№ 1, 2017

СИЛА систем

16 +

СИЛА систем

Междисциплинарный научный журнал. Выходит четыре раза в год.

№1 / 2017

Издатель: ООО «Сила систем».
Генеральный директор: Петухов Даниил Валерьевич

Главный редактор:
Ермаков Иван Александрович, к.э.н., доцент кафедры логистики Государственного университета управления, г.Москва

Редакция:
Белова Светлана Сергеевна, к.э.н. (ФГБОУ ВО ГУУ)
Филиппов Егор Евгеньевич, к.э.н. (ООО «Яндекс»)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Аникин Борис Александрович	–	д.э.н., проф., заведующий кафедрой логистики ФГБОУ ВО ГУУ
Петухов Валерий Иванович	–	д.м.н., проф., Балтийская Международная Академия (Латвия)
Канке Алла Анатольевна	–	к.э.н., проф., директор Высшей школы бизнеса ФГБОУ ВО ГУУ
Орчаков Олег Александрович	–	к.п.н., доц., заместитель директора института дополнительного образования ГАОУ ВО МГПУ
Скворцов Ярослав Львович	–	к.соц.н., доц., декан факультета Международной журналистики МГИМО (У) МИД РФ
Грязнов Леонид Эдуардович	–	к.э.н., генеральный директор ЗАО «Горизонт-Холдинг»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77 - 64443 от 31 декабря 2015 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят рецензирование. Авторы статей несут ответственность за достоверность изложенных в статьях сведений, фактов, данных. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Почтовый адрес редакции: 115054, Россия, г. Москва, Озерковская набережная, д. 44, кв. 9.
Фактический адрес редакции: г. Москва, Озерковская набережная, д. 44, кв. 9.
Телефон: +7 916 622-74-87
E-mail: petdan@mail.ru, ermakov@7pravil.ru;
http://powerofsystem.com/

Учредитель и издатель: ООО «Сила систем». Цена свободная.
Отпечатано с готового оригинал-макета в Издательском доме ФГБОУВО «ГУУ»: 109542, Москва, Рязанский проспект, 99, Учебный корпус, ауд. 106
Тел./факс: (495) 371-95-10. E-mail: id@guu.ru, roguu115@gmail.com
www.id.guu.ru, www.guu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	**5**	Editor’s board
Борисова Виктория Владимировна **Аспекты моделирования кривых безразличия с учетом предпочтений в условиях риска**	**6**	Borisova V.V. **Aspects of modeling indifference curves based on preferences at risk**
Водянова Вера Владимировна, Пушкин Дмитрий Андреевич **Расчёт экономической эффективности технологии складской грузообработки на основе математического моделирования**	**13**	Vodyanova V.V., Pushkin D.A. **Calculation of economic efficiency for the technology of cargo-handling in warehouse on the basis of mathematical modeling**
Заплетин Максим Петрович, Кириллова Полина Александровна **Оптимизация цены продукта в модели интенсивности отказов**	**24**	Zapletin M.P., Kirillova P.A. **Optimizing product costs in a model of the failure rate**
Ерыгин Кирилл Валерьевич, Белова Светлана Сергеевна **Использование коэффициента ранговой корреляции для оценки реализации стратегии управления логистическим сервисом в цепях поставок товаров народного потребления**	**34**	Erygin K.V., Belova S.S. **The usage of rank correlation coefficient for assessing the effectiveness of management strategy of logistics services in consumer goods supply chains**
Климина Юлия Германовна **Особенности развития цепей поставок в государственном оборонном заказе (ГОЗ)**	**38**	Klimina Y.G. **Development features of supply chains in the state defense order (SDO)**

От редакции

Уважаемые читатели, наш журнал входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Политика РИНЦ в настоящее время направлена на актуализацию базы научных журналов, входящих в индекс, в связи с чем особое внимание уделяется актуальности, научной ценности и уникальности работ. Именно поэтому наш журнал уделяет особое внимание новизне и оригинальности исследуемых проблем, нешаблонности применяемых подходов и методов исследования, но при этом наличию научной дисциплины и строгости изложения.

Журнал «СИЛА систем» является междисциплинарным. С нашей точки зрения, отличие междисциплинарности от мультидисциплинарности в том, что в первом случае существует интегрирующий фактор: некоторый аспект, свойство, сущность, набор проблем, в разрезе которых рассматриваются различные дисциплины и отрасли науки. В нашем случае таким интегрирующим аспектом является теория систем и системный подход.

Вряд ли найдется такая область деятельности, где не используется системный подход, в силу системного характера современного мировоззрения. В связи с этим мы приветствуем авторские работы, охватывающие самые разнообразные отрасли научного знания и области человеческой деятельности. В портфеле редакции на ближайшие выпуски запланированы статьи не только экономической и математической направленности, но и из области искусства.

Перед вами второй номер журнала. Мы подобрали статьи, которые, затрагивая совершенно разные проблемы, всё же связаны друг с другом тем, что рассматривают различные аспекты управления цепями поставок: от оптимизации цены и моделирования ценовых предпочтений до элементов управления и развития цепями поставок в целом.

От лица редакции напоминаю, что журнал придерживается парадигмы открытой науки (Open Science). Полные тексты статей входят в РИНЦ и представлены на сайте elibrary.ru, что способствует популяризации точек зрения авторов и повышению цитируемости их работ. Добавлю, что журнал ориентируется на любых авторов, готовых представить свою точку зрения в виде научной статьи по актуальным вопросам функционирования систем. Приглашаем к сотрудничеству!

Ермаков Иван Александрович,
главный редактор

Борисова Виктория Владимировна

к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Россия, г. Москва
Viktoria.Borisova@yandex.ru

Аспекты моделирования кривых безразличия с учетом предпочтений в условиях риска

Аннотация

В статье рассматриваются проблемные вопросы, сопутствующие процессу моделирования кривых безразличия с учетом предпочтений в условиях риска. Анализируется процесс построения кривых безразличия для функции полезности, описывающей подход Г. Марковица «средний эффект и вариация», определяются виды кривых безразличий с учетом склонности/несклонности к риску, раскрываются сложности их математического построения. Приводится анализ кривых безразличия, построенных для функции полезности в виде зависимости Кобба-Дугласа.

Ключевые слова:

Моделирование предпочтений, кривые безразличия, функция полезности, склонность/несклонность к риску, средний эффект и вариация, функция Кобба-Дугласа.

Borisova V.V.

PhD in Economics, associate professor, State University of Management, Moscow, Russia
Viktoria.Borisova@yandex.ru

Aspects of modeling indifference curves based on preferences at risk

Abstract

The article discusses the problematic issues associated with the process of modeling indifference curves preferences at risk. It analyses the process of constructing indifference curves for the utility function, describing the approach of Harry Markowitz "average effect and variation", defines the types of indifference curves according to propensity/aversion to risk, reveals the complexity of their mathematical construction. It gives the analysis of indifference curves, built for the utility function in the Cobb-Douglas production function.

Keywords

modeling preferences, indifference curves, utility function, propensity/aversion to risk, average effect and variation, the Cobb-Douglas production function.

Выявление предпочтений лиц, принимающих решение, является одной из фундаментальных задач теории принятия решений. Понимание того, что на самом деле движет человеком при выборе альтернативных вариантов, открывает широкие возможности для моделирования этого процесса, и как следствие, повышает эффективность выбора во внешней среде.

Однако учет предпочтений всегда был сложной задачей как с точки зрения ее выявления (постановочной части выбора), так и с точки зрения ее отражения в технологиях выбора (формализация выбора).

Современный аппарат выбора решений, учитывающий систему предпочтений индивидуума, в качестве базовой конструкции рассматривает так называемые индикаторы предпочтений в виде функциональных зависимостей, позволяющих моделировать оценку сравниваемых вариантов решений и на этой основе производить выбор наилучшей альтернативы.

Важной частью данной процедуры выбора становится учет характеристик условий, в которых такой выбор производится: будет ли это ситуация, когда нам известен конечный экономический результат оцениваемых решений (ситуация определённости) или из-за влияния «внешних», не зависящих от индивидуума случайных воздействий или факторов, мы не можем однозначно определить экономический результат принимаемого решения (ситуация в условиях риска и неопределённости).

В том случае, когда влияние этих внешних случайных воздействий может быть описано вероятностным или

© В.В. Борисова, 2017

статистическим языком, в соответствии с принятой терминологией говорят о принятии решений в условиях риска и, соответственно, об управлении рисками.

При наличии ситуации определённости система предпочтений[1] индивидуума достаточно ясно выявляется и описывается соответствующими языками выбора, и проблема применения индикаторов предпочтений сводится к лишь к психологическим и математическим трудностям [2].

Гораздо сложнее, когда выбор происходит в ситуациях риска. Поскольку неоднозначность результата приводит к тому, что система предпочтений определяется не для сравниваемых вариантов, а для их последствий, которые обладают разной степенью риска, то к выше определённым трудностям индикаторов предпочтений добавляется еще и узость математических конструкций, которые могут быть использованы в процедурах отбора наилучших решений.

Ну а самой замечательной особенностью учёта системы предпочтений является то, что разные индивидуумы по-разному относятся к риску или возможным потерям, поэтому решая задачу выбора стратегий управления рисками или задачу принятия решений в условиях риска применительно к разным лицам, принимающим решение, мы можем получить разные рекомендации по выбору. Учёт такой особенности как склонность/несклонность к риску и разная степень интенсивности проявления данного свойства у индивидуума существенно усложняют как применение индикаторов предпочтений для выбора решений, так и сам процесс выбора.

Кроме того, требуется учесть и то обстоятельство, что процедура принятия решения в условиях риска весьма отличается от традиционного алгоритма выработки решений, поскольку она ориентирована не на выбор какого-то конкретного решения, а на выбор стратегии управления рисками, в рамках которого и рассматривается наилучшее решение.

Всё это делает проблему выбора в условиях риска с учетом системы предпочтений лица, принимающего решения, достаточно сложной и трудно решаемой.

Выбор стратегий управления рисками происходит в рамках процесса управления рисками, последовательность которого, в общем виде, состоит из трёхэтапного комплекса процедур.

На первом этапе производится постановка цели на ведение конкретного вида предпринимательской деятельности. В качестве вариантов целевых установок могут рассматриваться сохранение полностью или частично своих ресурсов или получение ожидаемого дохода в полном объёме при приемлемом уровне риска. В результате выполнение первого этапа устанавливается начальный уровень риска, т.е. риска в идее/замысле, предполагаемом решении. Однако уровень такого риска очень высок, поскольку на этом этапе он определяется без учёта проведения мероприятий по его анализу и смягчению.

В состав второго этапа управления риском входят процедуры по выявлению, идентификации, выбору показателей и оценке риска, а также анализ полученных вариантов для принятия решения. Совокупность выявленных факторов риска позволяет построить систему факторов риска применительно к конкретному виду деятельности. Результатом этого этапа является реальная оценка степени риска и его последствий.

Полученные на втором этапе оценки степени риска являются исходными данными для третьего этапа - разработки мероприятий по уменьшению риска.

[1] Система предпочтений - это совокупность интересов, мотивов, оценок и отношений, на базе которых индивидуум принимает решение о выборе той или иной альтернативы.

Реализация фазы выбора средств и приёмов управления риском предполагает использование как типового, так и уникального решения, содержащего экономически обоснованные рекомендации и мероприятия, направленные на уменьшение начального уровня риска до приемлемого уровня.

Кривые безразличия или линии уровня являются элементом карты рисков – двумерного графика, отражающего перечень всех выделенных рисков рассматриваемой компании (организации) или отдельно взятого индивидуума в координатах «влияние последствий – вероятность наступления», наглядно представляющего картину существующих в организации (у индивидуума) рисков в сопоставлении их друг с другом.

Основой для сравнения является функциональная зависимость, чаще всего понимаемая как функция полезности, которая позволяет перейти от двумерного представления «влияние последствий – вероятность наступления», к одномерному – к оценке функции полезности, однозначно задающей уровень критичности (значимости) риска и на ее основе производить сопоставление и ранжирование рисков организации или отдельно взятого индивидуума.

Несмотря на то, что построение кривой безразличия представляет собой важный элемент работы с перечнем рисков организации/индивидуума (достаточно отметить, с точки зрения классической теории риска, что кривые безразличия суть критические границы терпимости к риску (границы толерантности), являющиеся уникальной характеристикой для каждой организации/индивидуума, которая, как минимум, даёт возможность определить, для каких рисков стоит применять стратегию принятия на себя, а какие подвергнуть анализу на возможность передачи, хеджирования и т.д.), вопросы по её построению частично остаются недостаточно раскрытыми.

Скажем больше, в практике управления рисками господствует экспертный подход к определению такой зависимости, позволяющий избежать все возможные трудности математической формализации. Не оспаривая возможности такого построения для многих видов рисков, например, операционных рисков, бизнес-рисков или рисков внешней среды, где единственным инструментом является только экспертное оценивание, нежелание применения математических конструкций распространяется и на те ситуации, где есть возможность получить функциональную зависимость при наличии исходных данных для построения, хотя современный аппарат экономико-математического моделирования накопил немало интересных приёмов работы с предпочтениями в условиях риска при построении кривых безразличия, о которых и пойдет речь в данной статье.

Чаще всего в оценивании риска применяется способ, предложенный лауреатом Нобелевской премии Г.Марковицем [1,4] и получивший название «средний эффект и вариация», который представляет функцию полезности в виде функциональной зависимости

$$f(E[x];\ \sigma^2[x]),$$

где $E[x]$ - переменная, интерпретируемая в рассматриваемом случае как средний ожидаемый конечный результат (математическое ожидание конечного результата) для организации (индивидуума); $\sigma^2[x]$ - переменная, интерпретируемая в рассматриваемом случае как соответствующее среднее квадратическое отклонение рассматриваемого конечного результата для организации (индивидуума).

Таким образом, каждая отдельно взятая кривая безразличия как геометрическое отражение набора точек в координатной плоскости будет определяться соотношением:

$$f(E[x]; \sigma^2[x]) = K,$$

где K - параметр, характеризующий отдельную линию семейства.

Построение $f(E[x];\ \sigma^2[x])$ осуществляется таким образом, чтобы большим значениям K соответствовали линии уровня из этого семейства с большим предпочтением для данной организации (индивидуума).

При использовании такой функции полезности предпочтения относительно риска проявляются в выборе ее вида.

В общем случае должно выполняться условие

$$\frac{df}{dE[x]} > 0.$$

Если мы рассматриваем несклонное к риску поведение, то функция полезности примет следующий вид:

$$f(E[x];\ \sigma^2[x]) = E[x] - \lambda \times \sigma^2[x]$$

с соблюдением условия $\frac{df}{d\sigma^2[x]} < 0.$

Для склонного к риску поведения при выборе, функция полезности примет вид:

$$(E[x];\ \sigma^2[x]) = E[x] + \lambda \times \sigma^2[x]$$

с соблюдением условия $\frac{df}{d\sigma^2[x]} > 0.$

Величина параметра $\lambda > 0$ в рассматриваемом классе функций такого типа характеризует степень соответствующей склонности/несклонности к риску.

Общий вид линии уровня в пространстве $(E[x]; \sigma^2[x])$ описывается параболой, смещенной вверх (по оси координат, где откладывается величина среднего ожидаемого конечного результата) на величину K и в зависимости от склонности или несклонности к риску – вогнутой или выпуклой относительно начала координат соответственно.

Таким образом, функция полезности в виде $f(E[x];\ \sigma^2[x])$ позволяет моделировать отношение предпочтения к риску путем учета склонности/несклонности к риску индивидуума или организации в принятии решений в условиях риска.

Построение рассматриваемой функции содержит в себе несколько сложностей.

Во-первых, для вычисления среднего ожидаемого значения конечного результата и его среднего квадратического отклонения необходим значительный объем наблюдений о конечном результате. Так же применение рассматриваемой функции полезности для построения кривых безразличия требует соответствия эмпирического распределения конечного результата закону нормального распределения.

Нормальное распределение довольно часто играет роль стандартного распределения в первом приближении (о чем часто забывают) при исследовании случайных процессов сложной природы, к которым мы со всей уверенностью можем отнести и риски. Математическое ожидание отвечает за «среднее», а среднее квадратическое отклонение – за разброс вокруг среднего. График нормального распределения (кривая Гаусса) является симметричным и не имеет тяжёлого хвоста[2].

В большей части практического использования данной конструкции проверка гипотезы о наличии нормального распределения дает отрицательный результат.

Выход из ситуации может быть следующим – перейти в плоскость численного моделирования и найти искомые значения с использованием методов Монте-Карло, как случайные величины, полученные путем многократного повторения эксперимента. Для этого необходим генератор случайных чисел, возвращающий нормально распределенную

[2] В теории вероятности распределениями с тяжёлым хвостом называются такие, для которых существует значимые малые вероятности очень больших значений. В случае моделирования ущерба, большие значения характеризуют катастрофические убытки.

случайную величину со средним значением и стандартным отклонением. Табличный процессор Microsoft Excel позволяет это сделать без особого труда путем использования соответствующей надстройки. Его ограничение состоит лишь в том, что в Microsoft Excel можно генерировать стандартные распределения, как, впрочем, и большинство пакетов статистической обработки. Для более сложных распределений необходимо создание генератора случайных чисел. Но и после получения требуемого набора величин мы можем столкнуться со сложностью отсутствия единого значения по моде. В этом случае следует рассмотреть среднее геометрическое по всем проведенным испытаниям.

