

**СТОХАСТИЧЕСКАЯ МНОГОЭТАПНАЯ ЛИНЕЙНАЯ
ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕМНО-КАЛЕНДАРНОГО
ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
ОБЪЕДИНЕНИЕМ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЕЙ**

А.А. Васильев, Е.В. Васильева

Тверской государственный университет, г. Тверь
Кафедра математики, статистики и информатики в экономике

Для объемно-календарного планирования производства разнотипной продукции объединением предпринимателей в условиях интервальной неопределенности о параметрах экономических операций предложена стохастическая многоэтапная линейная динамическая модель, использующая принцип получения гарантированного результата.

Ключевые слова: динамическая модель; дискретная зависимость финансовых затрат на осуществление экономической операции единичного объема от времени; дискретная зависимость финансовых поступлений от осуществления экономической операции единичного объема от времени; критерий максимума чистого дисконтированного дохода; многоэтапная модель; объемно-календарное планирование; принцип получения гарантированного результата.

**THE STOCHASTIC MULTILEVEL LINE DYNAMIC MODEL OF
VOLUME-CALENDAR PRODUCTION PLANNING
BY THE GROUP OF ENTREPRENEURS**

A.A. Vasilev, E.V. Vasileva

The department of mathematics, statistics and informatics in economics of Tver State University

In the article the author suggests the stochastic multilevel line dynamic model based on the principle of the guaranteed result for volume-calendar production planning of different types products in terms of entrepreneur consolidation in the situation of the interval uncertainty concerning economic operations parameters.

Keywords: dynamic model, discrete relationship between financial expenditure on unit volume economic transaction and time, discrete relationship between financial earnings from unit volume economic transaction and time, the maximum criteria of the net discounted earnings, multilevel model, volume-calendar planning, the principle of guaranteed result.

Предложенная в [1] детерминированная многоэтапная линейная динамическая модель, оптимальная по критерию максимума чистого дисконтированного дохода, может корректно использоваться для планирования производства продукции объединением предпринимателей только при небольшом горизонте планирования. Это обусловлено тем, что предположение о детерминированности неуправляемых параметров модели (дискретных зависимостей финансовых затрат на осуществление экономических операций единичного объема от времени и финансовых поступлений от их проведения, ставок накопления, дисконтирования и налога на прибыль) является оправданным при планировании на небольшие интервалы времени, в течение которых основные характеристики окружающей среды существенно не изменяются [2, с. 12].

При долгосрочном планировании сложно, а иногда и невозможно указать точные значения показателей затрат, выпуска и спроса. Их фактические значения могут существенно отличаться от принятых при планировании, что может привести к существенным ошибкам при принятии плановых решений [2, с. 5]. Это связано с тем, что при долгосрочном планировании нормативные затраты, данные о ресурсах, в частности природных, спрос и другие факторы планирования представляют собой стохастические величины, для которых может быть указан только некоторый закон распределения вероятностей [3, с. 57].

Например, задачи планирования сельскохозяйственного производства являются типичными задачами управления в условиях неполной информации, так как результаты сельскохозяйственного производства зависят от случайных погодных условий. Такие факторы, как количество осадков, температура, влажность почвы, заморозки, болезни растений и скота, оказывают серьезное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, продуктивность животноводства, качество продукции и затраты труда [4, с. 17]. Поэтому стохастические модели более адекватны задачам, возникающим в практике планирования сельскохозяйственного производства, чем детерминированные модели [4, с. 19].

К основным подходам к планированию действий в условиях неопределенности относятся:

- 1) корректировка планов по мере уточнения неопределенной информации (важно стремиться принять такие планы, которые требовали бы минимальных общих затрат на их реализацию и коррекцию или максимизировали бы ожидаемый суммарный эффект от применения и корректировки плана) [2, с. 20; 5, с. 72];

- 2) описание неопределенных факторов математическими моделями [6, с. 9].

Первый подход уже реализован в детерминированной многоэтапной линейной динамической модели, оптимальной по критерию максимума чистого дисконтированного дохода, что в определенной мере обеспечивает ее устойчивость к изменениям неопределенных факторов при условии своевременной корректировки плана.

К основным формам описания неопределенных факторов с использованием математических моделей относятся [6, с. 10]: 1) стохастическое описание; 2) статистическое описание, 3) интервальное описание; 4) нечеткое описание.

Стохастическое (вероятностное) описание неопределенных факторов используется в тех случаях, когда они имеют случайный характер и известен их закон распределения вероятностей [6, с. 11]. При вероятностной неопределенности каких-либо факторов решение задачи оптимального планирования сводится к решению задачи стохастического программирования.

