабильности и ритмичности производства, как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе. Одним из условий устойчивого развития промышленных предприятий является комплексное управление производством и запасами, что возможно достичь при помощи моделей оптимальной производственной программы, формируемой с учетом неопределенности среды и стратегий управления запасами.

Тем самым, разработка комплексных моделей формирования оптимальной производственной программы с учетом полной неопределенности и стратегий управления запасами является актуальным направлением в целях повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий. Актуальность повышается в связи со сложностью применения существующих детерминированных и стохастических моделей в силу отсутствия накопленной статистики к моменту планирования. Использование комплексных моделей позволит принимать научно обоснованные оптимальные решения, оценивать различные сценарии производства, оперативно пересчитывать программу производства, что ведет к повышению эффективности функционирования предприятия в целом и его устойчивости по отношению к внешним и внутренним факторам.

Степень разработанности проблемы.

В трудах отечественных и зарубежных ученых, экономистов направление планирования производства и управления запасами на основе экономико-математических методов и моделей развивалось достаточно интенсивно, начиная с первой половины XX века. Среди ученых, работавших над проблемами формирования оптимальной производственной програм-

мы и управления запасами на основе экономико-математических моделей, можно отметить Л.В. Канторовича, А.А. Первозванского, М.В. Лычагина, М.Г. Завельского, В.Н. Ярославцева, А.В. Пархоменко, Б.И. Герасимова, А.Н. Стерлигову, Ю.И. Рыжикова, Р.А. Файзрахманова, А.В. Архипова, Ф. Харриса (F. Harris), Р. Уилсона (R. Wilson), Д.Дж. Бауэрсокса (D.J. Bowersox), Дж. Хедли (J. Hedley), Я. Ли (Y. Lee). Среди зарубежных ученых, занимавшихся новым направлением планирования производства и управления запасами в условиях неопределенности можно отметить В. Миллера (W. Miller), Дж. Мула (J. Mula), Р. Ванга (R. Wang), Х. Фанга (H. Fang), С. Кетсарпонга (S. Ketsarapong), Дж. Каспржика (J. Kasprzyk) и др.

Изучение работ отечественных и зарубежных ученых позволяет сделать вывод, что разработанные модели, несомненно, имеют высокую теоретическую и практическую ценность. Выявлено, что при разработке моделей формирования оптимальной производственной программы не учитываются стратегии управления запасами, а это важно для снижения затрат и увеличения прибыли, повышения эффективности и ритмичности производства. В зарубежных работах начинает развиваться новое направление разработки моделей формирования оптимальной производственной программы в условиях неопределенности на основе экспертных методов и теории нечетких множеств. Однако в работах отечественных ученых этому направлению уделено недостаточно внимания, что требует дальнейших исследований.

Постановка задачи.

Ситуация неопределенности характеризуется тем, что значения параметров, необходимых для принятия решения определены неточно или достаточно условно. В такой ситуации для параметров можно определить лишь интервалы их изменения.

В условиях неопределенности одним из эффективных методов является метод экспертного оценивания. Методы экспертных оценок – методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов, выраженных в количественной или качественной форме [2]. Полученные экспертами оценки могут быть представлены в

одной из 3-х форм: точечная, интервальная, вероятностная. Точечная оценка представляет собой конкретное значение с заданной долей уверенности того, что будет принято именно это значение. Интервальная оценка предусматривает установление границ, внутри которых будет находиться значение с заданной долей уверенности. Аналогично интервальной является вероятностная оценка, которая связана с определением вероятности попадания значения в одну из нескольких групп с установленными интервалами. В этом случае вероятность является субъективной.

Для описания экспертных оценок воспользуемся аппаратом нечетких множеств [2; 4; 6; 13]. Нечетким множеством A называется совокупность пар вида $(x, \mu_A(x))$, где $x \in X$, а μ_A – функция $X \rightarrow [0,1]$, называемая функцией принадлежности множества A . Значение функции μ_A для конкретного значения x называется степенью принадлежности этого элемента нечеткому множеству A [6].

В работе [10] были рассмотрены модели формирования оптимальной производственной программы в ситуации риска. В данной работе рассмотрим построение многопродуктовых нечетких моделей формирования оптимальной производственной программы с учетом стратегий управления запасами в ситуации полной неопределенности.

Постановка задачи.