Но если мы отступаем от простейшего случая нормального распределения, то достаточно ли нам двух параметров $(E[x];\ \sigma^2[x])$, чтобы описать предпочтения функцией полезности на их основе?

В первом приближении да. Достаточное количество распределений имеют подобные характеристики. Однако мы должны принять во внимание, что рассматриваемые распределения конечного результата должны быть симметричны. При наличии асимметричности распределения использование функции полезности, содержащей только среднее ожидаемое значение и среднее квадратическое отклонение в оценивании риска, недостаточно для описания предпочтений и может приводить к абсурдным результатам.

Более того, в работе [4] приведены примеры, показывающие, что в случае применения рассматриваемой функции полезности несклонного к риску поведения, для двух точек, расположенных на $(E[x];\ \sigma^2[x])$-плоскости: $(E[x_1];\ \sigma^2[x_1])$ и $(E[x_2];\ \sigma^2[x_2])$, лежащих на одной кривой безразличия $(f(E[x_1];\ \sigma^2[x_1]) = f(E[x_2];\ \sigma^2[x_2]))$, при $E[x_1] > E[x_2]$ и $\sigma^2[x_1] > \sigma^2[x_2]$ и отсутствии нормального распределения можно доказать предпочтительность $(E[x_1];\ \sigma^2[x_1])$ перед $(E[x_2];\ \sigma^2[x_2])$. Причем такое противоречие характерно и для склонного к риску поведения. Введение требования учета симметричности распределения через коэффициент асимметрии не улучшает ситуацию. Это иллюстрирует факт, что кривая безразличия, построенная на основе функции полезности, зависящей только от математического ожидания и среднего квадратического отклонения для склонного/несклонного к риску поведения в случае произвольного распределения конечного результата, выражает немонотонные предпочтения, что нарушает саму суть кривых безразличия: все точки, лежащие на кривой безразличия, имеют одинаковую предпочтительность. Повторимся, если речь идет о нормальном распределении, то таких трудностей нет.

Во-вторых, для построения кривых безразличия требуется численное определение параметра λ. Несомненным удобством является наличие только одного параметра λ в представлении функций $f(E[x];\ \sigma^2[x])$ такого класса. Другими словами, для выбора конкретной функции в этом классе достаточно определить только приемлемое для организации или индивидуума значение λ. Сделать это можно либо экспертным путем, либо расчётным. Назначение значений λ экспертно несет в себе все издержки субъективного оценивания. Расчетно процесс нахождения данной величины требует установления эквивалентного отношения предпочтения между двумя вариантами решений, принадлежащими одной линии уровня в координатах $(E[x];\ \sigma^2[x])$. Составляя уравнение эквивалентности путем приравнивания значений функции полезности двух решений, выводим значение параметра λ. Но и тут не следует забывать, что данное значение будет характеризовать степень склонности или несклонности к риску только в некоторой

области значений конечного результата. При изменении порядка величин изменится и значение параметра. В практических расчетам мы можем иметь разные λ для разных объектов оценивания, и как следствие, разные кривые безразличия.

В работе [3] предложено рассматривать в качестве функции полезности функцию Кобба-Дугласа (Cobb, Douglas) следующего вида:

$$f(L;P) = L^{a} \times P^{1-a},$$

где L – величина ущерба, тыс.руб.; P – вероятность получения ущерба; a – параметр, описывающий предпочтения между ущербом и вероятностью, $a \in [0,1]$. Функция определена для $L \geq 0$ и $P \geq 0$.

Кривые безразличия описываются семейством гипербол $P(L) = C/L^{k}$, где L – величина ущерба, тыс.руб.; P – вероятность получения ущерба; k – параметр; C – константа.

аппетитом (RA) с 50% вероятностью, и величина, названная болевым порогом (PT) с 1% вероятностью. Риск-аппетит выражает сумму ущерба, которую организация(индивидуум) считает приемлемой для себя (готова принять на себя в терминах стратегий управления рисками), а болевым порогом является величина ущерба, за пределами которого риск признается катастрофическим.

Уравнение эквивалентности будет иметь следующий вид:

$$RA^{\alpha} \times (\tfrac{1}{2})^{1-\alpha} = PT^{\alpha} \times (\tfrac{1}{100})^{1-\alpha}.$$

Путем математических преобразований и логарифмирования получено значение параметра a:

$$a = \frac{\ln(0{,}02)}{\ln(RA) - \ln(PT) + \ln(0{,}02)}.$$

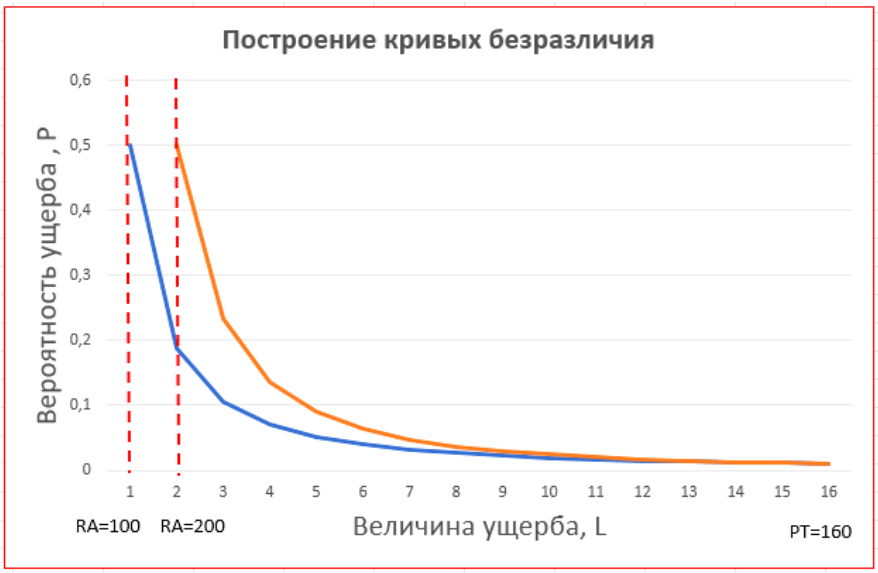

Рисунок 1 – Кривые безразличия, построенные по функции полезности в виде зависимости Кобба-Дугласа

Для построения кривой безразличия необходимо задать параметр a. Для его определение авторами предложено построить уравнение эквивалентности между двумя точками, принадлежащими одной кривой безразличия. В качестве параметров взяты величина, названная риск-

Надо сказать, что при таком определении параметра a мы всегда будем иметь несклонность к риску (зависимость параметров RA и PT характеризуется выпуклостью относительно начала координат).

Кривая безразличия описывается формулой

$$P(L) = \frac{1}{2}(\frac{RA}{L})^k,$$

где $k = \frac{\ln(0{,}02)}{\ln(RA) - \ln(PT)}$.

На рисунке 1 представлены две кривые безразличия, построенные для разных риск-аппетитов с заданной величиной болевого порога.

Таким образом, использование функции полезности в виде зависимости Кобба-Дугласа описывает только предпочтения несклонности к рисковому поведению. В этом случае мы свободны от привязки к распределению конечного результата (и его особенностям), но зависимы от величины риск-аппетита и болевого порога. Параметр k представляет собой степень интенсивности проявления несклонности к риску. Чем меньше его значение, тем более выпукла относительно начала координат кривая безразличия, тем выше несклонность к риску. Зависимость параметров такова. При росте риск-аппетита и неизменности болевого порога параметр k растет. При росте болевого порога параметр k убывает.

Литература

1. Бродецкий, Г.Л. Моделирование логистических систем. Оптимальные решения в условиях риска / Г.Л. Бродецкий. – М.: Вершина, 2006. – 376 с.
2. Борисова В.В. Проблематика моделирования предпочтений лиц, принимающих решения / В.В. Борисова // Вестник ГУУ, 2014. - № 14.
3. Палунин, Д.Н., Кокош, А.Г. О подходе к оценке аппетита компании к риску на основании формализованной оценки ее финансового состояния / Д.Н. Полунин, А.Г. Кокош // Российский инженер, 2015. - №4(47). – Режим доступа: http://www.russianengineer.ru/2015-47-n3.php
4. Шоломицкий, А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска [Текст]: учебное пособие для вузов / А.Г. Шоломицкий; Гос. ун-т – Высшая школа экономики. – М.: Изд. дом ГУУ ВШЭ, 2005. –400 с.

Водянова Вера Владимировна

д.э.н., доцент, профессор ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Россия, г. Москва
veravodyanova@yandex.ru

Пушкин Дмитрий Андреевич

индивидуальный предприниматель, выпускник ФГБОУ ВО «Государственный университет управления» , Россия, г. Москва
dmitryzs@yandex.ru

Расчёт экономической эффективности технологии складской грузообработки на основе математического моделирования

Аннотация

В статье рассматриваются базовые модели расчёта экономической эффективности интегрированной технологии складской грузообработки. Представлены алгоритмы имитационных моделей без запаздываний для одного клиента, формирующие данные для расчёта экономической эффективности исследуемой операции. Рассмотрены варианты формирования статистических данных для проведения необходимых расчётов. Основным модельным инструментом являются методы Монте-Карло. Результаты работы обобщённой модели, построенной для нескольких клиентов на основе базовых моделей, позволили получить оценку эффективности технологии складской грузообработки, сочетающей в себе операции PBL и процедуру «хранения» товаров группы CZ.

Ключевые слова

исследование операций, модель, имитационное моделирование, технология PBL, экономическая эффективность, операция, агент, многоагентная модель, складская грузообработка

Vodyanova V. V.

ShD (Economics), Associate Professor, Professor of State University of Management, Moscow, Russia
veravodyanova@yandex.ru

Pushkin D. A.

Sole Trader, Graduate of State University of Management, Moscow, Russia
dmitryzs@yandex.ru

Calculation of economic efficiency for the technology of cargo-handling in warehouse on the basis of mathematical modeling

Abstract

The article considers the basic models of calculation of economic efficiency for the integrated technology of cargo-handling in warehouse. Algorithms of simulation models without delay for one client that generate data for calculation of economic efficiency of the investigated operations are presented Also the article considers options for generating statistical data for the necessary calculations. The methods of Monte-Carlo are the main modeling tool. The results of the work of generalized model constructed for several clients using basic models has allowed to obtain an evaluation of the effectiveness of the economic efficiency for the technology of cargo-handling in warehouse, which combines the operations of PBL and the procedure for storage of product from CZ-group.

Keywords

operations research, model, simulation, PBL technology, economic efficiency, operation, agent, multi-agent model, warehouse cargo-handling

Как известно, совокупность математических методов исследования операций достаточно представительна. Помимо детерминированных и стохастических методов, она включает в себя методы, относящиеся к группам процессов, общих для многих областей человеческой деятельности: прогнозирования, учета, финансовой деятельности и управления экономикой, сбыта и рекламы, управления трудовыми ресурсами, экономического анализа инвестиций, информационных систем управления, вычислительных информационных систем, планирования и управления разработкой проекта, управления запасами, составления календарных планов производства и последовательности работ, ремонта и анализа надежности оборудования, размещения и загрузки производственных мощностей, планирования производства и др.

Эти методы специально разработаны для тех задач, которые возникают в указанных областях и, с одной стороны, представляют собой комбинации и

© В.В. Водянова, Д.А. Пушкин, 2017

адаптации методов исследования операций, которые уже давно признаны фундаментальными, а с другой – содержат уникальные элементы новых приложений математики к реальным системам [1,4,5].

На сегодняшний день в системе складирования компаний достаточно широкое распространение получила технология грузообработки *PBL* (Pick-by-line). *PBL* представляет собой разновидность кросс-докинга и заключается в следующем: ячейка на распределительном центре выделяется не под номенклатурные и/или ассортиментные позиции, а под определенного клиента (магазин), и пополнение данной ячейки происходит по предварительным заказам клиента по нескольким номенклатурным и ассортиментным позициям. Как только ячейка пополнена необходимым товаром, грузовая единица отгружается. То есть хранение условно отсутствует (что и определяет принадлежность данной технологии к кросс-докингу), так как ячейка служит, по сути, местом комплектации заказа. При целесообразном использовании *PBL* минимизируется количество необходимой складской площади и ускоряется оборачиваемость. Технология *PBL* обычно используется для группы товаров *CZ* [3]. Однако данная технология приводит к падению такого показателя, как *уровень сервиса* (Service Level, SL)[1] и, следовательно, к росту упущенных продаж. Это вызвано, прежде всего, тем, что заказы формируются по предварительной заявке от магазина, а страховой запас не формируется. В связи с этим длительность цикла выполнения заказа по данной цепочке велика.

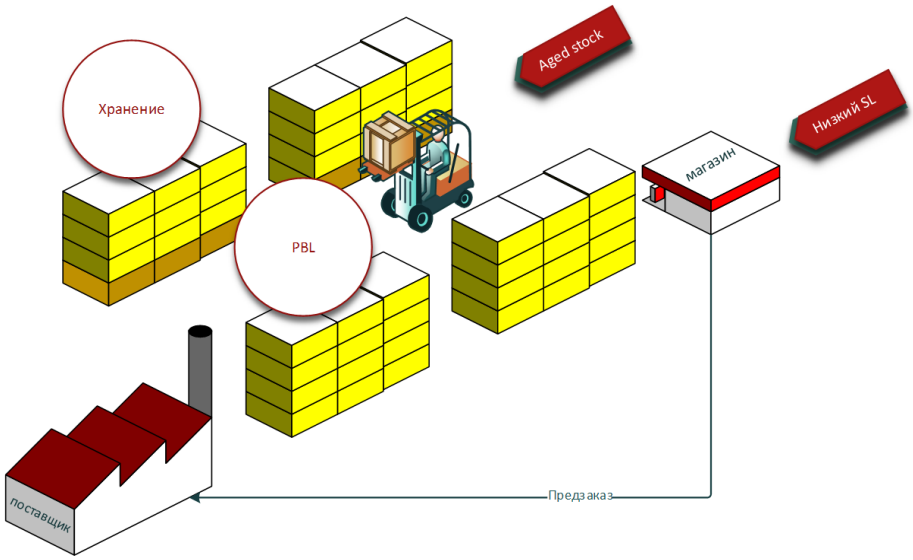

Рисунок 1 – Проблемы технологии *PBL*

Существует также проблема перевода некоторых поставщиков на *PBL*, т.к. не для всех поставщиков приемлем размер партии поставки, необходимый для реализации продукции по технологии *PBL*. Таким образом, продукция данных поставщиков реализуется в неоптимальном варианте, чаще всего через обычное хранение с созданием страхового запаса, порогового уровня заказа, максимально желаемого уровня запаса, что порождает дополнительные издержки для склада, в т.ч. наличие застойного запаса (Aged Stock). Проблемы условно представлены на рисунке 1.

Решением обозначенных выше проблем может служить частичная интеграция цепочки поставок «хранение» и

[1] SL = (исполненные заказы вовремя)/(всего заказов)

PBL (рисунок 2). Ячейки *PBL* доукомплектовываются застойным запасом (Aged Stock) из ячеек отбора в зоне хранения товарами тех самых поставщиков, продукцию которых целесообразно реализовывать посредством *PBL*, но она реализуется через стандартное хранение по обозначенным выше причинам. Причем данный Aged Stock будет перемещен в зону *PBL* с целью оптимизации маршрута внутрискладской транспортировки и сокращения непроизводительного пробега подъемно-транспортного оборудования. После доукомплектации заказ может быть отгружен. Данная технология позволяет гармонизировать партию отправки, «вымывать» застойный запас из ячеек отбора с хранения, повысить оборачиваемость по *PBL*, что приведет к уменьшению цикла выполнения заказа и минимизирует упущенные продажи.

PBL+, объединяющей цепочки поставок «хранение» и *PBL* (модель «как должно быть»).

Заказы формируются единовременно для нескольких клиентов, поэтому требуется отслеживать состояние каждого элемента множества заказов в каждый момент времени. Таким образом, мы должны построить модель клеточных автоматов, идеология которых позволяет проводить параллельные вычисления. Более того, наши клетки имеют индивидуальные показатели, достижение которых позволяет им переходить из состояния *формирования* в новое состояние - состояние *отгрузки*. Поэтому можно обоснованно говорить о нашей модели как о многоагентной, где в качестве агента выступает клиентский заказа. Таким образом, получаем следующую концептуальную модель.

