

Песиков Эдуард Борисович,
д-р техн. наук, профессор

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАРКЕТИНГОВОЙ СТРАТЕГИИ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Россия, Санкт-Петербург,
независимый исследователь, ed_pesikov@mail.ru

Аннотация. Рассматривается один из возможных подходов к построению моделей и методов оптимального планирования маркетинга предприятия, позволяющих повысить эффективность маркетинговых решений, принимаемых в условиях параметрической неопределенности (неполноты информации о параметрах производственной системы и внешней среды). Предлагается комплекс моделей и алгоритмов их анализа, основанных на методах системного анализа, теории вероятностей и стохастического программирования и предназначенных для планирования объемов продаж продукции одностадийных стохастических производственных систем. Обсуждаются вопросы практического применения предлагаемого подхода к формированию маркетинговой стратегии для массового производства изделий электронной техники.

Ключевые слова: стохастическая производственная система, маркетинг, стратегия, оптимизация, технологический режим, изделия электронной техники.

Eduard B. Pesikov,
Professor, Doctor of Technical Sciences

MODELS AND METHODS FOR FORMING AN ENTERPRISE MARKETING STRATEGY UNDER CONDITIONS OF PARAMETRIC UNCERTAINTY

Independent Researcher, St. Petersburg, Russia,
ed_pesikov@mail.ru

Abstract. One of the possible approaches to constructing models and methods for optimal marketing planning of an enterprise is considered, allowing to increase the efficiency of marketing decisions made under conditions of parametric uncertainty (incomplete information about the parameters of the production system and the external environment). A set of models and algorithms for their analysis is proposed, based on methods of system analysis, probability theory and stochastic programming and intended for planning sales volumes of products of single-stage stochastic production systems. Issues of practical application of the proposed approach to the formation of a marketing strategy for mass production of electronic products are discussed.

Keywords: stochastic production system, marketing, strategy, optimization, technological regime, electronic products.

Актуальность проблемы

Проблема исследования и разработки моделей и методов стратегического планирования маркетинга [1, 2] для производственных систем с вероятностным характером технологического процесса (ВХТП), несмотря на ряд важных работ, направленных на применение методов системного анализа [3] и исследования операций [4, 5] в маркетинге предприятия, в настоящее время полностью не решена.

ВХТП проявляется в том, что выбор варианта технологического режима не определяет однозначно значения параметров продукта. В исследуемом классе производств из-за вероятностного и многовариантного характера технологического процесса производственные и маркетинговые издержки зависят как от структуры спроса, так и принятых интенсивностей использования дискретных технологических режимов. Известные подходы к оптимизации планирования производства с ВХТП, разработанные в трудах [6 – 11], базируются на применении оптимизационных детерминированных моделей. Общим недостатком этих подходов является возможность нарушения адекватности моделей планирования исследуемому процессу.

Поэтому актуальной и перспективной задачей является дальнейшее развитие «детерминированных» подходов к оптимальному планированию производства с ВХТП. Предлагается комплекс стохастических моделей и алгоритмов их анализа, предназначенных для планирования объемов продаж продукции одностадийных стохастических производственных систем и основанных на методах теории вероятностей и стохастического программирования [12, 13]. Ввиду того, что задача стратегического планирования маркетинга является «внешней» задачей, касающейся только объемов первичных и конечных продуктов, функционирование производственной системы в планируемом периоде рассматривается как единая операция по преобразованию первичных продуктов в конечные.

Вероятностные модели производственного процесса

Для целей прогнозирования выпуска продукции предлагается вероятностная модель производственного процесса с ВХТП, характеризующая асимптотическое распределение выпуска продукции по модификациям в зависимости от интенсивностей использования дискретных технологических режимов.

Построение вероятностной модели производственного процесса сводится к определению закона совместного распределения интенсивностей выпуска продуктов требуемого качества при фиксированных параметрах технологического процесса и интенсивностях использования дискретных технологических режимов. Приводится построение вероятностной модели производственного модуля, основанное на применении ре-

зультатов теории вероятностей для случайных событий массового характера [14]. Процесс обработки партии заготовок фиксированного объема на технологической операции, характеризующейся индивидуальным и последовательным режимом обработки, предлагается формализовать моделью последовательных и независимых испытаний.

