

## МНОГОМЕРНЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Статья посвящена проблемам использования многомерного анализа в процессе выбора наилучшей производственной программы предприятия в условиях многокритериальной оптимизации.*

**Ключевые слова:** оптимальная производственная программа, многомерный статистический анализ, многокритериальная оптимизация.

*Стаття присвячена проблемам використання багатовимірного аналізу в процесі вибору найкращої виробничої програми підприємства в умовах багатокритеріальної оптимізації.*

**Ключові слова:** оптимальна виробнича програма, багатовимірний статистичний аналіз, багатокритеріальна оптимізація.

*The article deals with the problems of multivariate analysis in the process of choosing the best production program in a multi-criteria optimization.*

**Key words:** optimal production program, statistical analysis, multicriteria optimization.

**Постановка проблемы.** Как известно, в условиях рыночной экономики план производства находится на выходе системы технико-экономического планирования деятельности любого хозяйствующего субъекта, в том числе и промышленного предприятия. Он базируется на изучении рыночного спроса на продукцию (работы, услуги) предприятия, строится с учётом плана обновления производства, изменения остатков готовых изделий на складе, ресурсного обеспечения (баланса производственной мощности, материально-технического и кадрового обеспечения). Формирование производственной программы предприятия

является центральным моментом, который объединяет всю совокупность работ и расчётов, осуществляемых в ходе текущего и перспективного планирования, начиная с анализа рыночного спроса и заканчивая оценкой степени достижения поставленных целей и определения критериев экономической эффективности намеченных действий.

Состав искомых параметров производственной программы предприятия включает четыре основные позиции: 1) номенклатуру и ассортимент продукции; 2) уровень качества продукции; 3) цену реализации единицы продукции; 4) объём продаж в натуральном выражении. Все они тесно взаимосвязаны между собой и находятся в постоянном взаимодействии. Например, повышение качества продукции вызывает, как правило, рост цены её реализации и наоборот; номенклатура и ассортимент продукции существенно влияет на объём продаж в натуральном выражении.

При этом каждый вариант параметров будущей производственной программы не может быть оценен с помощью лишь одного критерия оптимальности, поскольку реальная экономическая действительность многогранна: она описывается и оценивается множеством показателей. Здесь необходимо рассматривать все результаты деятельности предприятия: внешние и внутренние, экономические и социальные, производственные и финансово-инвестиционные. Поэтому такая оценка проводится обычно одновременно по нескольким критериям – максимизации выручки от реализации, маржинального дохода, рыночной доли предприятия, использования производственной мощности; минимизации затрат на производство, простоев оборудования, потерь рабочего времени и т.п. Такой подход к определению наилучшей производственной программы предприятия получил в литературе название многокритериальной или векторной оптимизации.

В отличие от единичных критериев оптимальности (скаляров), величина векторного критерия не является показателем метрической шкалы, её нельзя измерить непосредственно на предприятии, вследствие того, что

она определяется не одной единственной характеристикой эффективности производства, а набором критериев производственной программы предприятия, речь о которых шла выше. Входящие в вектор скалярные критерии оптимальности играют роль симптомов, по величине которых можно судить об общем уровне качества будущего плана выпуска продукции. Сами значения отдельных симптомов позволяют работникам планово-аналитической службы предприятия проводить распознавание такого сложного явления, как уровень векторного критерия производственной программы, подобно тому, как врач на основе симптомов пациента ставит диагноз и определяет степень той или иной болезни.

В научном обороте признаки, которые не подвергаются непосредственному измерению, а проявляются на поверхности явлений в виде вектора симптомов, называются латентными. Прилагательное «латентный» в переводе с латинского языка означает скрытый, недоступный. Научный термин «латентные признаки в экономике» используется для отражения сложных атрибутивных экономических понятий, которые невозможно количественно измерить в метрической шкале. Их можно только оценить с помощью многомерных математико-статистических методов [1], [2], [3].

Это во многом объясняет тот факт, почему в экономической литературе не существует единого универсального подхода к решению задачи многокритериальной (векторной) оптимизации производственной программы предприятия. По нашему мнению, проблема состоит, главным образом, в том, чтобы обосновать выбор такого алгоритма из арсенала многомерных статистических методов, который бы обеспечивал получение наиболее точного решения с учётом веса каждого скалярного критерия оптимальности.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Разработкой вопросов многокритериальной оптимизации производственной программы занимается ряд отечественных и зарубежных учёных, среди которых следует выделить А.В. Антонец, Н.В. Белова, Н.М. Бондара, С.М. Бухало, М.И.