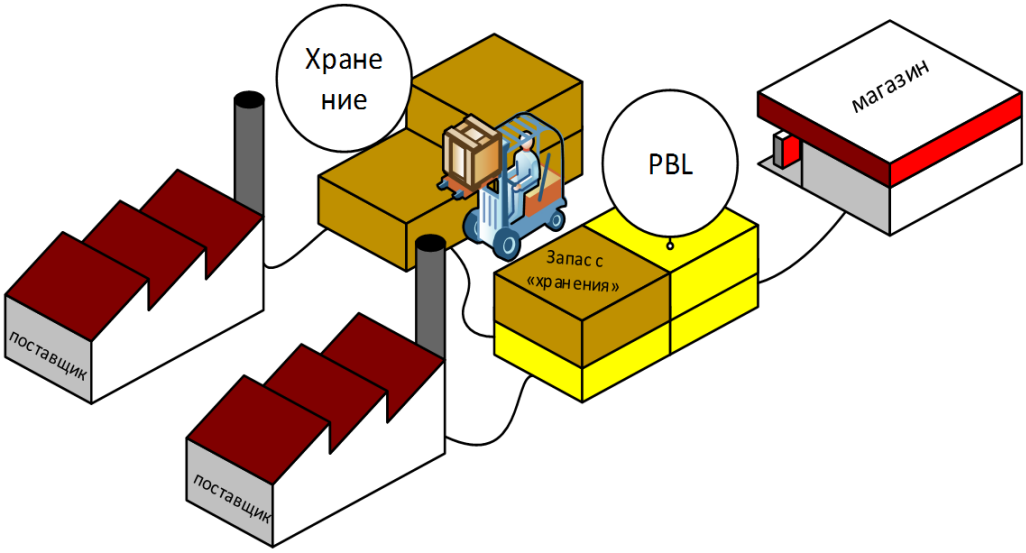

Рисунок 2 – Интегрированная технология с «хранением»

Поскольку расчёт экономической эффективности любой операции основан на сравнении результатов, полученных без внедрения операции и с её внедрением, то нам нужно воспроизвести принципиальную схему формирования заказов, осуществляемого при традиционном подходе (модель «как есть») и при использовании интеграционной процедуры

При поступлении заказа магазину отводится отдельная клетка-паллета. Клетка попадает в состояние *размещение*. В принципе, каждая клетка может иметь свой размер как по количеству товарных позиций, так и по объёму. Для решения нашей задачи (сравнения времени формирования заказа) естественно положить, что все клетки имеют

одинаковый размер в смысле количества товарных позиций (каждая клетка содержит одинаковое число товарных позиций). После того, как клетка была размещена, а накопленные суммарные размеры заказов хотя бы по одной товарной позиции достигли заданного уровня, она переходит в состояние *формирования.* С учётом набора характеристик каждой товарной позиции осуществляется заполнение клетки. Будем считать, что закрытие товарной позиции в клетке осуществляется одномоментно. Отгрузка паллеты происходит при заполнении клетки на 100% (состояние *отгрузка*).

Моделирование может проводиться как в условиях определённости, так и в условиях неопределённости. В обоих случаях базовыми моделями являются модели расчёта экономической эффективности интегрированной операции, проведённого для одного клиента. При построении этих моделей будем исходить из того, что они должны быть приспособлены как для временной выборки (когда модель для одного клиента запускается много раз, и потом полученные результаты усредняются), так и для пространственной выборки (когда для каждого клиента запускается типовая базовая модель, но с учётом характеристик этого клиента, и потом полученные результаты усредняются), и для пространственно-временной выборки (когда для каждого клиента его модель запускается много раз, и усреднение происходит по всем полученным результатам). Это найдёт своё отражение в обозначениях.

Реализацию пространственной и пространственно-временной выборок удобно производить на основе многоагентного моделирования, поскольку оно наглядно отражает протекание процесса. Для реализации временной выборки агентов вводить необязательно, можно обойтись традиционными массивами.

Введем условные обозначения.

Без ограничения общности будем считать, что пусть в данной цепи задействовано N магазинов и m товарных позиций.

t_i - время поставки i-й товарной позиции, причём для него известны границы:

$$T_i^{\min} \le t_i \le T_i^{\max},$$

где $T_i^{\min}, T_i^{\max}$ - минимальное и максимальное время поставки i-й товарной позиции соответственно, $i = \overline{1, m}$;

S_i - суммарный заказ по i-й товарной позиции на момент времени t_0 - момент начала моделирования, $i = \overline{1, m}$;

Ω^j - множество товарных позиций, образующих заказ j-го магазина ($j = \overline{1, N}$).

Поскольку выше было сказано, что все клетки имеют одинаковый размер, то пусть L - количество товарных позиций в клетке, которые подлежат заполнению.

Поскольку базовые модели построены для одного клиента, то будем считать, что все условия для формирования заказа выполнены по всем товарным позициям, т.е. в модели нет запаздываний. Это означает, что пока нас не интересуют величины суммарных заказов, а также нас не интересует состояние всех остальных агентов цепи, поскольку мы рассматриваем только одного из них.

Базовая модель расчёта эффективности операции $PBL+$ для одного клиента в условиях определённости

Процедура «***Розыгрыш времени поставок***»

С целью минимизации влияния человеческого фактора сгенерируем время поставки для каждой товарной позиции с помощью метода Монте-Карло в промежутке $[T_i^{\min}, T_i^{\max}]$ в целых числах. Здесь возможно несколько вариантов. Во-первых, время поставки каждой товарной позиции может быть подчинено какому-то

закону распределения. Если он известен, то тогда розыгрыш нужно проводить для непрерывной случайной величины [2]. При этом, если получится дробное значение, следует провести округление в сторону целой части (целой частью $[x]$ некоторого числа x называется наибольшее целое число, не превышающее x). Например, если время поставки для i-й товарной позиции ($i=\overline{1,m}$) подчинено равномерному закону распределения в промежутке $[T_i^{\min}, T_i^{\max}]$, то время поставки t_i определяется по формуле:

$$t_i = \left[T_i^{\min} + RND_i \cdot \left(T_i^{\max} - T_i^{\min}\right)\right] \equiv INT\left(T_i^{\min} + RND_i \cdot \left(T_i^{\max} - T_i^{\min}\right)\right), \quad i=\overline{1,m},$$

где RND_i - значение датчика случайных чисел, равномерно распределённых в интервале $(0,1)$, полученное для i-й товарной позиции ($i=\overline{1,m}$).

Во-вторых, время поставки можно разыгрывать как дискретную случайную величину. Тогда нужно знать для каждого целого числа, заключённого в промежутке $[T_i^{\min}, T_i^{\max}]$, частоту его возникновения для проведения розыгрыша по стандартному алгоритму [2], который приведён ниже.

случайную величину η, равномерно распределенную в $(0,1)$. Разделим интервал $0 \le \eta \le 1$ на интервалы Δ_i такие, что длина $|\Delta_i| = p_i$ (рисунок 3). Очередность интервалов Δ_i может быть любой, но фиксированной. Это означает, что перед началом розыгрыша очередность выбирается произвольным образом, фиксируется и не меняется на протяжении всего процесса моделирования.

Для такого разбиения *случайная величина* ξ*, определенная формулой*

$$\xi = x_i, \text{ когда } \eta \in \Delta_i, \quad (2)$$

имеет заданное распределение вероятностей (1).

Правило розыгрыша дискретной случайной величины определяет нелинейный алгоритм:

1. Запросим у *RND* значение η.
2. Выброшенное датчиком значение попадет в один из интервалов на рисунке 3. Пусть это будет интервал Δ_3.
3. Поскольку η равномерно распределена в $(0,1)$, то будем считать, что реализована соответствующая интервалу Δ_3 вероятность p_3, в связи с чем случайная величина ξ принимает значение x_3.

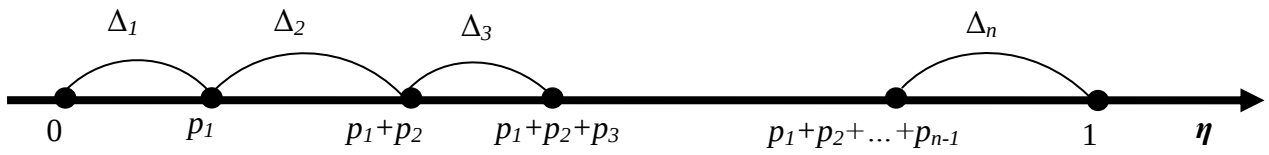

Рисунок 3 – Розыгрыш дискретной случайной величины

Рассмотрим дискретную случайную величину ξ с распределением

$$\begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \\ p_1 & p_2 & \dots & p_n \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $p_i = P\{\xi = x_i\}$.

Для того чтобы вычислить значения величины ξ, будем использовать базовую

Практически этот алгоритм может быть реализован следующим образом: в накопителе располагаются подряд (в выбранной фиксированной очередности) значения $x_1, x_2, \dots, x_n$ и $p_1, p_1+p_2, p_1+p_2+p_3, \dots, 1$. Для того, чтобы вычислить очередное значение ξ,

находим очередное $\boldsymbol{\eta}$. Затем сравниваем $\boldsymbol{\eta}$ с p_1. Если $\boldsymbol{\eta} < p_1$, то $\boldsymbol{\xi} = x_1$; если $\boldsymbol{\eta} \geq p_1$, то сравниваем $\boldsymbol{\eta}$ с $p_1 + p_2$. Если $\boldsymbol{\eta} < p_1 + p_2$, то $\boldsymbol{\xi} = x_2$; если $\boldsymbol{\eta} \geq p_1 + p_2$, то сравниваем $\boldsymbol{\eta}$ с $p_1 + p_2 + p_3$, и так далее.

Пусть результаты розыгрыша времени поставок занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные по товарным позициям

Товарная позиция	***Время поставки***
1	t_1
2	t_2
3	t_3
…	…
m	t_m

Аналогичную процедуру розыгрыша можно осуществить для величины суммарного запаса по каждой товарной позиции.

В простейшем случае, когда начинается заполнение клеток для всех магазинов, провести оценку эффективности интегрированной процедуры для каждого магазина можно по следующим формулам.

Процедура «***Определение времени загрузки клетки***»

Время загрузки клетки для j-го магазина ($j = \overline{1, N}$) по операции PBL :

$$T_{PBl}^{j} = \max_{t_i \in \Omega^j} t_i .$$

Время загрузки клетки для j-го магазина ($j = \overline{1, N}$) по интегрированной операции $PBL+$:

$$T_{PBl+}^{j} = \max_{t_i \in \Omega^j} \left\{ \{t_i\} \setminus \max_{t_i \in \Omega^j} t_i \right\}.$$

По этой формуле время загрузки определяется как второе по величине после максимального значение t_i, $i = \overline{1, m}$.

Очевидно, что $T_{PBl}^{j} \geq T_{PBl+}^{j}$.

Процедура «***Расчёт эффективности операции*** $PBL+$»

Эффективность интегрированной операции $PBL+$ для j-го магазина ($j = \overline{1, N}$) в одном эксперименте определяется по формуле:

$$\Delta T^{j} = \frac{T_{PBL}^{j} - T_{PBl+}^{j}}{T_{PBl}^{j}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Для получения модельной оценки нужно провести усреднение либо по *пространственной выборке* (по N_{PBL+} - количество магазинов, участвующих в операции $PBL+$)

$$\Delta T = \frac{\sum_{j=1}^{N^{PBL+}} \Delta T^{j}}{N^{PBL+}}, \quad (4)$$

либо по *временной выборке* (по результатам n испытаний, проведенных для любого, но фиксированного магазина)

$$\Delta T^{j} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta T_i^{j}}{n},$$

где ΔT_i^{j} - эффективность интегрированной операции для j-го магазина ($j = \overline{1, N}$) в i-м эксперименте ($i = \overline{1, n}$), расчёт которой производится по формуле (3); либо по пространственно-временной выборке (по результатам n испытаний, проведенных для всех магазинов, участвующих в операции $PBL+$)

$$\Delta T^{j} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta T_i^{j}}{n},$$

где ΔT_i^{j} - эффективность интегрированной операции для всех магазинов, участвующих в интегрированной операции в i-м эксперименте ($i = \overline{1, n}$), расчёт которой производится по формуле (4).

Процедура ***«Розыгрыш заказа»***

Возьмем временную шкалу с шагом 1 день, где $t_0 = 0$. В момент времени t_0 имеются заказы от магазинов. Комбинацию

номеров товарных позиций в заказе для каждого магазина определим посредством розыгрыша дискретной случайной величины в интервале от 1 до m. Конечно, когда перед глазами имеется конкретный заказ, придумывать и разыгрывать ничего не требуется. Но в условиях вычислительного эксперимента, который мы хотим провести на модели, мы вынуждены каким-то образом сгенерировать начальные данные – спрос. Оценка временных затрат на удовлетворение спроса – основная цель проводимого эксперимента.

Будем считать, что у нас есть p_i^j - частотные характеристики попадания i-й товарной позиции в заказ j-го магазина, $i=\overline{1,m},\ j=\overline{1,N}$, причём $0 \le p_i^j \le 1, \sum_{i=1}^{m} p_i^j = 1$.

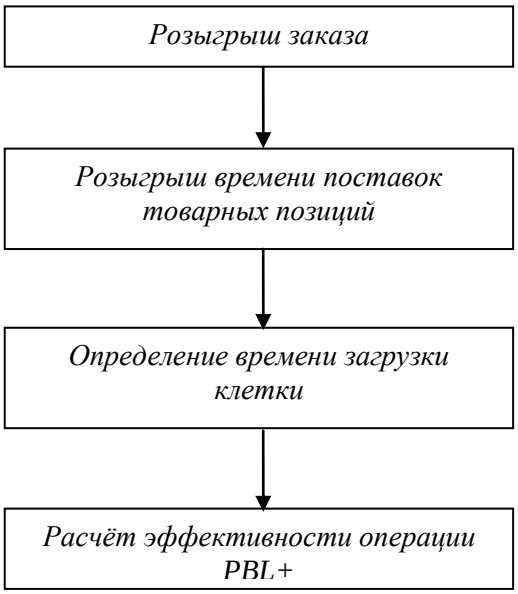

Рисунок 4 – Алгоритм расчёта эффективности операции $PBL+$ для одного клиента в условиях определённости

Это означает, что для j-го магазина ($j=\overline{1,N}$) задана дискретная случайная величина ξ^j, реализация которой (множество номеров товарных позиций $\{i,\ i=\overline{1,m}\}$) представлена следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \cdots & m \\ p_1^j & p_2^j & p_3^j & \cdots & p_m^j \end{pmatrix}.$$

На рисунке 4 представлена соответствующая алгоритмическая модель расчёта эффективности операции $PBL+$ для одного клиента.

Базовая модель расчёта эффективности операции $PBL+$ для одного клиента в условиях неопределённости

Как уже отмечалось выше, неопределённость возникает в случае, когда сроки поставок нам неизвестны. В этой ситуации важно отслеживать уровень заполнения клетки-паллеты. Представим клетку-паллету в виде массива (рисунок 5). В ячейках размещаются номера товарных позиций, из которых формируется заказ клиента. Заполнение клетки осуществляется с помощью процедуры «***Розыгрыш заказа***». В рамках эксперимента для определения в клетке-паллете пропорции $PBL/PBL+$ было принято решение использовать пропорцию Парето 80%/20%. Другими словами, догружать товары с хранения в ячейку клиента можно не ранее, чем после ее заполнения на 80% по цепи постовок PBL. Вообще говоря, данная пропорция на практике определяется индивидуально.

№ клиента	Товар № 1	Товар № 3	Товар № 4	Товар № 7	…	Товар № l

Рисунок 5 – Формирование спроса в момент времени t_0

Процедура «***Розыгрыш количества товарных позиций при поступлении***»

Для начала разыграем количество товарных позиций в заказе, которые могут быть закрыты в момент времени $t_1 = t_0 + 1$. Поскольку у нас m товарных позиций, то при первом розыгрыше может прийти любое количество товарных позиций от 0 (когда нет поставки) до m (поставили сразу

всё). Представление исходов выглядит следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \cdots & m \\ p_0^{j(1)} & p_1^{j(1)} & p_2^{j(1)} & \cdots & p_m^{j(1)} \end{pmatrix},$$

где $0 \le p_i^{j(1)} \le 1 \left(i = \overline{0, m}\right), \quad \sum_{i=0}^{m} p_i^{j(1)} = 1.$

Пусть при первом розыгрыше мы получили приход k_1 товарных позиций, причём без ограничения общности $k_1 = \overline{0, m}$.

В следующий момент времени $t_2 = t_1 + 1 = t_0 + 2$ количество товарных позиций k_2, которые могут быть поставлены, будет меняться в диапазоне от 0 (нет поставки) до $m - k_1$:

$$k_2 = \overline{0, m - k_1}.$$

Исходы теперь уже будут представлены следующим образом:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \cdots & m - k_1 \\ p_0^{j(2)} & p_1^{j(2)} & p_2^{j(2)} & \cdots & p_{m-k_1}^{j(2)} \end{pmatrix},$$

где $0 \le p_i^{j(2)} \le 1 \left(i = \overline{0, m - k_1}\right), \quad \sum_{i=0}^{m-k_1} p_i^{j(2)} = 1.$

Следует понимать, что вероятность одного и того же исхода на каждом шаге будет меняться, потому что будет меняться само пространство исходов (их становится всё меньше). Вычисление новых значений вероятностей приведено в процедуре «***Пересчёт вероятностей***».