Найти оптимальные объемы производства k наименований продукции x_{ki} , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, m}$, объемы сырья y_{kli} , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, r}$ вида l , запасы готовой продукции z_{ki}^{zom} , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, m}$ и сырья z_{kli}^c , $i = \overline{1, n}$, $k = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, r}$ вида l , максимизирующие валовую прибыль предприятия при следующих данных и предположениях:

- предприятие производит продукцию нескольких видов k , $k = \overline{1, m}$, для производства которой требуется r видов сырья l , $l = \overline{1, r}$;
- планирование осуществляется на заданном интервале, разделенном на n этапов, $i = \overline{1, n}$;

- известны экспертные оценки спроса и производственных мощностей. Экспертные оценки заданы следующими нечеткими множествами

$$D_{ki} = \{(d_{ki}, \mu_{D_{ki}}(d_{ki})) \mid d_{ki} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\},$$

$$M_{ki} = \{(m_{ki}, \mu_{M_{ki}}(m_{ki})) \mid m_{ki} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\}.$$
 Вопросы построения комплексной модели формирования оптимальной производственной программы при полной неопределенности спроса рассмотрены в работе;
- при управлении запасами сырья используется одна из двух стратегий (стратегия с фиксированным размером заказа, стратегия с фиксированным интервалом времени между заказами) Вопросы о выборе наиболее эффективной стратегии с точки зрения минимизации затрат исследованы в работах [3; 8];
- известны технологические коэффициенты λ_{kl} , $k = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, r}$, показывающие объем необходимого сырья вида l на единицу готовой продукции наименования k ;
- известны экспертные оценки оптовой цены продажи единицы продукции наименования k , цены закупки сырья вида l , цены транспортировки и отгрузки единицы сырья вида l . Экспертные оценки заданы следующими нечеткими множествами

$$P_{ki}^{npod} = \{(p_{ki}^{npod}, \mu_{P_{ki}^{npod}}(p_{ki}^{npod})) \mid p_{ki}^{npod} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\},$$

$$P_{kli}^{mp.} = \{(p_{kli}^{mp.}, \mu_{P_{kli}^{mp.}}(p_{kli}^{mp.})) \mid p_{kli}^{mp.} \in R, k = \overline{1, m}, l = \overline{1, r}, i = \overline{1, n}\},$$

$$P_{kli}^{zak.c.} = \{(p_{kli}^{zak.c.}, \mu_{P_{kli}^{zak.c.}}(p_{kli}^{zak.c.})) \mid p_{kli}^{zak.c.} \in R, k = \overline{1, m}, l = \overline{1, r}, i = \overline{1, n}\};$$
- известны экспертные оценки стоимости труда, затраченного рабочим коллективом на производство единицы готовой продукции; стоимости хранения единицы сырья на складе; стоимости хранения единицы готовой продукции на складе; переменных производственных затрат на единицу готовой продукции; постоянных производственных затрат (эксплуатация оборудования, аренда помещения, коммунальные расходы и т.д.). Экспертные оценки заданы следующими нечеткими множествами:

$$C_{ki}^{mpy\partial} = \{(c_{ki}^{mpy\partial}, \mu_{C_{ki}^{mpy\partial}}(c_{ki}^{mpy\partial})) | c_{ki}^{mpy\partial} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\},$$

$$C_{ki}^{xp.c} = \{(c_{ki}^{xp.c}, \mu_{C_{ki}^{xp.c}}(c_{ki}^{xp.c})) | c_{ki}^{xp.c} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\},$$

$$C_{ki}^{xp.zom} = \{(c_{ki}^{xp.zom}, \mu_{C_{ki}^{xp.zom}}(c_{ki}^{xp.zom})) | c_{ki}^{xp.zom} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\},$$

$$C_{ki}^{np} = \{(c_{ki}^{np}, \mu_{C_{ki}^{np}}(c_{ki}^{np})) | c_{ki}^{np} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\},$$

$$C_{ki}^{nocm} = \{(c_{ki}^{nocm}, \mu_{C_{ki}^{nocm}}(c_{ki}^{nocm})) | c_{ki}^{nocm} \in R, k = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}\};$$

- известны остатки готовой продукции z_{k0}^{zom} и сырья z_{kl0}^c , $k = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, r}$ вида / на начало планового периода.

Построение модели.