Бухалкова, Ю.А. Егупова, В.В. Иванова, А.И. Ильина, О.А. Орлова, Н.А. Сафронова, Г.А. Семёнова, Г.М. Тарасюк, И.О. Чаюн, Л.И. Шваб, А.В. Шегду и др. Однако, ряд проблем, в том числе и проблема применения многомерных статистических методов при оптимизации производственной программы предприятия, требуют дальнейшей разработки.

**Формулировка целей статьи.** В данной статье поставлена задача поиска наиболее приемлемого подхода к решению сформулированной выше проблемы на основе рассмотрения основных возможностей, достоинств и недостатков главных направлений существующих в литературе многомерных статистических методов.

**Изложение основного материала.** Все без исключения известные математико-статистические методы оценивания латентных признаков базируются на учете величины первичных симптомов – скалярных критериев оптимальности производственной программы предприятия. Среди указанных методов можно выделить два магистральных направления: 1) метод таксономии; 2) факторный анализ. Рассмотрим их кратко применительно к поставленной в данной статье цели исследования.

Метод таксономии или таксономический анализ представляет собой достаточно эффективный инструмент оценки латентных признаков в экономике [4], [5]. Таксономия – это наука о правилах упорядочения (ранжирования) многомерных объектов. Оценка латентных показателей предприятия на основе метода таксономии базируется на использовании понятия расстояния (сходства) объектов до эталона (антиэталона) в пространстве разнообразных симптомов. В контексте данной задачи в качестве объектов выступают различные векторы критериев оптимальности, соответствующие разным вариантам производственной программы предприятия, а в качестве симптомов – различные единичные критерии оптимальности.

Эталон – это точка верхнего полюса, т.е. идеальный вектор критериев, отвечающий наилучшей производственной программе предприятия, к

которой должны стремиться все объекты совокупности реальных векторов для достижения максимального уровня изучаемого латентного показателя. Антиэталон, напротив – точка нижнего полюса. От нее нужно держаться подальше, чтобы соответствовать оптимальному вектору. Следовательно, задача оптимизации производственной программы предприятия состоит из следующих основных этапов:

1. Поиск параметров различных вариантов производственной программы предприятия (номенклатуры и ассортимента продукции, уровня её качества и цены, объёма продаж).

2. Определение для каждого варианта производственной программы величины симптомов – важнейших скалярных критериев оптимальности в разрезе экономического эффекта и/или затрат и формирование множества объектов (векторов оптимизации).

3. Задание эталона (антиэталона) на основе деления симптомов на стимуляторы (величина которых должна стремиться к максимуму) и дестимуляторы (значения которых должна стремиться к минимуму или к нулю).

4. Расчёт для каждого объекта (вектора оптимизации) величины сходства с эталоном (расстояния до антиэталона), которые служат базой для нахождения рангов всех вариантов производственной программы предприятия.

5. Выбор из множества полученных рангов вариантов производственной программы предприятия наилучшего, который и определяет решение поставленной оптимизационной задачи.

При этом следует иметь в виду, что метод таксономии реализуется в форме двух основных алгоритмов: 1) классического, который базируется на учёте сходства объектов с эталоном; 2) модифицированного, основанного на расчете расстояний объектов до антиэталона.

Алгоритмы классической и модифицированной таксономии различаются в отдельных стадиях, связанных с преобразованием симптомов

дестимуляторов в стимуляторы, заданием эталона и антиэталона, нормированием расстояний до «нулевой» точки. Указанные отличия могут привести к разным значениям рангов объектов по величине изучаемого латентного признака. Многочисленные исследования в данной области показали следующее:

а) чем больше расстояние от объекта до эталона (антиэталона), тем большая степень ошибки найденной оценки и соответствующего ранга;

б) классический алгоритм точнее определяет ранги объектов-лидеров и часто ошибается при оценивании рангов аутсайдеров;

в) модифицированный алгоритм, наоборот, более точно определяет ранги объектов-аутсайдеров и часто ошибается при оценке рангов лидеров.

Поэтому в современной статистической литературе при определении рангов объектов по величине изучаемого латентного признака рекомендуется использовать смешанный подход, основанный на одновременном применении результатов обоих алгоритмов таксономического анализа [6].