Для некоторого l-го шага (для момента времени $t_l = t_0 + l$)

$$k_l = \overline{0, m - \sum_{i=1}^{l-1} k_i},$$

а розыгрыш будет происходить при следующих данных:

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & \cdots & m - \sum_{i=1}^{l-1} k_i \\ p_0^{j(l)} & p_1^{j(l)} & p_2^{j(l)} & \cdots & p_{m-\sum_{i=1}^{l-1} k_i}^{j(l)} \end{pmatrix},$$

где

$$0 \le p_i^{j(l)} \le 1 \left(i = \overline{0, m - \sum_{i=1}^{l-1} k_i}\right), \quad \sum_{i=0}^{m-\sum_{i=1}^{l-1} k_i} p_i^{j(l)} = 1.$$

Процедура «***Пересчёт вероятностей»***

При розыгрыше дискретной случайной величины пересчёт вероятностей в случае изменения количества исходов осуществляется на основе следующих соображений. Пусть у нас на каком-то шаге выпал исход, значение которого отлично от 0 (отсутствие поставки может быть на каждом шаге). Обозначим вероятность этого исхода как $\tilde{p}$. Тогда сумма оставшихся вероятностей равна $1 - \tilde{p}$. На следующем шаге оставшиеся исходы образуют всё пространство исходов. Следовательно, сумма вероятностей должна быть равна 1. Скорректируем каждую вероятность оставшегося исхода:

$$p_i^{(l)} = \frac{p_i^{(l-1)}}{1 - \tilde{p}}, \quad (5)$$

где $p_i^{(l-1)}$, $p_i^{(l)}$ - вероятности i-го исхода на $(l-1)$-м и l-м шагах соответственно.

При этом выполняется

$$\sum_i p_i^{(l)} = \sum_i \frac{p_i^{(l-1)}}{1 - \tilde{p}} = \frac{\sum_i p_i^{(l-1)}}{1 - \tilde{p}} = \frac{1 - \tilde{p}}{1 - \tilde{p}} = 1.$$

Процедура «***Вымывание товарных позиций»***

На каждом такте моделирования в случае наличия поставок возникает необходимость розыгрыша номера товарной позиции, участвующей в этой поставке. В этом случае пересчёт вероятностей касается уже пространства исходов, состоящего из номеров товарных позиций

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & \cdots & m \\ p_1^{j(1)} & p_2^{j(1)} & p_3^{j(1)} & \cdots & p_m^{j(1)} \end{pmatrix}.$$

Например, на 1-м шаге моделирование выпал приход трёх товарных позиций. Разыграем первую из них на исходном пространстве. Допустим,

выпала первая товарная позиция (на первом шаге нам поставили товар под №1). Тогда мы исключим эту товарную позицию из пространства исходов:

$$\begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 & \cdots & m \\ p_1^{j(2)} & p_2^{j(2)} & p_3^{j(2)} & \cdots & p_{m-1}^{j(2)} \end{pmatrix},$$

где $p_i^{j(2)} = \dfrac{p_i^{j(1)}}{1-p_1^{j(1)}}$, $i=\overline{1, m-1}$.

Разыграем второй товар в поставке на 1-м шаге. Пусть теперь выпала 4-я товарная позиция (товар №4). Преобразуем пространство исходов и пересчитаем вероятности:

$$\begin{pmatrix} 2 & 3 & 5 & \cdots & m \\ p_1^{j(3)} & p_2^{j(3)} & p_3^{j(3)} & \cdots & p_{m-2}^{j(3)} \end{pmatrix},$$

где $p_i^{j(3)} = \dfrac{p_i^{j(2)}}{1-p_3^{j(2)}}$, $i=\overline{1, m-2}$.

Разыграем, наконец, третий товар в поставке на 1-м шаге. Пусть выпала последняя товарная позиция (товар $№m$). Таким образом, на первом шаге моделирования были поставлены товары №№ 1, 4, m.

Опять преобразуем пространство исходов:

$$\begin{pmatrix} 2 & 3 & 5 & \cdots & m-1 \\ p_1^{j(4)} & p_2^{j(4)} & p_3^{j(4)} & \cdots & p_{m-3}^{j(4)} \end{pmatrix},$$

где $p_i^{j(4)} = \dfrac{p_i^{j(3)}}{1-p_{m-2}^{j(3)}}$, $i=\overline{1, m-3}$.

Мы сформировали новое пространство исходов, на котором будет происходить розыгрыш товаров, входящих в следующую поставку.

Представленный алгоритм позволяет моделировать поставки на неограниченном временном интервале. Это грубая модель. В реальности время поставок ограничено, поэтому пересчёт вероятностей должен осуществляться с учётом интервала, оставшегося до дедлайна.

Алгоритм базовой модели расчёта эффективности интегрированной операции для одного клиента, осуществляемого в условиях неопределённости, представлен на рисунке 6.

На основе описанных базовых моделей была построена многоагентная модель без запаздывания. Расчёт эффективности интегрированной операции проводился по пространственно-временной выборке. В модели были учтены пожелания клиентов участвовать или не участвовать в интегрированной операции $PBL+$.

Процедура «***Розыгрыш участия магазина в интегрированной операции*** $PBL+$»

Для проведения имитации желательно иметь информацию о согласии/несогласии магазина на замену заказанного товара товаром из ячейки хранения. Будем считать, что для j-го магазина ($j=\overline{1, N}$) эта информация в формате *да/нет*, где *да* соответствует согласию, *нет* – несогласию магазина на интеграцию процедур, отражена частотами

$$\begin{pmatrix} да & нет \\ q^j & 1-q^j \end{pmatrix}.$$

В модели были введены следующие значения переменных:

$$N=25,\ m=10,\ L=8.$$

Все клиенты были размещены на игровом поле размером 5×5 (рисунок 7) и в момент времени $t=0$ был смоделирован заказ.

	1		*2*		*3*		*4*		*5*	
1	9	10	5	8	10	6	7	7	9	3
	3	8	6	5	5	1	4	2	4	9
	9	7	4	5	7	4	8	3	4	1
	10	8	7	4	3	7	1	3	10	3
2	5	6	1	8	10	6	10	1	9	9
	7	2	9	5	1	6	10	1	5	4
	6	5	5	10	8	7	4	1	3	4
	6	1	1	10	6	1	9	7	8	6
3	4	1	10	10	2	6	5	3	10	5
	6	3	9	2	5	2	10	10	1	3
	4	2	9	7	1	1	2	6	1	3
	6	4	4	4	3	4	1	9	7	8
4	6	3	6	5	1	8	8	1	5	10
	7	7	9	9	5	5	2	5	7	4
	10	6	10	4	1	1	2	4	8	1
	1	8	3	2	2	10	2	5	1	4
5	10	9	1	8	1	7	3	4	3	2
	6	7	6	2	8	4	3	9	1	6
	1	2	10	6	9	5	9	7	6	3
	7	9	7	9	7	5	3	5	10	4

Рисунок 7 – Формирование заказа в многоагентной модели

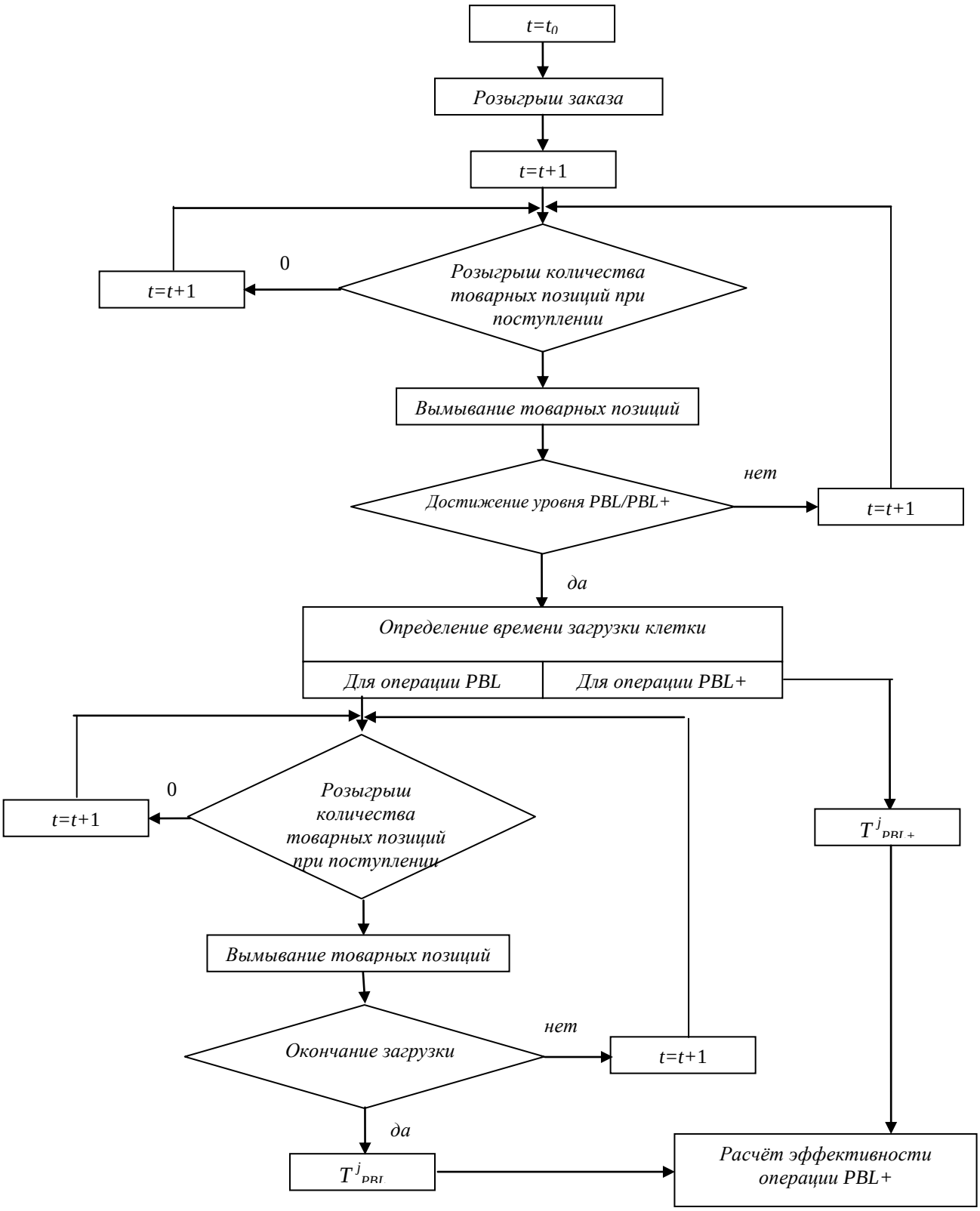

Рисунок 6 - Алгоритм расчёта эффективности операции *PBL+* для одного клиента в условиях неопределённости

Клиенты под номерами от 1 до 5 размещены в первой строке таблицы, например, $(1,1)$, $(1,2)$, под номерами от 6 до 10 – во второй строке, под номерами от 11 до 15- в третьей строке и т.д. Каждая клетка-паллета, соответствующая одному магазину, состоит из восьми ячеек. В ячейках размещаются товарные позиции. Одна ячейка соответствует некоторому фиксированному объёму, в котором может

быть заказана товарная позиция. В принципе, представление агента может быть любым, в том числе и в соответствии с рисунком 5.

После размещения заказа все клетки перешли в состояние *формирования*.

Дальше производился розыгрыш поступлений. Так, например, в момент времени $t = 3$ пришли товарные позиции №3 и №10 (рисунок 8).

	1		*2*		*3*		*4*		*5*	
1	9	10	5	8	10	6	7	7	9	3
	3	8	6	5	5	1	4	2	4	9
	9	7	4	5	7	4	8	3	4	1
	10	8	7	4	3	7	1	3	10	3
2	5	6	1	8	10	6	10	1	9	9
	7	2	9	5	1	6	10	1	5	4
	6	5	5	10	8	7	4	1	3	4
	6	1	1	10	6	1	9	7	8	6
3	4	1	10	10	2	6	5	3	10	5
	6	3	9	2	5	2	10	10	1	3
	4	2	9	7	1	1	2	6	1	3
	6	4	4	4	3	4	1	9	7	8
4	6	3	6	5	1	8	8	1	5	10
	7	7	9	9	5	5	2	5	7	4
	10	6	10	4	1	1	2	4	8	1
	1	8	3	2	2	10	2	5	1	4
5	10	9	1	8	1	7	3	4	3	2
	6	7	6	2	8	4	3	9	1	6
	1	2	10	6	9	5	9	7	6	3
	7	9	7	9	7	5	3	5	10	4

Рисунок 8 – Поступление товарных позиций

По мере заполнения ячеек клетки переходят в состояние *отгрузки* (рисунок 9), где «Отгр.» – «Отгружено (формируется следующий заказ)».

	1		*2*		*3*		*4*		*5*	
1	9	10	5	8	Отгр.		Отгр.		9	3
	3	8	6	5					4	9
	9	7	4	5					4	1
	10	8	7	4					10	3
2	Отгр.		1	8	Отгр.		Отгр.		9	9
			9	5					5	4
			5	10					3	4
			1	10					8	6
3	Отгр.		Отгр.		2	6	5	3	10	5
					5	2	10	10	1	3
					1	1	2	6	1	3
					3	4	1	9	7	8
4	Отгр.		Отгр.		1	8	8	1	5	10
					5	5	2	5	7	4
					1	1	2	4	8	1
					2	10	2	5	1	4
5	Отгр.		1	8	1	7	Отгр.		Отгр.	
			6	2	8	4				
			10	6	9	5				
			7	9	7	5				

Рисунок 9 – Состояние системы в момент времени $t = 7$

Это происходит либо при полном заполнении клетки-паллеты, либо в случае согласия клиента на участие в интегрированной операции при наличии 1 незаполненной ячейки.

По результатам моделирования совокупное время ожидания выполнения заказа при операции PBL составило 163 паллетодня, а при операции $PBL+$ - 153 паллетодня, что составляет 93% от результата операции PBL.

Введение запаздываний в модель позволит точнее отразить реальный процесс, что даст возможность встроить её в более сложную модель, имитирующую поведение складской системы.

Литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. - М.: Высшая школа, 2001. – 208 с., ил.
2. Водянова В.В., Заичкин Н.И. Динамическое моделирование в логистике: Учебное пособие. – М.: ГУУ, 2015. – 138 с.
3. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основные и обеспечивающие функциональные подсистемы логистики: учебник / под ред. Б.А. Аникина и Т.А. Родкиной. – М.: Проспект, 2011. – 608 с.
4. Математические методы и модели исследования операций: Учебник/В. А. Колемаев, В. И. Малыхин, В. И. Соловьев и др.; под ред. В. А. Колемаева – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008.- 592 с.
5. Черчмен У., Акоф Р., Арноф Л. Введение в исследование операций. - М.: Наука, 1967. – 488 с.

Заплетин Максим Петрович

к.ф.-м.н., доцент, доцент ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»; профессор ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов, Россия, г. Москва
zapletin_m@mail.ru

Кириллова Полина Александровна

студент кафедры общих проблем управления механико-математического факультета ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Россия, г. Москва
polinakirillova@bk.ru

Оптимизация цены продукта в модели интенсивности отказов

Аннотация

В статье сформулирована и явно решена задача оптимального управления максимизацией прибыли фирмы от продаж продукта длительного пользования. Рассмотрены несколько случаев в зависимости от рассматриваемого временного промежутка и учетной ставки. На основе анализа и вычислений при использовании теории оптимального управления явно получена оптимальная цена продукта. Анализ показал, что цена, так же, как и продажи, снижается с течением времени независимо от учетной ставки и длины конечного промежутка планирования. Для бесконечного промежутка с дисконтированием цена остается постоянной с течением времени. В случае бесконечного промежутка без дисконтирования не существует оптимального решения. Полученные результаты могут быть использованы при управлении рисками в логистике сбыта.

Ключевые слова:

оптимальная цена, оптимальное управление, интенсивность отказов, цена продукта длительного пользования

Zapletin M.P.

PhD (Maths), Associate Professor of Moscow State University, Professor of Peoples' Friendship University of Russia, Moscow
zapletin_m@mail.ru

Kirillova P.A.

Student of Moscow State University, Moscow, Russia
polinakirillova@bk.ru

Optimizing product costs in a model of the failure rate

Abstract

The article formulated and clearly solved the problem of optimal control of maximizing the company profit from sales of a long-term product. We consider several cases depending on the time interval and the discount rate. The optimal price of the product is obtained due to on the analysis and processing using optimal control theory explicitly. The analysis showed that price, as well as sale, decreases over time regardless of the discount rate and length of the final period of planning. For an endless period with discounting the price remains constant over time. In the case of an infinite amount without discounting there is no optimal solution. The obtained results can be used for risk management in logistics sales.

Keywords

price, optimal control, failure rate, long-term product price

Интенсивность отказов - полезное понятие в моделировании многих явлений. М.И. Камьен, Н.Л. Шварц [1] были первыми исследователями, кто использовал это понятие в моделировании проблем оптимизации, касающихся обслуживания и замены ненадежных аппаратов. В их модели интенсивность отказов определяется как плотность условной вероятности отказа аппарата к моменту времени t при условии, что до этого момента отказ аппарата не произошел. Под отказом понимается событие, приводящее к полной или частичной утрате работоспособности. В данном случае интенсивность отказов зависит от скорости технического обслуживания, вероятностной динамики отказа аппаратов. Кроме этого, ожидаемая прибыль может быть записана в терминах расходов на техническое обслуживание и других параметрах задачи. Таким образом, может быть сформулирована и решена задача оптимального управления для получения оптимальной скорости технического обслуживания с течением времени.

На данный момент существует ряд приложений моделирования интенсивности отказов в управлении, экономике и других сферах. М. Камьен и Н. Шварц [2], Ф. Бургиньон и С. Сети [3] сформулировали

© М.П. Заплетин, П.А.Кириллова, 2017

задачу предельной цены с учетом рыночной конкуренции. С. Сети [4] использовал интенсивность отказов для моделирования политики воровства, С. Йоргенсен [5] исследовал динамику внебрачных романов.