Построим нечеткие модели на базе детерминированных моделей, рассмотренных в работах [7; 9]. При предположениях об известности экспертных оценок, заданных в виде нечетких множеств, модели формулируются в виде следующих задач нечеткого программирования.

1) При стратегии с фиксированным интервалом между заказами:

$$\left\{ \begin{aligned} \Pi = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_{P_{ki}^{np\partial}} (x_{ki} + z_{k,i-1}^{zom} - z_{ki}^{zom}) - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (\mu_{C_{ki}^{np}} + \mu_{C_{ki}^{mpy\partial}}) x_{ki} - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_{C_{ki}^{xp.zom}} \left(\frac{z_{ki}^{zom}}{2} \right) - \\ - \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^n (\mu_{P_{kli}^{за.с.}} + \mu_{P_{kli}^{мп.}}) y_{kli} - \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^n \mu_{C_{kli}^{xp.c}} \left(\frac{z_{kli}^c}{2} \right) - \sum_{i=1}^n \mu_{C_i^{nocm}} \rightarrow \max \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$x_{ki} \leq \mu_{m_{ki}}, \quad k = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$z_{ki}^{zom} \geq z_{k,i-1}^{zom} + x_{ki} - \mu_{d_{ki}}; \quad z_{ki}^{zom} \geq 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (3)$$

$$z_{kli}^c = z_{kl,i-1}^c + y_{kli} - \lambda_{kl} x_{ki}; \quad z_{kli}^c \geq 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, r}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (4)$$

$$x_{ki} \geq 0, \quad y_{kli} \geq 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, r}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Ограничение (2) отражает требование производства продукции не выше объемов производственных мощностей. Ограничения (3) отражают закон изменения запасов готовой продукции. Ограничения (4) показывают изменение запасов сырья при стратегии с фиксированным интервалом между заказами. Ограничения (5) задают условия неотрицательности объемов производства и поставок.

2) При стратегии с фиксированным размером заказа:

$$\left\{ \begin{array}{l}
\Pi = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_{P_{ki}^{prod}} (x_{ki} + z_{k,i-1}^{zom} - z_{ki}^{zom}) - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (\mu_{c_{ki}^{np.}} + \mu_{c_{ki}^{mпыо.}}) x_{ki} - \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \mu_{c_{ki}^{xp.zom.}} \left(\frac{z_{ki}^{zom}}{2} \right) - \\
- \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^n (\mu_{P_{kli}^{zak.c.}} + \mu_{P_{kli}^{mp.}}) n_{kli} q_{kl} - \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^r \sum_{i=1}^n \mu_{c_{kli}^{xp.c.}} \left(\frac{z_{kli}^c}{2} \right) - \sum_{i=1}^n \mu_{c_i^{nocm}} \rightarrow \max \quad (6) \\
x_{ki} \leq \mu_{m_{ki}}, \quad k = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (7) \\
z_{ki}^{zom} \geq z_{k,i-1}^{zom} + x_{ki} - \mu_{d_{ki}}; \quad z_{ki}^{zom} \geq 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (8) \\
z_{kli}^c = z_{kl,i-1}^c + n_{kli} q_{kl} - \lambda_{kl} x_{ki}; \quad (9) \\
0 \leq z_{kli}^c < q_{kl}, \quad k = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, r}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (10) \\
n_{kli} - \text{целое}, \quad x_{ki} \geq 0, \quad k = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, r}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (11)
\end{array} \right.$$

Существует множество методов решения задач линейного программирования с нечеткими ограничениями, опубликованных и проанализированных в работах [1; 4; 5; 6; 11; 12; 14] ряда отечественных и зарубежных ученых.

В соответствии с принципом Беллмана-Заде [1] решение нечеткой задачи линейного программирования также является нечетким. Для нахождения четкого решения необходимо определить значения, имеющие максимальную степень принадлежности нечеткому решению, либо использовать один из нескольких методов дефазификации: вычисление по методу центра тяжести, левого (правого) максимума и т.д.