Так, для определения объединённой оценки рангов объектов можно использовать так называемую методику «двойного рейтингового ранжирования», которая основана на применении результатов как классического, так и модифицированного алгоритмов [7]:

$$R_i = r_{ei}K_{ei} + r_{ai}K_{ai}, \quad (1)$$

где  $R_i$  – объединённый ранг  $i$ -го объекта ( $i = 1, 2, \dots, n$ );

$r_{ei}, r_{ai}$  – ранги  $i$ -го объекта, найденные с помощью классического и модифицированного алгоритмов;

$K_{ei}, K_{ai}$  – коэффициенты весомости рангов  $i$ -го объекта, определенных с помощью классического и модифицированного алгоритмов.

Коэффициенты  $K_{ei}$  и  $K_{ai}$  задаются с учетом следующих соотношений: для классического алгоритма – чем выше  $r_{ei}$  (т.е., чем большее расстояние до

эталона), тем меньшим должен быть коэффициент весомости  $K_{ei}$ . Для модифицированного алгоритма наоборот: чем меньше  $r_{ai}$  (т.е., чем ближе объект к антиэталону), тем большим должен быть коэффициент весомости  $K_{ai}$ . При этом должны выполняться следующие соотношения:

$$\sum_{i=1}^n K_{ei} = 1 \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^n K_{ai} = 1, \quad (2)$$

где  $n$  – количество объектов (векторов оптимизации).

Коэффициенты весомости рассчитываются по формулам Фишберна:

$$K_{ei} = \frac{2(n - r_{ei} + 1)}{(n + 1)n} ; \quad K_{ai} = \frac{2r_{ai}}{(n + 1)n}. \quad (3)$$

Легко показать, что для коэффициентов (3) соотношения (2) выполняются. Итак, они целиком пригодны для использования в качестве коэффициентов весомости рангов, полученных по классическому и модифицированному алгоритмам. Такой подход обеспечивает получение наиболее надёжных оценок в ходе отыскания оптимального варианта производственной программы предприятия с применением методов таксономического анализа.

Вторым магистральным направлением многомерных статистических методов, ориентированных на решение задачи оценки латентных признаков и, следовательно, пригодных для решения задачи оптимизации производственной программы предприятия, являются алгоритмы факторного анализа [2], [8], [9], [10], [11], [12].

Среди них можно указать следующие наиболее известные методы, различающиеся по способу определения факторного решения: 1) главных компонент; 2) минимальных остатков; 3) центроидный; 4) максимального правдоподобия; 5) главных осей. Доказано и это подтверждается практикой, что все они дают хорошо согласованные результаты с достаточно высоким коэффициентом парной корреляции (свыше 0,8). Поэтому рассмотрим их

применение на примере наиболее популярной разновидности факторного анализа – метода главных компонент.

Если методы таксономии «работают» с объектами (векторами оптимальности), то методы факторного анализа направлены на симптомы (скалярные критерии оптимальности производственной программы). Их сущность заключается в отыскании новых искусственных переменных (общих факторов), которые служат оценками изучаемого латентного признака – векторного критерия оптимальности производственной программы предприятия.

Общие факторы, называемые в рамках данного метода главными компонентами, представляют собой линейные комбинации наблюдаемых симптомов и используются в дальнейшем анализе в роли оценок латентного признака, и объясняющих корреляционные связи между исходными симптомами объектов. Главные компоненты отвечают следующим основным требованиям метода:

- линейно независимы (ортогональны);
- стандартизованы;
- первая главная компонента должна объяснять максимальную долю дисперсии исходных переменных, вторая главная компонента – максимальную долю дисперсии исходных переменных, оставшейся после первой компоненты, и т.д.

Отсюда вытекает фундаментальная идея метода – выделение таких искусственных переменных, которые описывали бы максимальную долю вариации исходных симптомов или корреляционные связи между ними. При этом число главных компонент может быть существенно меньше числа наблюдаемых симптомов.

Математическая модель метода главных компонент и его важнейшие этапы достаточно хорошо известны и описаны в математико-статистической литературе, поэтому мы здесь не будем останавливаться на них, а лишь укажем трудности, с которыми можно столкнуться при применении данного



метода оценки векторного критерия оптимальности производственной программы предприятия.