Данная статья опирается на работу Сети и Бэсса [6], которая связана с нахождением оптимальной цены продукта длительного пользования. Ни одна из формулировок интенсивности отказов моделей ценообразования в литературе не допускает аналитического решения. Но в данной статье приводится простая модель интенсивности отказов, которая может быть решена явно.

Пусть некоторая фирма производит продукт длительного пользования, например, товары бытовой техники. Стратегией фирмы является максимизация своей прибыли.

Мы рассматриваем модель, в которой условная вероятность того, что клиент купил продукт в момент времени *t*, учитывая, что он не покупал его ранее, зависит от цены продукта, преобладающей в момент времени *t*. В теории надежности условная вероятность известна, как интенсивность отказов. В нашей ситуации будем считать, что интенсивность отказов увеличивается по мере уменьшения цены продукта.

Сформулируем нашу модель и введем следующие обозначения:

F(t) – вероятность того, что клиент купил продукт к моменту времени $t,\ t \ge 0$;

$p(t)$ – цена продукта в момент времени t;

c – затраты на производство единицы продукта;

r – учетная ставка;

$D(p)$ – уровень спроса (объем потребности);

T – горизонт планирования; $T = \infty$, если горизонт планирования бесконечный.

Интенсивность отказов $\dot{F}(t)/(1-F(t))$ с момента времени t считаем равной уровню спроса $D(p)$, что дает

$$\dot{F}(t) = (1-F(t))D(p(t)), \quad F(0) = F_0 \qquad (1)$$

где $0 \le F_0 \le 1$.

Примем размер рынка за 1. Тогда $F(t)$ представляет долю купивших продукт к моменту времени *t*, и $(1-F(t))$ – долю некупивших продукт к моменту времени *t*.

Ожидаемая прибыль фирмы от продаж продукта выражается функционалом

$$J = \int_0^T \dot{F}(t)[p-c]e^{-rt}dt = \int_0^T (1-F)D(p)(p-c)e^{-rt}dt, \qquad (2)$$

где мы убрали зависимость переменных от *t* для упрощения записи.

Задача заключается в определении цены $p(t)$, чтобы максимизировать прибыль фирмы J с учетом динамики рынка (1).

Будем считать уровень спроса $D(p)$ линейным. Таким образом,

$$D(p) = a - bp, \qquad (3)$$

где $a > 0$ и $b > 0$ – константы. Отметим, что $\frac{a}{b}$ – максимально возможная цена, при которой уровень спроса нулевой. Предположение линейности уровня спроса часто используется как разумное приближение действительного спроса.

Также разумно считать, что затраты на производство единицы продукта *c* не больше максимально возможной цены, то есть

$$c \le \frac{a}{b} \qquad (4)$$

Математическая постановка задачи

Задачу оптимального управления будем решать с помощью принципа максимума Понтрягина [7,8]. Так как наша модель является детерминированной, то для её описания будем также использовать дифференциальные уравнения [9].

Минимизируемый функционал:

$$J(F,p)=\int_0^T \dot{F}(p-c)e^{-rt}dt \to \max$$

$$\tilde{J}(F,p)=-\int_0^T (1-F)D(p)(p-c)e^{-rt}dt \to \min$$

В качестве управляемой переменной возьмем цену продукта $p(t)$, фазовой переменной будет выступать $F(t)$.

Задача заключается в нахождении управления $p(t)$, которое минимизирует функционал $\tilde{J}$.

Граничные условия:

$$F(0)=F_0 \quad F(0)-F_0=0$$

Дифференциальная связь:

$$\dot{F}=(1-F)D(p)$$

Для решения задачи нам потребуется функция Гамильтона

$$H=\psi(t)(1-F)D(p)+\lambda_0(1-F)D(p)(p-c)e^{-rt}$$

и терминант (граничные условия)

$$l=\lambda_1(F(0)-F_0),$$

где λ_0,λ_1- множители Лагранжа, $\psi(t)$- сопряженная переменная.

В теории оптимального управления $\psi(t)$ представляет единицу изменения максимальной прибыли при небольших изменениях значения $F(t)$. Также $\psi(t)$ упоминается как приведенная теневая стоимость единицы $F(t)$. Множители Лагранжа рассматриваются как параметры, значения которых выбираются таким образом, чтобы выполнялись ограничения задачи. С экономической точки зрения множители Лагранжа интерпретируются как неявные (теневые) цены ресурсов, определяемых ограничениями.

Выпишем уравнения Понтрягина – необходимые условия оптимальности:

а) Условие стационарности по F - уравнение Эйлера

$$\dot{\psi}=-H'_F=-\frac{\partial H}{\partial F}=D(p)\psi(t)+\lambda_0 D(p)(p-c)e^{-rt}$$

б) Условие трансверсальности по *F:*

$$\psi(T)=-\frac{\partial l}{\partial F(T)}=0$$

$$\psi(0)=\frac{\partial l}{\partial F(0)}=\lambda_0$$

в) Условие оптимальности по *p*:

$$\hat{p}=\arg abs\max H(p)$$

$$p\in[0;\frac{a}{b}]$$

Анализ и решение

Рассмотрим случай, когда множитель Лагранжа $\lambda_0=0$, тогда получаем, что функция Гамильтона линейно зависит от *p*

$$H=qp+m,$$

где

$$q=-b\psi(t)(1-F)$$

$$m=a\psi(t)(1-F)$$

Графиком функции $H(p)$ является прямая. В этом случае согласно принципу максимума Понтрягина, величина оптимального управления равна величине управления на одном из концов допустимого диапазона. Тогда при $q<0$ $p=0$, что не является оптимальным решением, поскольку нулевая цена означает нулевую прибыль. При $q>0$ $p=\frac{a}{b}$, но при максимально возможной цене имеем нулевой уровень спроса, что также ведет к нулевой прибыли.

В случае особого управления $q=0$ получаем либо нулевые множители Лагранжа, что противоречит принципу максимума Понтрягина, либо нулевую прибыль.

Следовательно, при $\lambda_0=0$ не существует оптимального решения, значит $\lambda_0\neq 0$.

Положим $\lambda_0=1$, что никак не отразится на решении. Тогда функция Гамильтона примет вид

$$H=yp^2+zp+h,$$

где

$$y = -b\lambda_0(1-F)e^{-rt}p^2 \qquad y<0$$

$$z = a\lambda_0(1-F)e^{-rt} - b\psi(t)(1-F)p + bc\lambda_0(1-F)e^{-rt}$$

$$h = a\psi(t)(1-F) - ac\lambda_0(1-F)e^{-rt}$$

Графиком функции $H(p)$ является парабола с абсциссой $w = -\frac{z}{2y}$ в вершине (рисунок 1). В случае, когда w принимает значение за пределами промежутка $\left(0;\frac{a}{b}\right)$ величина оптимального управления равна величине управления на одном из концов допустимого диапазона. Если вершина параболы находится в левой полуплоскости, т. е $w \le 0$, то $p=0$, что приводит к нулевой прибыли. Также нулевую прибыль получаем при $w \ge \frac{a}{b}$. В этом случае $p = \frac{a}{b}$, что означает нулевой спрос.

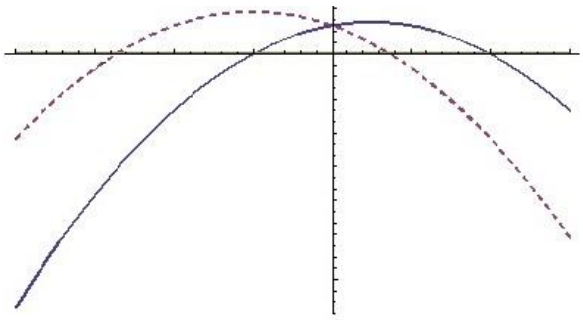

Рисунок 1 – График функции $H(p)$

Рассмотрим случай, когда $w \in \left(0;\frac{a}{b}\right)$. Оптимальная цена p^* удовлетворяет уравнению $H'_p = 0$. Откуда

$$p^* = \frac{a}{2b} + \frac{c}{2} - \frac{\psi(t)}{2e^{-rt}}$$

Введем для упрощения записи обозначение $\lambda(t) = \psi(t)e^{rt}$. Тогда функция Гамильтона и уравнение для сопряженной переменной перепишутся как

$$\tilde{H} = (1-F)D(p)(\lambda(t) + (p-c)) \qquad (5)$$

$$\dot{\lambda} = \dot{\psi}e^{rt} + re^{rt}\psi(t) = -\tilde{H}_F + r\lambda(t) \qquad (6)$$

Оптимальная цена p^* примет вид:

$$p^* = \frac{a}{2b} + \frac{c}{2} - \frac{\lambda(t)}{2} \qquad (7)$$

Перейдем к частным случаям.

Конечный промежуток без дисконтирования

В этом случае $T<\infty, r=0$, (6) сводится к

$$\dot{\lambda} = r\lambda + D(p)[p-c+\lambda] = (a-bp)(p-c+\lambda)$$
$$\lambda(T) = 0 \qquad (8)$$

Подстановкой p^* из (7) в (8) получаем задачу Коши

$$\dot{\lambda} = \frac{[(a-bc)+\lambda b]^2}{4b} \qquad \lambda(T)=0, \qquad (9)$$

решение которой запишется в виде

$$\lambda(t) = \frac{4(a-bc)}{(a-bc)(T-t)b+4b} - \frac{a-bc}{b} \qquad (10)$$

Подставляя (10) в (7), получаем явный вид для оптимальной цены

$$p^*(t) = \frac{a}{b} - \frac{2(a-bc)}{(a-bc)b(T-t)+4b}, \qquad (11)$$

график которой изображен на рисунке 2.

По графику видно, что цена монотонно снижается с течением времени от максимального значения $p^*(0) = \frac{a}{b} - \frac{2(a-bc)}{(a-bc)bT+4b}$ до минимального $p^*(T) = \frac{a}{b} - \frac{(a-bc)}{2b}$, и скорость снижения цены возрастают со временем.

Используя (11) в (1), находим часть оптимальных продаж рынка F^*:

$$F^*(t) = 1-(1-F_0)[\frac{(a-bc)(T-t)+4}{(a-bc)T+4}]^2 \qquad (12)$$

Таким образом, общая доля рыночных продаж к конечному времени T:

$$F^*(T) = 1-(1-F_0)[\frac{4}{(a-bc)T+4}]^2 \qquad (13)$$

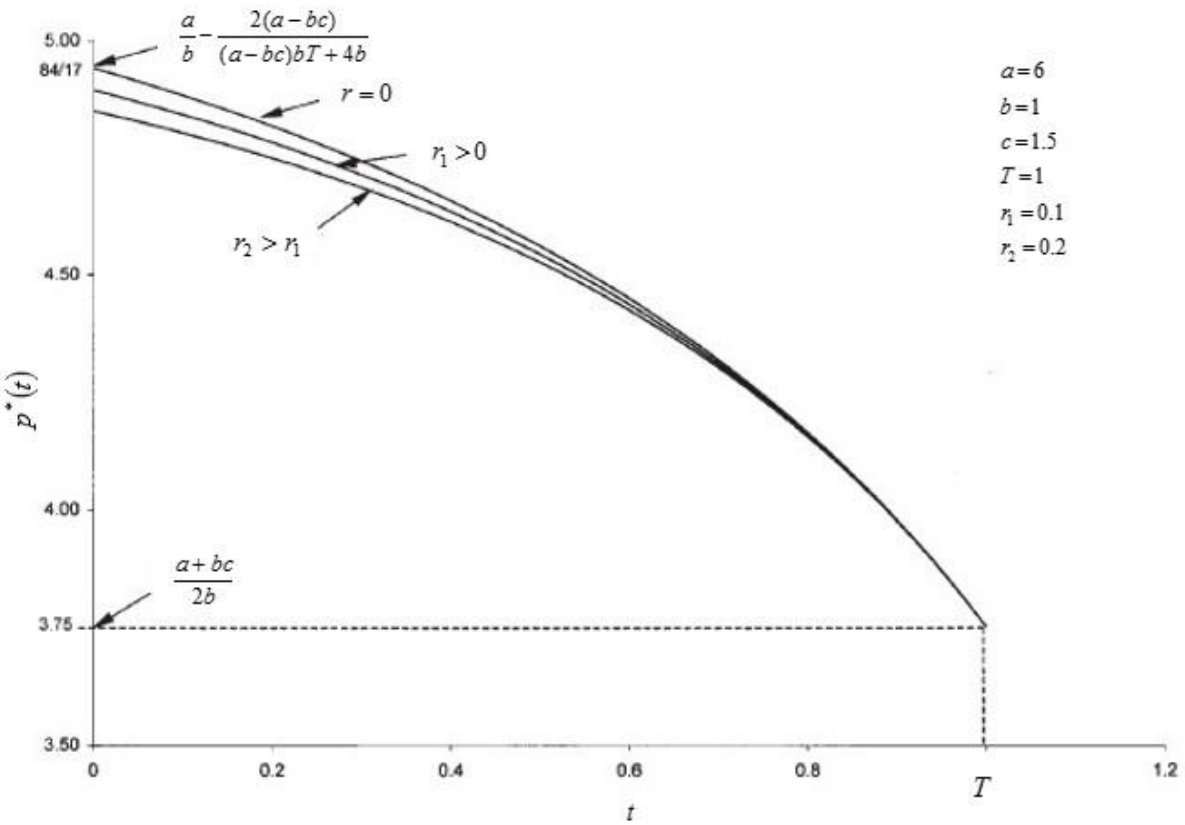

Рисунок 2 – График оптимальной цены

Найдем производную по t в (12) и получим темпы продаж $\dot{F}^*$ (рисунок 3):

$$\dot{F}^*(t)=\frac{2(1-F_0)(a-bc)[(a-bc)(T-t)+4]}{[(a-bc)T+4]^2} \tag{14}$$

Темпы продаж начинаются на уровне $\dot{F}^*(0)=\frac{2(1-F_0)(a-bc)}{(a-bc)T+4}$ и линейно снижаются к уровню $\dot{F}^*(T)=\frac{8(1-F_0)(a-bc)}{[(a-bc)T+4]^2}$.

Находим оптимальное значение прибыли J^* подстановкой (11), (12), (13), (14) в (2):

$$J^*=\frac{(1-F_0)(a-bc)^2T}{b[(a-bc)T+4]} \tag{15}$$

Динамика цены $p^*(t)$ (10) при изменении b описывается следующим образом:

$$\frac{dp^*(t)}{db}=$$
$$=\frac{-a(a-bc)^2(T-t)^2-2(a-bc)(3a+bc)(T-t)-8a}{[(a-bc)b(T-t)+4b]^2}<0 \tag{16}$$

Это означает, что $p^*(t)$ уменьшается в каждый момент времени t, если b увеличивается. Данный вывод можно объяснить следующим образом: при прежней цене увеличение b ведет к уменьшению уровня спроса. Поэтому для того, что уровень спроса оставался постоянным, цена должна расти.