Для решения задач (1) – (5), (6) – (12) воспользуемся идеей Яхъевой [11] сведения задачи нечеткого линейного программирования к ряду детерминированных задач. Для этого вводится дискретное множество α – уровней, $\alpha \in [0,1]$. Тогда на каждом уровне из заданных нечетких множеств выберутся значения, при которых будет решаться детерминированная задача. После решения детерминированных задач из полученных значений по α – уровням составляются нечеткие множества объемов производства X_{ki} , объемов сырья Y_{ki} , запасов готовой продукции Z_{ki}^{zom} и сырья Z_{ki}^c , прибыли Π . На основе полученных множеств могут быть получены оценки с заданной уверенностью α .

Существует несколько методов нахождения четкого решения: вычисление по методу центра тяжести, левого (правого) максимума и т.д. При помощи таких методов осуществляется выбор оптимальных объемов производства продукции x_{ki} , $k = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$, объемов необходимого сырья y_{kli} , $k = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, r}$, $i = \overline{1, n}$ вида l , запасов готовой продукции z_{ki}^{zom} , $k = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$ и сырья z_{kli}^c , $k = \overline{1, m}$, $l = \overline{1, r}$, $i = \overline{1, n}$ вида l .

Таким образом, лица, принимающие решения, получают эффективный инструмент для принятия решения о производстве с оценкой прибыли и других показателей того или иного варианта.

Выводы.

В данной работе получены многопродуктовые комплексные модели формирования оптимальной производственной программы с учетом стратегий управления запасами и неопределенности среды предприятия. Модели позволяют получить оптимальные объемы производства, закупок сырья, запасов сырья и готовой продукции, а также оценить прибыль с заданной уверенностью экспертов в ситуации неопределенности.

Разработанные комплексные модели могут быть использованы в системах поддержки принятия решений, что позволит автоматизировать расчеты и представлять результаты в удобном для пользователя виде.

Модели позволяют оперативно пересчитывать результаты при изменении исходных данных, получении точных данных. При помощи моделей лица, принимающие решения смогут провести расчеты при других параметрах, оценить возможности производства, прибыль, еще до начала производства.

Таким образом, комплексные модели могут быть использованы для решения задач планирования производства и управления запасами в современных экономических условиях.

Список использованных источников

1. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М., 1976. С. 172-215.
2. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк, 2001. 138 с.
3. Долгова Е.В., Гусин А.Н., Рустамханова Г.И., Файзрахманов Р.А., Файзрахманов Р.Р. Интеллектуальное управление ресурсами на технологическом маршруте // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007. № 6. С. 66-70.
4. Зайченко Ю.П. Исследование операций. Нечеткая оптимизация. К., 1991. 191 с.
5. Мелькумова Е.М. О решении некоторых задач нечеткого математического программирования // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2009. № 2.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М., 1981. 206 с.
7. Скирюк О.С., Файзрахманов Р.А. Разработка и анализ однопродуктовых динамических моделей формирования оптимальной производственной программы в условиях детерминированного описания среды // Вестн. Перм. ун-та. Серия «Экономика». 2011. Вып. 4 (11). С. 64-73.
8. Файзрахманов Р.А., Скирюк О.С. Метод определения эффективности стратегий закупок с учетом возможностей предприятия на основе расчета затрат, связанных с запасами // Электротехника, информационные технологии, системы управления: Вестник ПГТУ. 2010. № 4. С. 148-154.
9. Файзрахманов Р.А., Скирюк О.С. Разработка однопродуктовых динамических детерминированных моделей оптимальной производственной программы с учетом сезонности продаж, производственных и сырьевых ограничений // Электротехника, информационные технологии, системы управления: Вестник ПГТУ. 2011. № 5.
10. Файзрахманов Р.А., Скирюк О.С., Альмухаметов В. Разработка однопродуктовых динамических моделей формирования оптимальной производственной программы в условиях вероятностного описания среды // Вестн. Орлов. гос. ун-та. Серия: Новые гуманитарные исследования. 2012. № 4. С. 174-176.
11. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети // ИНТУИТ.ru БИНОМ. Лаборатория знаний. 2008. 320 с.
12. Werners B. An interactive fuzzy programming system // Fuzzy Sets and Systems. 1987. № 23.
13. Zadeh L.A. Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility // Fuzzy Sets and Systems. 1978. V. 1. № 1.
14. Zimmermann H.J. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions // Fuzzy Sets and Systems. 1978. № 1.

Впервые данная статья была опубликована в сборнике материалов III Международной научно-практической конференции «Решение проблем развития предприятий: роль научных исследований» (14 мая 2013 г., Краснодар).