Пусть для выпуска l модификаций j изделия используется n режимов i и пусть задана матрица $P = \left\| p_{ij} \right\|$ ($i = \overline{1, n}, j = \overline{1, l}$) параметров p_{ij} технологии — вероятностей выпуска изделий j при единичной интенсивности использования режима i .

Вход модуля представим вектором $x = \{x_i\} (i = \overline{1, n})$ интенсивностей x_i режимов i . Для случая использования n режимов с вектором “ x ” интенсивностей x_i выход модуля представим вектором $a = \{a_j\} (j = \overline{1, l})$ интенсивностей a_j выпуска изделий j .

Построение модели модуля заключается в исследовании предельного закона распределения выпуска изделий при последовательном и независимом применении n технологических режимов i . Используя обобщение теоремы Муавра — Лапласа на многомерный случай и свойство воспроизводимости нормального распределения по своим параметрам показывается, что при фиксированной матрице P и больших x_i ($i = \overline{1, n}$) вектор “ a ” имеет асимптотически нормальное распределение, т. е.

$$a \in N \left(\left\{ m_{a_j}(x) \right\}, \left\| \lambda_{jj'}(x) \right\| \right); \quad (1)$$

$$x_i \rightarrow \infty \quad (i = \overline{1, n}),$$

где $m_{a_j}(x) = \sum_{i \in I} x_i p_{ij}$ — математическое ожидание величины a_j ; (2)

$$\lambda_{jj'}(x) = \sum_{i \in I} x_i (p_{ij} \delta_{jj'} - p_{ij} p_{ij'}) \text{ — ковариация между величинами } a_j \text{ и } a_{j'}; \quad (3)$$

$\delta_{jj'}$ — символ Кронекера;

величина $a_j \in N(m_{a_j}(x); \lambda_{jj}(x))$.

Полученные результаты используются при построении стохастических моделей оптимального планирования маркетинга для массового дискретного производства с ВХТП [12].

При достаточно разреженной структуре спроса и незначительной пересекаемости областей качества конечных продуктов может быть применен вариант модели стратегического планирования маркетинга без учета пересекаемости областей качества выпускаемых продуктов. В этом случае функционирование производственной системы в планируемом

периоде рассматривается как единая операция по преобразованию первичных продуктов в конечные.

Предлагается формализацию процесса планирования объемов продаж продукции с непересекающимися областями качества свести к модели стохастического программирования с вероятностными ограничениями [15, 16]. Пусть выпуск множества J модификаций j конечных продуктов реализуется по фиксированному множеству I дискретных технологических режимов i . Пусть задана матрица $P = \|p_{ij}\|$ условных вероятностей p_{ij} выхода конечного продукта j при единичной интенсивности режима i технологии.

Обозначим через $x = \{x_i\}$ — детерминированный вектор интенсивностей (объемов запуска первичных продуктов) режимов технологии, а через $a = \{a_j\}$ — вектор объемов выпуска конечных продуктов. Если в модели планирования в качестве управляемых переменных принять интенсивности выпуска конечных продуктов, то задача планирования затрат и выпуска формулируется следующим образом: требуется так распределить выпуск конечных продуктов по модификациям, чтобы при фиксированном потребительском спросе на конечную продукцию и производственных ресурсах произвести продукцию за планируемый период с наименьшими производственными затратами.

Задача компактно записывается следующим образом:

$$\text{найти } \min m \left[q \left(a_1, \dots, a_{n_J} \right) \right] \quad (4)$$

при условиях:

$$P \left(\sum_{j \in J} c_{kj} a_j \geq t_k \right) \geq u_k, \quad k \in K \quad (5)$$

где m — символ математического ожидания;

K — множество номеров “ k ” ограничений задачи;

$(1 - u_k)$ — уровень риска невыполнения k -го ограничения

$(0 < u_k < 1)$;

t_k — фиксированный скаляр, такой, что для каждого “ k ”:

$$t_k \geq 0, \text{ если } c_{kj} \geq 0 \quad (j \in J); \quad (6)$$

$$t_k \leq 0, \text{ если } c_{kj} \leq 0 \quad (j \in J). \quad (7)$$

Под оптимальным решением задачи (4)–(7) подразумевается случайный вектор управляемых переменных $a^* = \{a_j^*\} (j \in J)$, обеспечиваю-

щий выполнение каждого k -го ограничения с безусловной вероятностью P , не меньшей заданной величины u_k , и доставляющий минимум математическому ожиданию целевой функции.