Конечный промежуток с дисконтированием

В этом случае $T<\infty$, а (6) представляется как

$$\dot{\lambda}=r\lambda+(a-bc)(p-c+\lambda),\ \lambda(T)=0 \tag{17}$$

Подставляем (7) в (6):

$$\dot{\lambda}=\frac{b}{4}\lambda^2+(r+\frac{a-bc}{4})\lambda+\frac{(a-bc)^2}{4b},\ \lambda(T)=0 \tag{18}$$

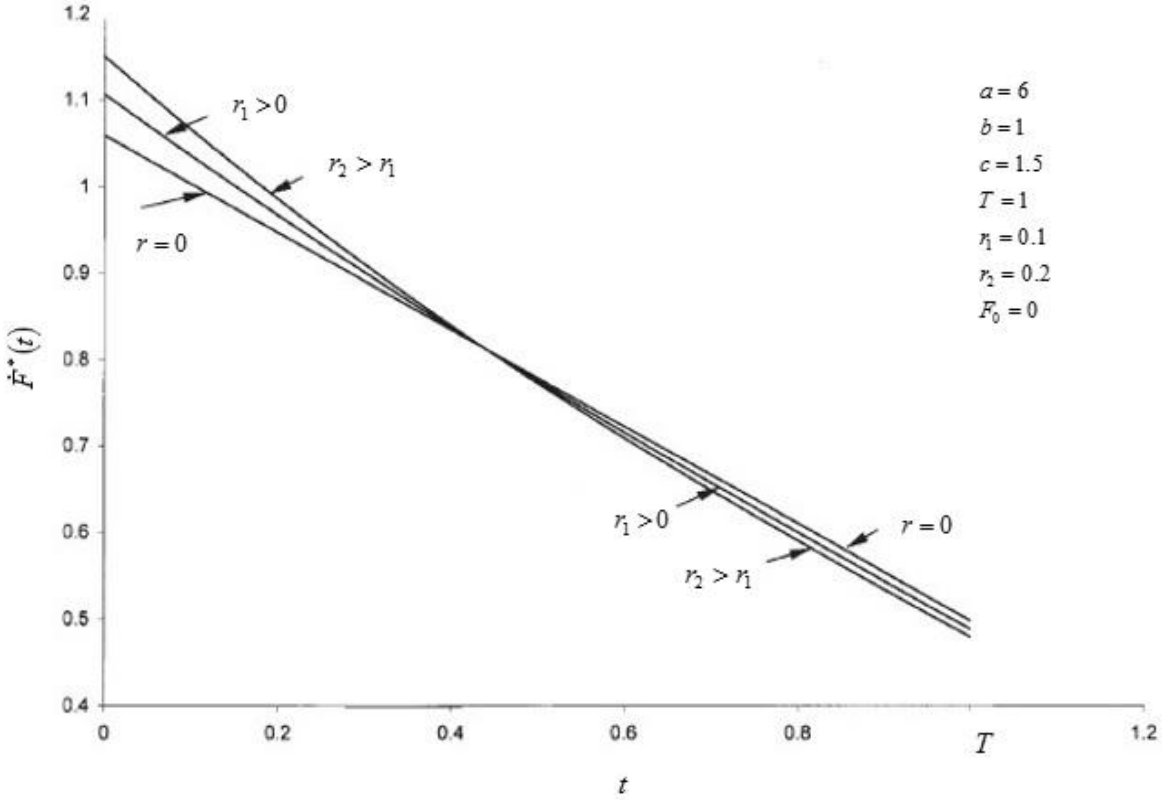

Рисунок 3 – График темпов продаж

Находим дискриминант Δ и корни λ^+, λ^- уравнения

$$\frac{b}{4}\lambda^2 + (r + \frac{a-bc}{4})\lambda + \frac{(a-bc)^2}{4b} = 0$$

$$\Delta = r\left[r + a - bc\right] > 0$$

$$\lambda^+ = -\frac{2}{b}\left[r + \frac{a-bc}{2} - \sqrt{\Delta}\right] \qquad (19)$$

$$\lambda^- = -\frac{2}{b}\left[r + \frac{a-bc}{2} + \sqrt{\Delta}\right] \qquad (20)$$

Таким образом, решение задачи Коши (18) будет иметь вид:

$$\ln\left(\frac{\frac{b}{2}\lambda + r + \frac{a-bc}{2} - \sqrt{\Delta}}{\frac{b}{2}\lambda + r + \frac{a-bc}{2} + \sqrt{\Delta}}\right) = \\ = (t-T)\sqrt{\Delta} + \ln\frac{\left[r + \frac{a-bc}{2} - \sqrt{\Delta}\right]}{\left[r + \frac{a-bc}{2} + \sqrt{\Delta}\right]} \qquad (21)$$

Заметим, что правая часть уравнения (21) увеличивается по мере возрастания t. Это означает, что левая часть (21) также увеличивается при возрастании t. Значит, можно утверждать, что $\lambda(t)$ возрастает с t. Таким образом, $\dot{\lambda} \geq 0$ в (17). Рассмотрим график $\dot{\lambda}(\lambda)$ (18), представленный на рисунке 4, и определим возможный диапазон $\lambda(t)$.

По графику видно, что $\dot{\lambda} \geq 0$, когда $\lambda(t) \leq \lambda^-$ или $\lambda(t) \geq \lambda^+$. Таким образом, учитывая, что $\lambda(T) = 0$, получаем неравенство $0 \geq \lambda(t) \geq \lambda^+$.

Перепишем (21):

$$\lambda(t) = \lambda^+\left[\frac{1 - e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}{1 - \left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}\right] \qquad (22)$$

Подставляя (22) в (7), получаем оптимальную цену $p^*(t)$:

$$p^*(t) = \frac{a}{2b} - \frac{\lambda^+}{2}\left[\frac{1-e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}\right] + \frac{c}{2} \qquad (23)$$

Также видно, что в любой момент времени чем выше учетная ставка, тем ниже цена.

Используя (23) в (1), находим часть оптимальных продаж рынка F^*:

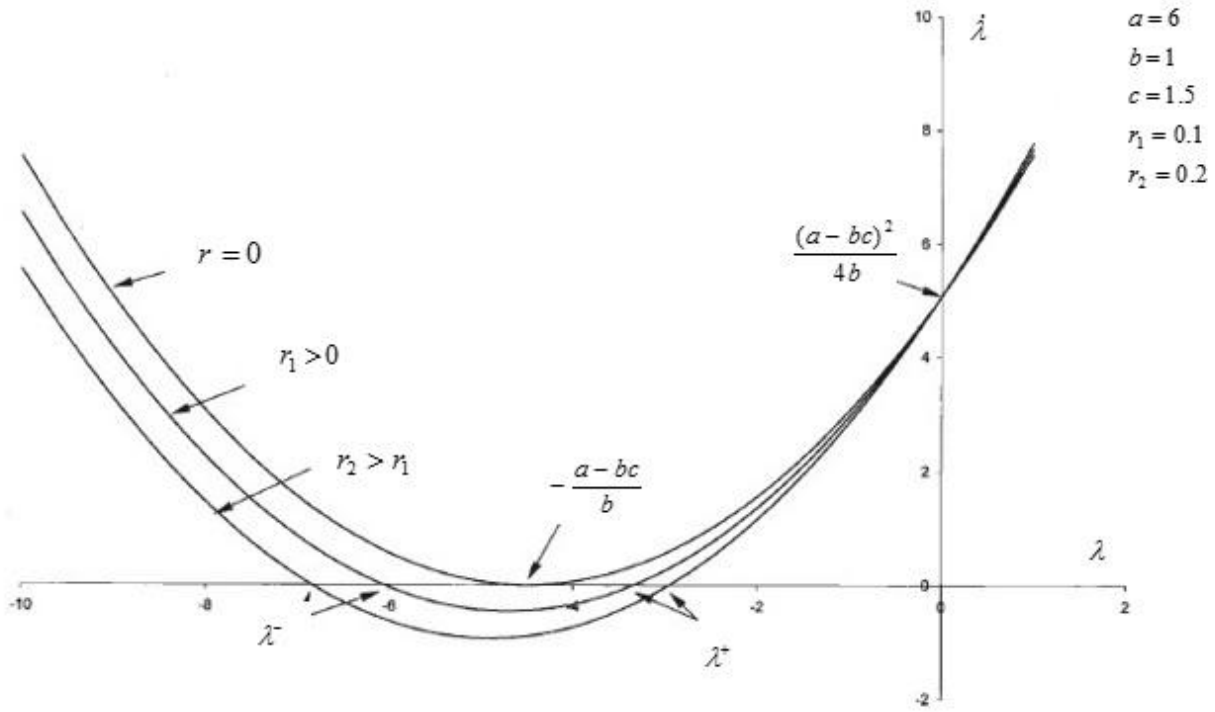

Рисунок 4 – Динамика множителей Лагранжа

Заметим, что $p^*(t)$ уменьшается с течением времени при $\frac{\lambda^+}{\lambda^-} < 1$ или при увеличении $\lambda(t)$.

$$p^*(0) = \frac{a}{2b} - \frac{\lambda^+}{2}\left[\frac{1-e^{(-T)\sqrt{\Delta}}}{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(-T)\sqrt{\Delta}}}\right] + \frac{c}{2} \qquad (24)$$

$$\frac{a}{b} > p^*(0) > p^*(T) = \frac{a}{2b} + \frac{c}{2}, \qquad 0 < T < \infty$$

Отметим, что по мере возрастания учетной ставки оптимальная цена будет снижаться. На рисунке 2 построены траектории оптимальной цены для различных значений учетной ставки.

$$F^*(t) = 1-(1-F_0)e^{-(a-bc+b\lambda^+)\frac{t}{2}}\left(\frac{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(-T)\sqrt{\Delta}}}\right)^2 \qquad (27)$$

Заметим, что темпы продаж падают с течением времени, их траектории изображены на рисунке 3.

$$\dot{F}^*(t) = 1-(1-F_0)e^{-\left(a-bc+b\lambda^+\right)\frac{t}{2}}\left(\frac{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(-T)\sqrt{\Delta}}}\right)^2 \times$$

$$\times\left(\frac{a-bc}{2}+\frac{b\lambda^+}{2}\left[\frac{1-e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}{1-\left(\frac{\lambda^+}{\lambda^-}\right)e^{(t-T)\sqrt{\Delta}}}\right]\right) \quad (28)$$

Бесконечный промежуток с дисконтированием

В этом случае положим $T=\infty$. Так как $0 \le F(t) \le 1$, то есть ограничено сверху, то прибыль (2) не увеличится, если T устремить к ∞. Таким образом, оптимальное решение может быть найдено из случая конечного промежутка с дисконтированием, используя предельные значения величин при $T \to \infty$.

Используя (22), находим предел для сопряженной переменной $\lambda(t)$ при $T \to \infty$:

$$\lim_{T\to\infty}\lambda(0) = \lambda^+ \quad (29)$$

Используя (24), находим предел для оптимальной цены в начальный момент времени $p^*(0)$ при $T \to \infty$:

$$\bar{p} = \lim_{T\to\infty} p^*(0) = \frac{a}{2b} - \frac{\lambda^+}{2} + \frac{c}{2} \quad (30)$$

$p^*(0)$ увеличивается при возрастании T. Таким образом, p больше, чем $p^*(0)$ для любого конечного времени T. Также $\bar{p}$ меньше максимально возможной цены, $\bar{p} < \frac{a}{b}$.

Также можем получить $\bar{\lambda}$. Устанавливаем в (18) $\dot{\lambda}=0$, что дает $\bar{\lambda} = \lambda^-$ или λ^+

Таким образом, если выбрать $\bar{\lambda} = \lambda^+$, то для любого момента времени t

$$\lambda(\mathrm{t}) = \lambda^+ \quad (31)$$

Это означает, что

$$p^*(t) = \bar{p} = \frac{a}{2b} - \frac{\lambda^+}{2} + \frac{c}{2} \quad (32)$$

Таким образом, цена остается постоянной с течением времени (рисунок 5).

Используя (32) в (1), находим часть оптимальных продаж рынка F^*:

$$F^*(t) = 1-(1-F_0)e^{-(a-b\bar{p})t} \quad (34)$$

$$F^*(\infty) = \lim_{t\to\infty} F^*(t) = 1$$

Другими словами, к конечному моменту времени весь рынок скупит продукт.

Находим производную по t в (34) и получаем темпы продаж $\dot{F}^*$:

$$\dot{F}^*(t) = (a-b\bar{p})(1-F_0)e^{-(a-b\bar{p})t} \quad (35)$$

Темпы продаж начинаются на уровне $\dot{F}^*(0) = (a-b\bar{p})(1-F_0)$ и снижаются экспоненциально до 0 при $t \to \infty$.

Находим оптимальное значение прибыли J^* подстановкой (34) в (2) при $T=\infty$:

$$J^* = \frac{(1-F_0)(a-b\bar{p})(\bar{p}-c)}{(a-b\bar{p})+r} \quad (36)$$

Бесконечный промежуток без дисконтирования

В этом случае принимаем $T=\infty$ и $r=0$. Для исследования данного случая воспользуемся результатами, которые были получены ранее. Для этого рассмотрим случаи конечного промежутка без дисконтирования и бесконечного промежутка с дисконтированием.

Если в случае бесконечного промежутка с дисконтированием положить $r=0$, то из (19) получаем $\lambda^+ = -\frac{a-bc}{b}$. Подставляя данное значение λ^+ в (32), находим цену $p^*(t)$:

$$p^*(t) = \bar{p} = \frac{a}{2b} + \frac{a}{2b} - \frac{c}{2} + \frac{c}{2} = \frac{a}{b} \quad (37)$$

Приняв $T=\infty$ в случае конечного промежутка без дисконтирования, из (11) также получаем (37):

$$p^*(t) = \frac{a}{b} - \frac{2(a-bc)}{(a-bc)b(T-t)+4b} = \frac{a}{b}$$

Если в случае конечного промежутка без дисконтирования устремить $T \to \infty$, то из (13) получаем, что $F^*(T) \to 1$. Также в случае бесконечного промежутка с дисконтированием знаем, что $F^*(\infty) = 1$ для $r > 0$. Таким образом, $F^*(\infty) \to 1$ при $r \to 0$. Легко проверить, что значение прибыли $J*$ в (36) и (15) приближается к $(1-F_0)(\frac{a}{b}-c)$ при $r \to 0$ и $T \to \infty$ соответственно.

Для решения данной проблемы возьмем приближенное значение цены $p^*(t) = \bar{p} - \varepsilon = \frac{a}{b} - \varepsilon$, где ε - достаточно малое число. На рисунке 5 присутствует приближенная цена $p^*(t) = \bar{p} - \varepsilon$. Тогда из (1) получаем $F^*(t) = 1 - (1-F_0)e^{-tb\varepsilon}$, и решение для общей прибыли запишется в виде

$$J^* = (1-F_0)(\frac{a}{b} - \varepsilon - c),$$

которое достаточно близко к $(1-F_0)(\frac{a}{b}-c)$.

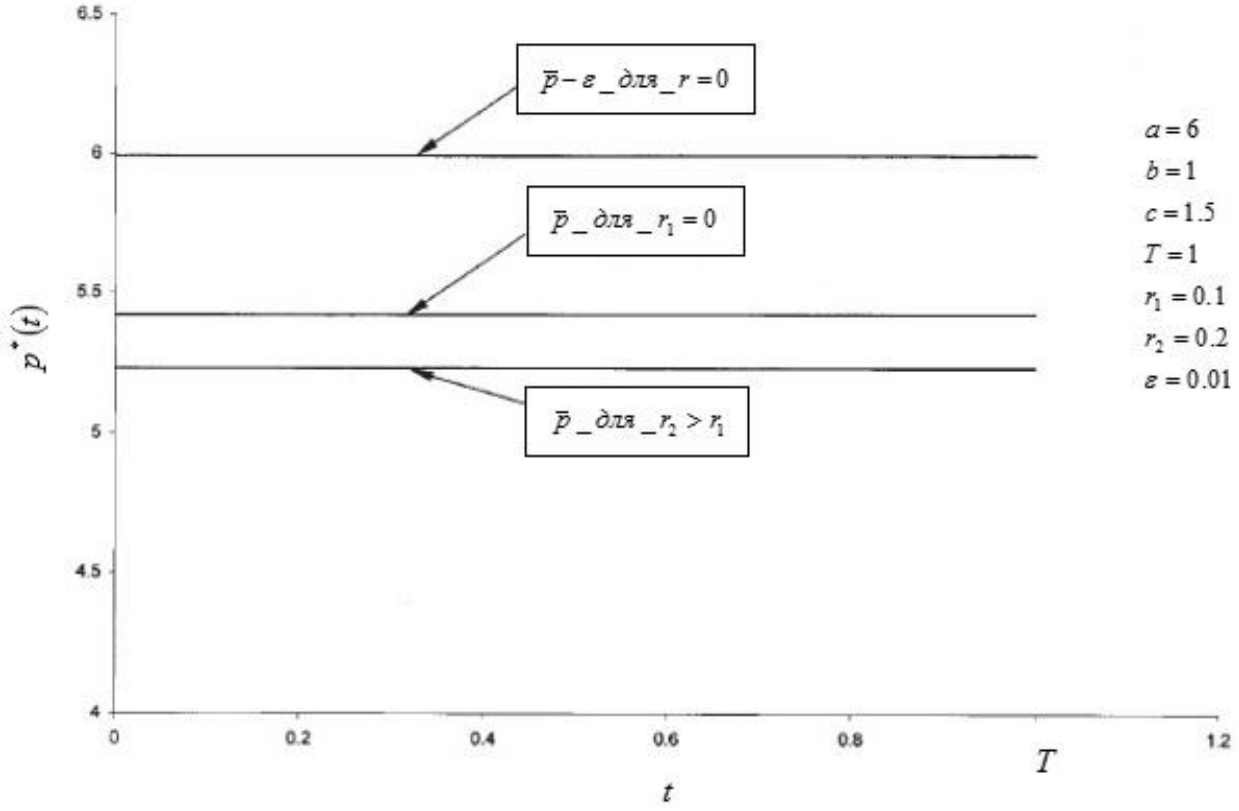

Рисунок 5 – График $p^*(t)$

Анализ привел к дилемме. С одной стороны, мы получили приближение оптимальной прибыли. С другой стороны, $p^* = \frac{a}{b}$ в любой момент времени из (37) означает нулевой спрос, и, следовательно, нулевую прибыль. В нашей задаче это означает, что не существует оптимального решения.

В статье мы сформулировали и явно решили модель интенсивности отказов. Решена задача оптимального управления на основе принципа максимума Понтрягина. Показано, что цена, как и скорость продаж снижаются с течением времени в любой конечный промежуток с дисконтированием и без дисконтирования. При увеличении учетной ставки цена уменьшается. В случае

бесконечного промежутка цена остается постоянной с течением времени. Цена достаточно близка к максимально возможной цене, когда не существует дисконтирования, и уменьшается при увеличении учетной ставки. Полученные результаты могут быть использованы при управлении рисками, возникающими в работе с потребителями, в частности, в логистике сбыта.