Постановка стохастических оптимизационных задач предполагает, что неопределенные факторы модели описываются законами распределения вероятностей. Данное условие приводит к ряду трудностей при решении задач этого класса в реальной практике планирования. К основному из них относится незнание законов распределения вероятностей случайных факторов [7, с. 6]. Часто используемое в таких случаях допущение о нормальном распределении вероятностей неизвестных факторов практически всегда не адекватно, так как их физический смысл не позволяет им принимать отрицательные значения [8, с. 70].

Статистическое описание неопределенных факторов применяется, если их вид закона распределения вероятностей известен с точностью до параметров, которые могут быть оценены в результате эксперимента. При этом точность оценок параметров законов распределения неизвестных факторов определяется планом эксперимента, числом опытов и методом оценивания [6, с. 11].

При статистической неопределенности факторов решение задачи оптимального планирования также сводится к решению задачи стохастического программирования. Однако достоверность решения задачи стохастического программирования в этом случае существенно зависит от видов постулируемых законов распределения и чувствительна к нарушению исходных допущений [6, с. 11; 7, с. 6].

Простейший способ статистического описания неопределенных факторов, заключающийся в замене их средними значениями, позволяет свести задачу стохастического программирования к детерминированной задаче. Но решение детерминированной задачи с усредненными параметрами не всегда удовлетворяет ограничениям задачи [8, с. 8].

Интервальное описание неопределенных факторов используется, когда нет оснований или недостаточно информации для того, чтобы рассматривать неопределенные факторы как случайные величины (например, когда нельзя предположить (даже гипотетически) возможность многократного проведения эксперимента на исследуемом объекте при неизменном действии неучтенных и неуправляемых факторов) [6, с. 11]. Это приводит к необходимости учета неопределенности нестатистической (или в общем случае неизвестной) природы, когда о неизвестных факторах ничего неизвестно, кроме их свойства быть ограниченными. Наиболее общей и наиболее удобной моделью описания факторов нестатистической природы является их представление в интервальной форме, когда задается диапазон возможных значений этих факторов в виде указания нижней и верхней границ [6, с. 11].

При интервальной неопределенности решение задачи оптимального планирования заключается в нахождении множества решений на основе детерминированной экономико-математической модели для всех возможных сочетаний неопределенных факторов и в выборе среди множества полученных решений наилучшего в смысле выбранного критерия оптимальности.

Нечеткое (размытое) описание неопределенных факторов применяется при их нестатистической природе. В этом случае информация о неопределенных факторах задается экспертом в виде нечетких множеств, представляющих собой множество возможных значений фактора с указанием степени принадлежности каждого значения этому множеству [6, с. 12]. При неопределенности факторов нестатистической природы решение задачи оптимального планирования сводится к решению задачи нечеткого математического программирования. Устойчивость решения задачи нечеткого математического программирования существенным образом зависит от квалификации эксперта, описывающего неопределенные факторы в виде нечетких множеств.

Проведенный анализ способов описания неопределенных факторов, методов решения задачи оптимального планирования при их использовании и возникающих при этом проблем показывает, что наиболее адекватным способом описания неопределенности дискретных функций затрат на проведение экономических операций единичного объема от времени и поступлений от их осуществления в рассматриваемой задаче является интервальное описание.

Для обоснованного выбора наилучшего плана проведения экономических операций в условиях неопределенности внешней среды функционирования рекомендуется [9, с. 231] использовать принцип получения гарантированного результата, состоящий в выборе плана для

наихудшего сочетания возможных значений неопределенных факторов. Использование данного принципа для решения задачи объемно-календарного планирования экономических операций в условиях интервальной неопределенности параметров дискретных функций затрат и поступлений единичного объема от времени преобразует детерминированную многоэтапную линейную динамическую модель, оптимальную по критерию максимума чистого дисконтированного дохода, к виду [10, с. 79]:

$$\begin{aligned}
 & \max \left[\sum_{i=1}^{I_j} \sum_{s=T_j^K+1}^{T_j^r} \sum_{\lambda=1}^{T_j^r-s+1} k'_o(T_j^K, s, \lambda) \cdot [1 - \beta_{np}(s + \lambda - 1)] \cdot x_s^i \right. \\
 & \quad \left. \times [V_i^m(1, \lambda) - F_i^m(1, \lambda)] \cdot x_s^i \right]_{m \in [1, \dots, M]} \rightarrow \min, \\
 & \sum_{i=1}^{I_j} \sum_{s=T_j^K+1}^t \sum_{\lambda=1}^{t-s+1} k'_o(T_j^K, s, \lambda) \cdot [1 - \beta_{np}(s + \lambda - 1)] \cdot [F_i^m(1, \lambda) - V_i^m(1, \lambda)] \cdot x_s^i \leq \\
 & \leq k''_n(T_j^K) \cdot W_0 - \sum_{s=1}^{T_j^K} k''_n(T_j^K, s) \cdot W_s - \sum_{s=T_j^K+1}^t k''_o(T_j^K, s) \cdot W_s + \\
 & + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_{j-1}} \sum_{s=T_{j-1}^K+1}^{T_j^K} \sum_{\lambda=1}^{T_j^K-s+1} k''_n(T_j^K, s, \lambda) \cdot [1 - \beta_{np}(s + \lambda - 1)] \cdot [\tilde{V}_{i,j-1}(1, \lambda) - \tilde{F}_{i,j-1}(1, \lambda)] \cdot \tilde{x}_s^{i,j-1} + \\
 & + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^{I_{j-1}} \sum_{s=T_{j-1}^K+1}^{T_j^K} \sum_{\lambda=T_{j-1}^K-s+2}^{t-s+1} k'_o(T_j^K, s, \lambda) \cdot [1 - \beta_{np}(s + \lambda - 1)] \cdot [V_i^m(1, \lambda) - F_i^m(1, \lambda)] \cdot \tilde{x}_s^{i,j-1}, \\
 & t \in [T_j^K + 1, \dots, T_j^r], \quad T_0^K < T_1^K < \dots < T_j^K < \dots < T_j^K, \quad T_0^K = 0, \quad m \in [1, \dots, M], \\
 & x_s^i \geq 0, \quad i \in [1, \dots, I_j], \quad s \in [T_j^K + 1, \dots, T_j^r],
 \end{aligned}$$

где $m, m \in [1, \dots, M]$, – номер сочетания возможных значений неопределенных параметров дискретных функций затрат и поступлений единичного объема для множества планируемых на этапе текущей корректировки плана экономических операций; M – количество сочетаний возможных значений неопределенных параметров дискретных функций затрат и поступлений единичного объема для множества планируемых на этапе текущей корректировки плана экономических операций.

Область применения данной стохастической экономико-математической модели может быть распространена и на случай интервальной неопределенности ставок накопления, дисконтирования и налога на прибыль.

Стохастическая экономико-математическая модель по сравнению со своим детерминированным прототипом более адекватно учитывает реальные условия планирования экономических операций и может быть

использована для решения задач объемно-календарного планирования производства продукции объединением предпринимателей при обеспечении простоты и удобства освоения ее компьютерной реализации.

К направлениям совершенствования разработанной стохастической модели для объемно-календарного планирования производства продукции объединением (ассоциацией) крестьянских (фермерских) хозяйств следует отнести:

- 1) учет территориального расположения крестьянских хозяйств;
- 2) оптимизацию логистических издержек (например, по доставке факторов производства крестьянским хозяйствам и по доставке готовой продукции к местам реализации);
- 3) планирование наряду с объемами производимой продукции цен их реализации.

1. Васильев А.А., Васильева Е.В., Реут В.Б. Детерминированные динамические модели объемно-календарного планирования производства продукции объединением предпринимателей / Настоящий выпуск, С.28-39.

2. Ермольев Ю.М., Ястремский А.И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании: монография. – М.: Наука, 1979. – 256 с.

3. Канторович Л.В., Макаров В.Л. Оптимальные модели перспективного планирования / Применение математики в экономических исследованиях // Под ред. В.С. Немчинова. – Т. 3. – М.: Мысль, 1965. – С. 7-87.

4. Юдин Д.Б. Задачи и методы стохастического программирования: монография. – М.: Советское радио, 1979. – 392 с.

5. Планирование дискретного производства в условиях АСУ: монография / В.В. Шкурба, В.А. Болдырева, А.Ф. Вьюн и др.; под ред. В.М. Глушкова. – Киев: Техника, 1975. – 296 с.

6. Вошинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределенности: монография. – Изд-во Моск. энергетического ин-та, Техника (НРБ), 1989. – 224 с.

7. Минаев Ю.Н. Стабильность экономико-математических моделей оптимизации: монография. – М.: Статистика, 1980. – 103 с.

8. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. – М.: Советское радио, 1974. – 400 с.

9. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике: монография. – М.: Наука, 1979. – 304 с.

10. Васильева Е.В. Многоэтапная линейная динамическая модель объемно-календарного планирования экономических операций в условиях неопределенности параметров внешней среды функционирования предприятия и методика ее автоматизированного построения/ Вопросы теории и практики автоматизированной обработки экономической информации: сб. науч. тр. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2000. – С. 78-80.

Об авторах:

ВАСИЛЬЕВ Александр Анатольевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры математики, статистики и информатики в экономике Тверского государственного университета, e-mail: *vasiljev-tvgu@jandex.ru*

ВАСИЛЬЕВА Екатерина Васильевна – доцент кафедры математики, статистики и информатики в экономике Тверского государственного университета, e-mail: *tver-tvgu@mail.ru*