По методу Чарнса и Купера [17] и на основании полученной вероятностной зависимости выпуска конечных продуктов от интенсивностей использования технологических режимов становится возможным переход с заданными уровнями риска $(1 - u_k)$ от модели стохастического программирования с построчными вероятностными ограничениями к эквивалентной детерминированной модели вида:

$$\text{найти } \min z(x) = \sum_{j \in J} s_j m_{a_j}(x) \quad (8)$$

при условиях:

$$q_k(x) = \sum_{j \in J} c_{kj} m_{a_j}(x) + \alpha_k \left(\sum_{j, j' \in J} c_{kj} c_{kj'} \lambda_{jj'}(x) \right)^{\frac{1}{2}} \geq t_k, \quad (9)$$

$$x \in E_+^n = \{x / x > 0, x_i \geq 0, i \in I\}, \quad (10)$$

где $\alpha_k = (1 - u_k)$ — квантиль нормальной нормированной случайной величины.

Можно показать, что задача (8)–(10) является задачей выпуклого программирования при $u_k \leq 0,5$ ($k \in K$). Для анализа детерминированного эквивалента предлагается использовать алгоритм глобальной оптимизации, основанный на сочетании ненаправленного случайного перебора начальных точек и локальной оптимизации методом штрафных функций.

После определения оптимального решения x^* задачи (8)–(10) рассчитываются параметры распределения вектора a^* по формулам (2), (3). Основными недостатками модели (4)–(7) являются трудности анализа невыпуклого детерминированного эквивалента (8)–(10) для важного в производственной практике случая $u_k > 0,5$ ($k \in K$) и решения проблемы выбора вектора $u = \{u_k\}$.

Недостатки модели с фиксацией уровня риска невыполнения ограничений устраняются при постановке задачи стохастического программирования без вероятностных ограничений, заключающейся в непосредственной минимизации математического ожидания суммы взвешенных квадратов «невязок» ограничений. Можно показать, что задача:

$$\text{найти } \min_{a \in A} \{m [\sum_{k \in K} w_k \phi_k^2(a)]\},$$

где m — символ математического ожидания;

$w = \{w_k\}$ ($k \in K$) заданный вектор штрафных коэффициентов w_k ($w_k > 0$);

A — множество векторов “ a ”;

$$\phi_k(a) = \sum_{j \in J} c_{kj} a_j - t_k \text{ — «невязка» } k\text{-го ограничения задачи (4)–(7);}$$

c_{kj}, t_k — заданные скалярные величины, обладающие свойствами (6), (7);

сводится к эквивалентной задаче выпуклого программирования:

$$\text{найти } \min_{k \in K} \sum w_k \left\{ \left(\sum_{j \in J} c_{kj} m_{aj}(x) - t_k \right)^2 + \sum_{j, j' \in J} c_{kj} c_{kj'} \lambda_{jj'}(x) \right\}. \quad (11)$$

$$x \in E_+^{n_i} = \left\{ x \mid x > 0; x_i \geq 0; i \in I \right\}.$$

Задача (11) может быть решена методом штрафных функций (методом внешней точки) [19].

Заключение

Эффективность маркетинговых решений может быть повышена за счёт предварительной оптимизации исходных данных. Для этого предлагается вспомогательная по отношению к основным стохастическим моделям планирования объемов продаж модель выбора наилучших количества режимов и параметров (координат центров настройки) дискретных технологических режимов, сводящаяся к модели наилучшего приближения к заданной структуре спроса. В работе [13] показывается, что предлагаемая модель относится к классу моделей нелинейного частично-целочисленного программирования, переходящей при фиксации количества режимов в класс моделей нелинейного программирования с нелинейными ограничениями [18]. Для анализа модели разработан алгоритм, основанный на сочетании эвристических приемов, методов случайного поиска и штрафных функций.