Литература

1. Kamien MI, Schwartz NL. Optimal maintenance and sale age for a machine subject to failure. Management Science 1971; 17:427-449
2. Kamien MI, Schwartz NL. Limit pricing and uncertain entry. Econometrica 1971; 39:441-454
3. Bourguignon F, Sethi SP. Dynamic optimal pricing and (possibly) advertising in the face of various kinds of potential entrants. Journal of Economic Dynamics and Control 1981; 3:119-140
4. Sethi SP. A note on the Nerlove-Arrow model under uncertainty. Operations Research 1979; 27(4):839-842
5. Jorgensen S. The dynamics of extramarital affairs. In Dynamic Economic Models and Op-timal Control, Feichtinger G (ed.). North-Holland: Amsterdam, 1992;239-266
6. Sethi SP, Bass FM. Optimal pricing in a hazard rate model of demand. Optimal control ap-plications and methods 2003; 24:183-196
7. Галеев Э.М., Зеликин М.И., Конягин С.В. и др. Оптимальное управление. М.: Изд-во МЦНМО, 2008, 320 с.
8. Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Сборник задач по оптимизации, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, 256 с
9. Заплетин М.П., Кириллова П.А. Задача оптимального управления в модели интенсивности отказов. Тезисы докладов научной конференции Ломоносовские чтения. Секция механики. 18–27 апреля 2016 г., Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова. – М.: Издательство Московского университета, 2016. – 82-83 с.

Ерыгин Кирилл Валерьевич

магистрант кафедры логистики, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Россия, г. Москва
nourenkir@gmail.com

Белова Светлана Сергеевна

к.э.н., доцент кафедры логистики, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Россия, г. Москва
belova@7pravil.ru

Использование коэффициента ранговой корреляции для оценки реализации стратегии управления логистическим сервисом в цепях поставок товаров народного потребления

Аннотация

С развитием рынка всё большую роль приобретает логистический сервис как ключевой фактор конкурентоспособности цепи поставок, возникает необходимость в стратегии управления им. Важным моментом стратегического менеджмента в этой сфере является оценка реализации стратегии управления логистическим сервисом. Данный процесс может осложняться трудностями перевода релевантных качественных характеристик системы в количественные. Как инструмент решения подобных проблем в настоящей статье рассматривается возможность оценки реализации стратегии управления логистическим сервисом в цепях поставок с помощью статистического метода расчёта коэффициента ранговой корреляции Спирмена. На примере представлена методика применения данного показателя, а также описаны плюсы и минусы его исполь-зования. Таким образом, предложен способ оценки реализации стратегии управления логистическим сервисом в цепях поставок товаров народного потребления.

Ключевые слова:

логистический сервис, цепь поставок, стратегия, коэффициент ранговой корреляции Спирмена

Erygin K.V.

Master's student of Logistics Department, State University of Management, Moscow, Russia
nourenkir@gmail.com

Belova S.S.

PhD in Economics, associate professor of Logistics Department, State University of Management, Moscow, Russia
belova@7pravil.ru

The usage of rank correlation coefficient for assessing the effectiveness of management strategy of logistics services in consumer goods supply chains

Abstract

With the development of market logistics service becomes more significant as a key factor of supply chain competitiveness and it becomes essential to have a strategy of how to manage it. An important moment of strategic management in this sphere is evaluation of logistics service management strategy realization. This process can be complicated by some problems with transition of relevant qualitative characteristics of the system to quantitative ones. As a tool for resolving such problems this article spotlights the possibility of evaluatation of logistics service management strategy realization in supply chain using statistical method of Spearman’s rank correlation coefficient calculation. The technique of this indicator application is exemplified as well as the pros and cons to its use. Thus, it suggests a way to evaluate logistics service management strategy realization in fast moving consumer goods supply chain.

Keywords

logistics service, supply chain, strategy, Spearman’s rank correlation coefficient

В условиях современной рыночной действительности наблюдается всё большее укрепление эволюционно трансформированной парадигмы выстраивания логистики, в рамках которой компании, фокусируясь на своих ключевых компетенциях, активно вступают во взаимодействия друг с другом по вопросам эффективной организации поставок. Сегодня мы всё чаще можем говорить не только о конкурировании компаний, но и соперничестве цепей поставок в которые они входят. В связи с этим, большое внимание уделяется такому понятию, как «логистический сервис». Примечательно, что к настоящему времени единого подхода к трактовке данной категории так и не сформировалось, что отмечает, например, А.В. Иванова в своей статье [4], посвящённой способам оценки логистического сервиса. Эта проблема послужила стимулом к инициации исследования сущности логистического

© К.В. Ерыгин, С.С. Белова, 2017

сервиса, которое легло в основу данной статьи. По итогам проведённого анализа существующих определений и изучения проявлений логистического сервиса под ним было предложено понимать системное предоставление организацией и (или) другими лицами определённой, способствующей устойчивому развитию бизнеса совокупности услуг, сопутствующих материальному потоку от точки его возникновения вплоть до утилизации, конечной целью которого является должное удовлетворение запросов потребителей [1].

Нестабильность внешней среды, условия конкуренции, множественность вариантов действий – всё это обуславливает необходимость наличия стратегии управления логистическим сервисом в рамках общекорпоративной стратегии. Однако лишь зафиксировать сформулированную стратегию недостаточно: важно обеспечить контроль и оценку её реализации. Этот момент стратегического управления может сопровождаться рядом сложностей, связанных с квантификацией качественных характеристик системы. В решении подобных вопросов может помочь применение статистических методов. Однако данные методы, обладая богатым потенциалом, недостаточно используются при подготовке и принятии управленческих решений в логистике, по мнению учёных из Государственного университета управления [3].

Вопросы разработки самой стратегии не входят в канву настоящей статьи, в ней преимущественно рассматривается возможность оценки реализации стратегии управления логистическим сервисом в цепях поставок товаров народного потребления посредством статистического изучения, а именно с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена (КСП).

Предложенный в 1904 году английским учёным Чарльзом Эдвардом Спирменом, данный показатель применяется для выявления и оценки тесноты связи между двумя рядами сопоставляемых количественных показателей.

$$К_{СП} = 1 - 6\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n\left(n^2-1\right)}, \text{ где}$$

d_i – разница рангов эталонного и фактического ряда;

n – количество показателей динамического ряда.

Корреляция может принимать значения от -1 до +1. В том случае, если ранги показателей рядов в большинстве случаев совпадают, можно говорить о прямой корреляционной связи, а коэффициент в этом случае стремится к +1. Противоположная направленность рангов рядов говорит об обратной связи между явлениями и соответствующих значениях коэффициента до -1 [2]. Связь принято считать сильной, если $|К_{СП}| \geq 0{,}7$, умеренной при $0{,}3 < |К_{СП}| < 0{,}7$ и слабой в случае $|К_{СП}| \leq 0{,}3$.

Итак, оценим реализацию стратегии управления логистическим сервисом с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена на примере. Опуская особенности разработки самой стратегии, предположим, что некая компания-поставщик товаров народного потребления перед началом исследуемого периода (2010-2015 гг.) сформулировала для себя стратегию управления логистическим сервисом, характеризующуюся рядом следующих показателей:

- Темп роста прибыли ($Т_П$), %
- Темп роста объёма продаж ($Т_{ОП}$), %
- Темп роста затрат на логистический сервис ($Т_{ЛС}$), %
- Темп роста количества рекламаций ($Т_Р$), %

– Темп роста упущенных продаж ($Т_{УП}$), %

Для достижения поставленных целей важна сбалансированность показателей, поэтому зададим стратегию компании через их следующий эталонный ряд с присвоением соответствующих темпам роста рангов: **$Т_{УП}$ (5) < $Т_{Р}$ (4) < $Т_{ЛС}$ (3) < $Т_{ОП}$ (2) < $Т_{П}$ (1)** . Самому быстрому темпу роста соответствует ранг 1. Таким образом, получили целевое соотношение показателей, отражающих принятую стратегию.

В таблице 1 представлены статистические данные о темпах изменения релевантных показателей с течением времени.

Таблица 1 – Динамика показателей во времени

Год	Темпы роста, %				
	$Т_{П}$	$Т_{ОП}$	$Т_{ЛС}$	$Т_{Р}$	$Т_{УП}$
2010	157,6	121,5	105,2	169,3	117,1
2011	108,3	107,1	114,8	87,2	88,3
2012	93,8	102,0	99,7	100,9	105,4
2013	120,4	113,8	117,1	94,4	101,2
2014	106,2	139,9	101,0	102,1	107,5
2015	115,7	131,3	126,2	99,5	74,2

Проранжируем фактические динамические ряды в порядке убывания и оценим тесноту связи каждого из них с эталонным рядом посредством расчёта коэффициента ранговой корреляции Спирмена в таблице 2.

Ниже представлен расчёт коэффициентов ранговой корреляции Спирмена для разных лет. Для упрощения вычислений дробь была сокращена на 6.

$$К_{СП}^{2010} = 1 - \frac{(2-1)^2+(3-2)^2+(5-3)^2+(1-4)^2+(4-5)^2}{20}$$

$$К_{СП}^{2011} = 1 - \frac{(2-1)^2+(3-2)^2+(1-3)^2+(5-4)^2+(4-5)^2}{20}$$

$$К_{СП}^{2012} = 1 - \frac{(5-1)^2+(2-2)^2+(4-3)^2+(3-4)^2+(1-5)^2}{20}$$

$$К_{СП}^{2013} = 1 - \frac{(1-1)^2+(3-2)^2+(2-3)^2+(5-4)^2+(4-5)^2}{20}$$

$$К_{СП}^{2014} = 1 - \frac{(3-1)^2+(1-2)^2+(5-3)^2+(4-4)^2+(2-5)^2}{20}$$

$$К_{СП}^{2015} = 1 - \frac{(3-1)^2+(1-2)^2+(2-3)^2+(4-4)^2+(5-5)^2}{20}$$

Представим полученные значения коэффициента соответствия рядов на диаграмме, изображённой на рисунке 1.

На основании проведённых расчётов можно заключить, что значения коэффициента хаотичны и вектор реализации стратегии отсутствует. Это может свидетельствовать о систематическом пренебрежении стратегией, неверном её выборе или отсутствии корректировок стратегии при значительных изменениях во внешней среде. В случае же успешной реализации стратегии динамика соответствия фактических рядов эталонному была бы более-менее равномерно восходящей, т.е. с каждым периодом работы в рамках выбранной стратегии соотношение характеризующих стратегию показателей стремилось бы к целевому. Графическое отображение значений коэффициента позволяет наглядно оценить тенденцию реализации стратегии в разрезе количественной оценки, сделать определённые выводы касательно

Таблица 2 – Ранжированные фактические динамические ряды

Год	Фактические ранги										$К_{СП}$
	$Т_{П}$	1	$Т_{ОП}$	2	$Т_{ЛС}$	3	$Т_{Р}$	4	$Т_{УП}$	5	
2010	157,6	**2**	121,5	**3**	105,2	**5**	169,3	**1**	117,1	**4**	0,2
2011	108,3	**2**	107,1	**3**	114,8	**1**	87,2	**5**	88,3	**4**	0,6
2012	93,8	**5**	102,0	**2**	99,7	**4**	100,9	**3**	105,4	**1**	- 0,7
2013	120,4	**1**	113,8	**3**	117,1	**2**	94,4	**5**	101,2	**4**	0,8
2014	106,2	**3**	139,9	**1**	101,0	**5**	102,1	**4**	107,5	**2**	0,1
2015	115,7	**3**	131,3	**1**	126,2	**2**	99,5	**4**	74,2	**5**	0,7

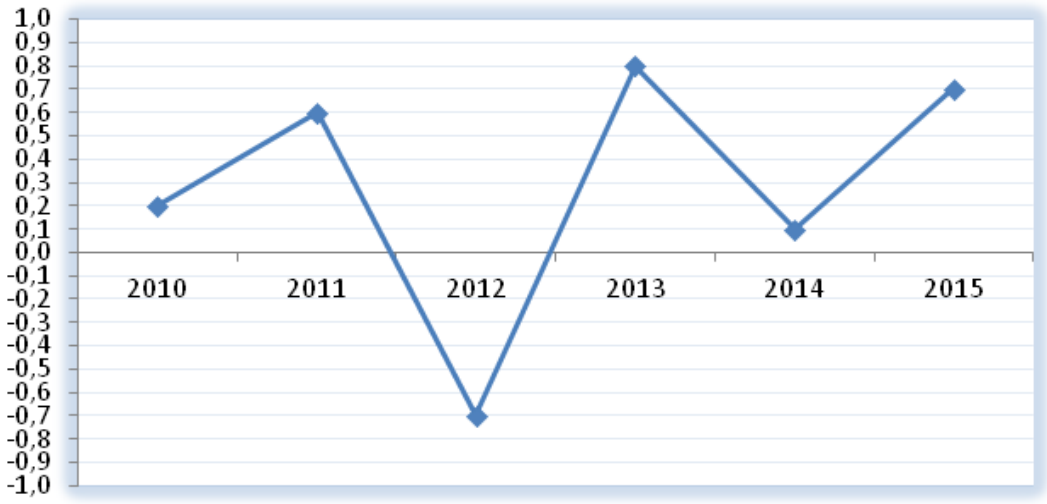

Рисунок 1 – Динамика коэффициента ранговой корреляции Спирмена

адекватности выбранных целей, ориентиров и предпринять соответствующее управленческое воздействие.

Итак, коэффициент ранговой корреляции Спирмена может быть успешно использован для выявления тенденции реализации стратегии управления логистическим сервисом в цепях поставок товаров народного потребления. Однако применения лишь данного метода для практического использования недостаточно. В частности, метод лишь опосредованно учитывает качественные характеристики реализации стратегии, ограничен в глубине анализа, зависит от циклов сбора аналитической информации и т.д. Наиболее эффективной видится системная оценка реализации стратегии, в рамках которой данный метод мог бы быть применён в комплексе с другими (сбалансированная система показателей и пр.)

Литература

1. Ерыгин К.В., Белова С.С. К вопросу о сущности логистического сервиса // Актуальные проблемы управления – 2016: Материалы 21-й Международной научно-практической конференции. Вып. 4. / Государственный университет управления. – М. : Издательский дом ГУУ, 2016. – 170-171 с.
2. Абдуллаев Н.А. Современные инструменты, методы и технологии формирования и обоснования стратегии развития предприятий // Региональные проблемы преобразования экономики. – 2008 - № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rppe.ru/wp-content/uploads/2008/10/abdullaev-na.pdf (дата обращения: 26.03.2017).
3. Ермаков А.А., Ермаков И.А. Разработка методики совершенствования группировки товаров при прогнозировании спроса в управлении многономенклатурными товарными запасами // Интернет-журнал «Науковедение». – 2015 - №1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metodiki-sovershenstvovaniya-gruppirovki-tovarov-pri-prognozirovanii-sprosa-v-upravlenii-mnogonomenklaturnymi-tovarnymi (дата обращения: 28.03.2017).
4. Иванова А.В. Способы оценки логистического сервиса // Научно-аналитический журнал «Логистика и управление цепями поставок». – 2014 - № 3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://lscm.ru/index.php/ru/po-godam/item/501 (дата обращения: 28.03.2017).

Климина Юлия Германовна

магистрант кафедры логистики, ФГБОУ ВО «Государственный университет управления», Россия, г. Москва
yuliya.klimina@bk.ru

Особенности развития цепей поставок в государственном оборонном заказе (ГОЗ)

Аннотация

В статье представлены результаты научно-практического исследования проблематики исполнения государственных оборонных заказов предприятиями различных секторов экономики. Проводится аналогия между кооперацией головного исполнителя и другими цепями поставок, выявляются особенности и уникальные характеристики кооперации. На основании анализа теоретических источников, а также опроса исполнителей ГОЗ выделяются требования законодательства, оказывающие значительное влияние на формирование цепи поставок, определяется характер такого влияния. Далее автор отражает противоречия, возникающие в процессе исполнения ГОЗ, приводит существующие подходы к их устранению и предлагает новые, основываясь на инструментарии логистики и управления цепями поставок. В заключении отмечается необходимость использования системного подхода, а также синтеза науки и практики в дальнейшей разработке путей разрешения противоречий и совершенствовании цепей поставок в рамках ГОЗ.

Ключевые слова:

государственный оборонный заказ, кооперация головного исполнителя, устранение противоречий при реализации ГОЗ, управление цепями поставок, инструментарий логистики, требования по №275-ФЗ

Klimina Y.G.

Master's student of Logistics Department, State University of Management, Moscow, Russia
yuliya.klimina@bk.ru

Development features of supply chains in the state defense order (SDO)

Abstract

The article presents the results of scientific and practical research on the implementation of state defense orders by enterprises of various sectors of the economy. An analogy is being drawn between the cooperation of the lead contractor and other supply chains, identifying features and unique characteristics of cooperation. Based on the analysis of theoretical sources and the interviews of the suppliers of state orders, the requirements that exert a significant influence on the formation of the supply chain are singled out, the nature of such influence is determined. Further, the author reflects the contradictions that arise in the process of implementing state defense orders, leads existing approaches to their elimination, and suggests new ones based on the logistics and supply chain management tools. In conclusion, there is a need to use a systematic approach, as well as the synthesis of science and practice, in the further development of ways to resolve contradictions and improve the supply chains of state defense orders.

Keywords

state defense order, cooperation of the lead contractor, elimination of the contradictions in the state defense order, supply chain management, logistic tools, legal requirements

В нынешней экономической среде цепи поставок становятся всё более стандартизированными для каждой из отраслей хозяйственной деятельности, а значит, имеют и общий для отрасли круг проблем, подлежащих решению. В научных исследованиях данная тема отражается достаточно часто [14, 15, 19], а авторы их подчеркивают, что отрасль и специфика продукции, движущейся по цепи поставок, является одним из важнейших факторов для построения эффективных процессов в рамках этой цепи. Единые принципы, заложенные в фундаментальные теоретические труды по управлению цепями поставок, требуют индивидуализации в каждой отрасли, имеющей различное количество звеньев цепи поставок, уровней, каналов сбыта, особенностей транспортировки, технологических процессов и так далее.