Самым сложным и ответственным моментом метода является содержательная интерпретация выделенных и измеренных главных компонент и, в частности первой главной компоненты, которая обычно рассматривается в качестве оценки латентного признака (векторного критерия оптимальности производственной программы предприятия). Немало исследований в различных областях науки и практики терпели фиаско из-за невозможности дать ясное качественное истолкование сконструированным искусственным переменным. Указанная стадия метода главных компонент является неформальной и в значительной мере зависит от знаний и опыта самого исследователя. А это, в свою очередь, определяет успех проведения всей многомерной статистической процедуры.

Следует иметь в виду, что в реальных социально-экономических исследованиях довольно часто встречаются ситуации, когда одну и ту же главную компоненту «нагружают» разные по смыслу исходные симптомы, которые невозможно объединить единым качественным содержанием. В этом случае интерпретация построенных искусственных переменных сильно затруднена, а их практическая ценность сводится к нулю.

Если всё же удалось качественно истолковать выделенную первую главную компоненту, то она может служить для осуществления количественной оценки латентного признака – векторного критерия оптимальности производственной программы предприятия. Полученная стандартизованная переменная образует базу для ранжирования и группировки объектов (векторов оптимальности) по величине скрытого признака, определяющего корреляционные связи наблюдаемых симптомов (скалярных критериев оптимальности). С помощью значений измеренной главной компоненты для каждого объекта (вектора оптимальности) можно выделить группы лидеров, середняков и аутсайдеров с точки зрения нахождения наилучшей производственной программы предприятия.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Многомерные статистические методы, ориентированные на оценку латентных признаков, являются мощным инструментом решения проблемы многокритериальной оптимизации производственной программы предприятия. Однако, в силу сложности их математико-статистического аппарата, неподготовленности современных экономистов предприятия для их использования, отсутствие навыков применения соответствующего программного обеспечения, например, системы STATISTICA [13], [14], практическое внедрение предлагаемого подхода существенно затруднено. В связи с этим необходимо повышать уровень квалификации работников экономических служб предприятий, знакомить их с аналитическими возможностями математико-статистического моделирования большинства задач текущего и перспективного планирования производства.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Янковой А.Г. Многомерный анализ в системе STATISTICA. Вып. 1. - Одесса: Оптимум, 2001. – 216 с.
2. Янковой А.Г. Многомерный анализ в системе STATISTICA. Вып. 2. - Одесса: Оптимум, 2002. – 325 с.
3. Янковий О.Г. Статистична оцінка латентних економічних ознак. – Теорія і методологія статистичного аналізу: Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 100-річчю Пасхавера Й.С. – К.: КНЕУ, 2006. – С.327-335.
4. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании. Пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 175 с.
5. Янковой А.Г. Оценка латентных показателей с помощью таксономического анализа // Вісник Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова, т. 11, вип. 8. – Одеса, ОНУ, 2006. – С.140-158.
6. Янковий О.Г., Кошельок Г.В., Чернишова О.Б. Об'єднана таксономія підприємств кондитерської галузі за рівнем

конкурентоспроможності // *Розвиток фінансових відносин в умовах трансформаційних процесів: український вимір / Матер. симпозиуму з нагоди 65-річчя Харків. інст. фінансів УДУФМТ. – Х.: ХІФ УДУФМТ, 2008. – С. 131-138.*

7. Чугумбаев Р.Р. *Модель комплексной сравнительной рейтинговой оценки финансового состояния предприятий-эмитентов по методу расстояний. .Преимущества и недостатки методических положений [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <http://www.socionet.ru>*

8. Янковой А.Г. *Факторный анализ и метод главных компонент в исследованиях латентных показателей // Ринкова економіка: Сучасна теорія і практика управління, т. 6 (вып. 7). – Одеса: Астропринт, 2003. – С.81-104.*

9. Благуш П. *Факторный анализ с обобщениями. Пер. с чешск. - М.: Финансы и статистика, 1989. – 248 с.*

10. Иберла К. *Факторный анализ. Пер. с нем. – М.: Статистика, 1980. – 398 с.*

11. Окунь Я. *Факторный анализ. Пер. с польск. – М.: Статистика, 1974. – 200 с.*

12. Харман Г. *Современный факторный анализ. Пер. с англ. – М.: Статистика, 1972. – 486 с.*

13. Боровиков В. П. *STATISTICA – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М. : ИИД «Филинь», 1998. – 608 с.*

14. Боровиков В. П. *Популярное введение в программу STATISTICA. / Боровиков В. П. – М. : КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.*