Для реализации предлагаемых стохастических моделей на компьютере и проведения анализа чувствительности решений к вариациям исходных данных предлагается использовать специальное программное обеспечение и оптимизационную систему Lindo.

Применение предлагаемого подхода к формированию маркетинговой стратегии для массового производства изделий электронной техники (металлопленочных резисторов и керамических конденсаторов) с помощью разработанной компьютерной системы поддержки принятия решений показало его корректность и эффективность.

Список литературы

1. Котлер Ф. Маркетинг менеджмент. Экспресс-курс. 2-е изд. / Пер. с англ. под ред. С.Г. Божук. – СПб.: Питер, 2006. – 464 с.
2. Ламбен Ж.-Ж. Стратегический маркетинг. Европейская перспектива. – СПб.: Наука, 1996. – 589 с.

3. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
4. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология: учеб. пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2004. – 208 с.
5. Зайченко Ю.П. Исследование операций: учебник. – 6-е изд. – Киев: Слово, 2003. – 688 с.
6. Хабереv Н.П. Оптимальный выбор технологических режимов в многономенклатурных производствах электронной техники с вероятностным производством (на примере металлопленочных резисторов) // Научно-техн. Сборник «Электронная техника». – 1970. – Вып. 1 (33), серия 10. – С. 58–70.
7. Хабереv Н.П. Модель оптимального планирования и управления на участках производства массовых тонкопленочных резисторов // Экономика и математические методы. – М., 1972. – Т. 8, № 2. – С. 288–293.
8. Петерсон И.Ф., Каал Ю.Н., Каролин М.Э. Оптимальное распределение изделий по типам при постоянной технологии // Научно-тех. Сборник «Электронная техника», серия 10. Технология и организация производства. – М., 1969. – Вып. 1(26). – С. 77–83.
9. Глухов О.А., Сердюк Т.М. Формирование планов производства для предприятий электронной промышленности // Сб. «Отчетная научная конференция за 1969 год». – Воронеж: ВГУ, 1970.
10. Казанцев Э.Н., Прилуцкий М.Х. Задачи планирования для моделей двухстадийных стохастических производственных систем // Известия АН СССР, Техническая кибернетика. – 1980. – № 1. – С. 3–9.
11. Казанцев Э.Н., Прилуцкий М.Х. Об одной задаче планирования в стохастических производственных системах // Сб. «Анализ и моделирование экономических процессов». – Горький: Горьковский ун-т, 1980. – С. 42–48.
12. Pesikov E., Sovetov B. Dynamic model of optimal strategic marketing planning for stochastic manufacturing systems // Proceedings of the Seventh International Conference “Advanced Computer Systems – ACS’2000”. October 2000, Institute of Information Systems, Technical University of Szczecin, Poland. – Pp. 121–128.
13. Песиков Э.Б. Оптимизация выбора режимов функционирования производственных процессов с вероятностным характером технологии // Сборник научных трудов «Автоматизация управления технологическими процессами в приборостроении и машиностроении». – Пермь: НИИУМС, 1985. – С. 47–54.
14. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник для вузов. – 6-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 1999. – 576 с.
15. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. – М.: Сов. радио, 1974. – 400 с.
16. Ермольев Ю.М. Методы стохастического программирования. – М.: Наука, 1976. – 240 с.
17. Charnes A., Cooper W.W. Deterministic equivalents for optimizing and satisfying under chance constraints // Operat. Res. – 1963. – Vol. 11, No 1. – Pp. 18–39.
18. Зангвилл У.Н. Нелинейное программирование, единый подход / Пер. с англ. – М.: Советское радио, 1973. – 312 с.
19. Фиакко А., Мак-Кормик Г. Нелинейное программирование. Методы последовательной безусловной минимизации / Пер. с англ. – М.: Мир, 1972. – 240 с.