Приведем несколько примеров для подтверждения вышеизложенного тезиса.

© Ю.Г. Климина, 2017

Так, в металлургии особенностью является рост запасов сырья и готовой продукции, связанный с диверсификацией производства, а также усложнение процессов управления в условиях вертикальной интеграции предприятий [19]. Крайне важным для отрасли считается применение инструментария контрактной логистики для формирования контрактных отношений в цепях поставок.

В области машиностроения одной из главных проблем в рамках управления цепями поставок стала существенно возросшая необходимость выбора поставщиков, связанная с санкционными запретами, программами импортозамещения, скачками валютных курсов, нестабильностью международных рынков сырья и материалов, а также со стремлением снизить коррупционную составляющую. В таких условиях необходимо разработать и внедрить на предприятиях автоматизированную систему идентификации и анализа рисков поставок [19].

В розничной торговле наблюдается волатильность спроса и его стагнация в отдельных сегментах, расширение пространственной диверсификации, попытка консолидации местных розничных сетей на локальных рынках, снижение доходности торговых операций. Происходит трансформация логистических моделей в таких сетях, активно развивается концепция логистического аутсорсинга, консолидация и кооперация региональных ритейлеров с целью повышения конкурентоспособности цепей поставок [14].

В строительной отрасли наблюдается отрицательная динамика показателей рентабельности, усиление ценовой конкуренции, снижение качества работ. Основной причиной снижения эффективности работы строительных компаний считается отсутствие системы управления логистическими рисками в цепях поставок, которая позволила бы гибко реагировать на изменения внешней и внутренней среды и обеспечила бы эффективное распределение ресурсов. Низкий уровень администрирования логистических процессов в строительной отрасли обусловливает необходимость разработки качественного методического обеспечения принятия управленческих решений с учетом логистических рисков. Индуктивным методом мы пришли к заключению, что у каждой из отраслей имеются свои ключевые особенности, влияющие на правила построения и проектирования цепей поставок. Выделению данных особенностей в сфере государственного оборонного заказа и посвящено проведенное нами исследование.

В оборонно-промышленном комплексе сформировался свой круг проблем, связанных с построением эффективных цепей поставок. В целом, с учетом последних изменений в законодательстве, а именно с вступлением в силу Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ "О государственном оборонном заказе", а также ряда документов, дополняющих его [13], мы получили новое для нашего государства явление: прозрачную цепь поставок, контролируемую государством по определенному набору критериев. Такая цепь даже получила свое узаконенное название – кооперация головного исполнителя [18]. Это совокупность взаимодействующих между собой лиц, участвующих в поставках продукции по государственному оборонному заказу в рамках сопровождаемых сделок. В кооперацию входят головной исполнитель, заключающий государственный контракт с государственным заказчиком, исполнители, заключающие контракты с головным исполнителем, и исполнители, заключающие контракты с

исполнителями[4]. Для внесения ясности хотелось бы отметить, что в кооперацию входят не только предприятия оборонного комплекса, но и другие субъекты хозяйственной деятельности, в той или иной мере причастные к исполнению государственных оборонных заказов. Поэтому корректнее в рамках текущего исследования будет говорить не об ОПК в целом, а именно о таком явлении, как государственный оборонный заказ, его исполнителях и особенностях выстраивания цепи поставок с учетом требований законодательства.

К основным источникам, на которых основывается настоящее исследование, относятся:

1. Нормативно-правовые акты Российской Федерации ([13],[18]), которые:

а) регулируют общий порядок исполнения ГОЗ, основные принципы и требования;

б) раскрывают частные особенности реализации гособоронзаказов (порядок ведения раздельного учета, обоснования цены контракта и т.д.);

в) представляют собой письма и разъяснения уполномоченных органов о толковании той или иной спорной нормы НПА.

Довольно большой объем нормативно-правовых актов, относящихся к сфере гособоронзаказа, создает первую сложность для участников кооперации. Частые изменения и дополнения необходимо отслеживать и изучать, и исполнять требования, порой противоречащие друг другу.

2. Научные исследования, статьи, интервью на тему особенностей исполнения гособоронзаказа.

Рассмотрев источники [3-8, 10, 11, 16-17], отметим следующие особенности:

Таблица 1 – Отражение проблематики ГОЗ в научных исследованиях

Проблематика, связанная с ГОЗ	***Количество источников, отражающих проблематику***
Правовые казусы и аспекты регулирования ГОЗ	23
Анализ тенденций развития ОПК в России	13
Ведение раздельного учета результатов финансово-хозяйственной деятельности	11
Вопросы формирования цены на продукцию по ГОЗ	7
Способы расчета затрат, формирования себестоимости	4
Оценка надежности контрагентов	2
Управление рисками при реализации ГОЗ	2

В результате анализа можно сделать вывод о том, что вопросы формирования цепи поставок в рамках исполнения ГОЗ системно и комплексно не рассматриваются. Хотя те особенности, которые появляются у звеньев цепи поставок в рамках исполнения гособоронзаказа – довольно большой объем ГОЗ в денежном выражении (2014г. – 1,9 трлн. руб., 2015г. – 1,8 трлн. руб.[5]), количество предприятий, задействованных в его исполнении, а также стратегическая важность данного сектора для экономики, развития науки, обеспечения безопасности страны – подтверждают актуальность и необходимость проведения такого исследования. Кроме того, постоянный рост процента исполнения ГОЗ (в 2016 г. он выполнен на 98,8%) позволяет предположить, что у данного подхода к построению цепи поставок есть ряд преимуществ, позволяющий повышать эффективность ее функционирования.

[4] Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 275-ФЗ "О государственном оборонном заказе" ст. 3 п. 4.1

[5] Сущность, формы и проблемы аутсорсинга в оборонно-промышленном комплексе Российской Федерации.Голубев А.А., Овсянникова Н.В..Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2016. № 2. С. 100

Поиск подтверждений данной гипотезы привел нас к проведению более подробного исследования такого явления, как гособоронзаказ. Агрегировав имеющийся опыт, а также совокупность теоретических знаний по вопросам, связанным с цепью поставок в рамках ГОЗ, мы выявили те характеристики, которыми должна обладать кооперация исполнителей гособоронзаказов для их успешной реализации:

- высокий уровень качества изделий на любом уровне цепи поставок;
- соблюдение принципов минимизации затрат;
- соблюдение сроков поставок при достаточно длительном технологическом цикле производства конечной продукции;
- синхронность всех звеньев цепи;
- возможность открытого обмена информацией между участниками цепи;
- отлаженные системы учета затрат;
- наличие единых стандартов и подходов к ведению учета, калькуляции стоимости изделий;
- способность быстро реагировать на изменяющиеся требования;
- наличие развитой сети партнёров и альтернативных поставщиков.

В ходе исследования было отмечено, что часть требований к участникам ГОЗ более явно влияет на формирование цепи поставок, уникальной по своей структуре. Такие требования, а также позитивный или негативный характер их влияния на параметры функционирования цепи, систематизированы в таблице (см. табл. 2).

Как видно из таблицы 2, у участников кооперации в процессе реализации гособоронзаказа возникает ряд противоречий, разрешение которых способствовало бы повышению эффективности функционирования цепи поставок. Уникальность такого сочетания требований, сложность их одновременного выполнения, особый характер государственного контроля и вмешательства в данную сферу, и при этом высочайший за всю историю процент исполнения гособоронзаказа в 2016 году побудили нас продолжить исследование в данной области в разрезе методов и подходов к устранению противоречий исполнителями ГОЗ.

Проведя анализ теоретических источников ([3], [6], [7], [8], [10], [11]), а также опрос участников ГОЗ мы выделили существующие подходы к разрешению противоречий. Обобщив имеющиеся знания в области основ функционирования цепей поставок ([1], [2], [9], [12]) и используя собственный опыт реализации гособоронзаказов для моделирования путей устранения противоречий (таких как интегрированное планирование в цепях поставок; внедрение логистических концепций в процесс управления цепью поставок; формирование новых алгоритмов выбора поставщика; использование концепции аутсорсинга и т.д.), мы обозначили дополнительные меры, которые могут поспособствовать разрешению данных противоречий (см. табл. 3).

Из вышеприведенной таблицы можно заметить, что в настоящее время отсутствуют стандартизированные и утвержденные способы устранения противоречий, возникающих при исполнении ГОЗ. Существующие подходы отражают:

- отсутствие единообразия к решению данных проблем;
- использование организациями привычных и знакомых методов работы в рамках цепи поставок;
- попытки избежать исполнения ряда требований ГОЗ по причине трудности их реализации;
- отсутствие системности в решении стоящих задач;

Таблица 2 – Влияние требований к участникам ГОЗ на цепь поставок

Требования к участникам ГОЗ	***Позитивное влияние требования на цепь поставок***	***Негативное влияние требования на цепь поставок***
Надежность исполнителя	повышенная устойчивость ЦП; надежность; слаженность действий; прозрачность; обеспеченность информацией; ответственность всех звеньев	длительность проектирования и формирования ЦП; возможность срыва сроков поставок при отсутствии исполнителей, соответствующих требованиям
Контроль ценообразования на свою продукцию и товары нижестоящих исполнителей	поиск путей снижения себестоимости; обоснованные затраты на производство и реализацию продукции; регулярный анализ цен на товары и услуги своих поставщиков; современные системы учета затрат	рост трудозатрат; необходимость расширять штат специалистов в области экономики, калькуляции, формирования себестоимости; отказ от участия в ГОЗе при отсутствии возможности исполнять данное требование
Централизация функций контроля и сбора информации у Головного Исполнителя	единый центр управления всей цепью поставок; дополнительный контроль всех участников цепи; возможность проектирования цепи поставок исходя из потребностей заказчика	большой объем трудозатрат; сложность контроля звеньев ниже 2-3 уровня цепи поставок
Наличие квалифицированного административно-управленческого персонала, экономистов, занятых администрированием и реализацией требований закона	формирование адекватной цены на продукцию по ГОЗ; профессиональный подход к построению цепи поставок; ведение деятельности в соответствии с требованиями 275-ФЗ	барьер для ряда малых предприятий к выходу на рынок ГОЗ; абсурдность выполнения такого объема работы для производства простейших товаров или услуг на нижних уровнях цепи; сосредоточенность не на качестве продукции, а на исполнении бюрократических требований закона
Использование денежных средств только на цели исполнения ГОЗ	снижение коррупции; гарантия наличия денежных средств для расчетов с исполнителями ГОЗ нижестоящих уровней	Трудности с обоснованием некоторых затрат; Отсутствие гибкости и возможности самостоятельно регулировать денежные потоки компании; Консолидация большого объема денежной массы на отдельных счетах, отсутствие возможности их использования для получения прибыли, развития компании, иных целей

Таблица 3 – Противоречия, возникающие в процессе исполнения требований ГОЗ

Противоречия, возникающие в процессе исполнения требований ГОЗ	***Существующие подходы к разрешению данных противоречий***	***Дополнения к существующим подходам***
Надежность поставщика – срыв сроков поставок	-методики проверки контрагентов на надежность, платежеспособность на основе расчета различных коэффициентов; -автоматизированные программы проверки контрагентов; -реестры недобросовестных поставщиков; -анализ арбитражной практики	1. Преддоговорные переговоры с поставщиком с уведомлением о соисполнении ГОЗа и необходимости открытия отдельного банковского счета 2. Критический анализ предлагаемых заказчиком сроков поставок с учетом длительности поиска поставщиков 3. Опора на поставщиков, придерживающихся логистических концепций Lean, Just-in-time, Kanban 4. Выработка специфичных алгоритмов выбора поставщика на основе базовых.
Постоянный контроль ценообразования – отсутствие кадровых ресурсов	-автоматизированный учет затрат; -метод обратной калькуляции [17]; -заключение долгосрочных договоров с фиксированной ценой	1. Использование статистических данных об уровне цен на определенные товары (Росстат) 2. Использование инструментов интегрированного планирования в цепи поставок 3.Создание отдельной базы данных для закупаемых под ГОЗ товаров и услуг
Обеспечение прозрачности кооперации – сложность исполнения требований ГОЗ	-расчеты с некоторыми контрагентами в рамках допустимых 3 млн ежемесячно без открытия спец. счетов [18]; -нарушения ряда требований по принципу наименьшего вреда исполнению заказа	1.Внедрение логистических концепций по всей кооперации 2.Использование инструментов интегрированного планирования в цепи поставок 3. Разработка логистической стратегии компании с учетом требований ГОЗ

– редкость обращения к научным подходам при поиске решения возникающих проблем.

Проведенное нами исследование позволяет утверждать, что организациям, занятым исполнением гособоронзаказов, необходимы новые, единые методы и подходы к разрешению тех противоречий, которые возникают в настоящее время.

Так, нами намечены дальнейшие перспективы развития данного исследования:

– усовершенствование имеющихся подходов к разрешению противоречий в рамках исполнения государственного оборонного заказа;
– разработка методов устранения противоречий в цепи кооперации на основе современных технологий управления цепями поставок;
– формирование принципов использования инструментария логистики и УЦП в структурах, реализующих гособоронзаказы;
– разработка механизмов внедрения научного подхода к организации цепей поставок на предприятиях-исполнителях ГОЗ.

Использование инструментария логистики и управления цепями поставок в данной отрасли будет способствовать росту эффективности исполнения гособоронзаказов в России.

Литература

1. Аникин Б.А . Проблемы и основные направления развития логистики в РФ / Б.А. Аникин, О.Б. Аникин // Управленческие науки в современном мире. – 2015. – Т. II. – № 1. – С. 388-391.
2. Аникин Б.А. Развитие и взаимосвязь основных концепций управления предпринимательскими организациями / Б.А. Аникин, В.И. Воронов // Транспорт: наука, техника, управление. –2006. –№ 4. – С. 7-14.
3. Батьковский М.А Отбор предприятий ОПК для выполнения государственного оборонного заказа / М.А. Батьковский // Новая наука: Современное состояние и пути развития. –2016. – № 7-1. – С. 114-117.
4. Головецкий Б.Н . Совершенствование организационно-экономического механизма государственного регулирования производства военной продукции и размещения государственного оборонного заказа / Б.Н. Головецкий // Интернет-журнал Науковедение. 2016. – Т. 8. – № 2. – С. 3. [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru (дата обращения: 15.03.2017)
5. Голубев А.А . Сущность, формы и проблемы аутсорсинга в оборонно-промышленном комплексе Российской Федерации / А.А. Голубев, Н.В. Овсянникова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2016. – № 2. – С. 100-106.
6. Горидько Н .П. Современные подходы к оценке благонадежности контрагента в наукоемкой промышленности / Н. Горидько, Л. Осипова // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. – 2016. – № 2. – С. 193-196.
7. Губернаторова Н.Н . Проблемы формирования стоимости продукции при выполнении оборонного заказа / Н.Н. Губернаторова , О.И. Костина // Калужский экономический вестник. – 2016. – № 1. – С. 16-19.
8. Губернаторова Н.Н. Особенности ведения раздельного учета результатов финансово-хозяйственной деятельности в сфере государственного оборонного заказа / Н.Н. Губернаторова // Калужский экономический вестник. –2016.–№ 3.– С. 26-32.
9. Ермаков И. А. Постановка проблемы развития национальной логистической системы / И.А. Ермаков, Д.И. Петухов // Логистика. – 2014. –№ 11 (96). – С. 56-59.

10. Ибрагимов О.Е. Проблемы организации устойчивого развития оборонно-промышленного комплекса в России / О.Е. Ибрагимов // Управление устойчивым развитием. – 2016. – № 6 (07). – С. 36-42.
11. Лабынцев Н.Т . Организация раздельного учета результатов деятельности на предприятиях - исполнителях государственного оборонного заказа (ГОЗ) / Н.Т. Лабынцев, Р.Г. Михайленко, П.В. Колесник // Управленческий учет. – 2016.–№ 10.–С. 73-80.
12. Петухов Д.В. Теоретические принципы разработки стратегии развития национальной логистической системы / Д.В. Петухов // Управление. – 2015. – Т. 3. – № 2. – С. 37-42.
13. Приказ Министерства промышленности и энергетики РФ от 23 августа 2006 г. N 200 "Об утверждении Порядка определения состава затрат на производство продукции оборонного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу" [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_65032/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddafdaddf518 (дата обращения: 01.03.2017)
14. Развитие цепей поставок сетевой розничной торговли в России: автореферат дис. ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Астафуров Сергей Сергеевич; [Место защиты: Рост. гос. эконом. ун-т "РИНХ"]. - Ростов-на-Дону, 2014. - 22 с.
15. Разработка автоматизированной системы идентификации и анализа рисков поставок для повышения эффективности машиностроительного производства: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.13.06 / Турапин Михаил Викторович; [Место защиты: Моск. гос. технол. ун-т "Станкин"]. - Москва, 2015. - 26 с.
16. Рыженков А.Г . Проблемные вопросы введения новых изменений в федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе» / А.Г. Рыженков , А.В. Самило , Н.И. Колесников // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2016. – № 6. – С. 220-224.
17. Торгун И.Н. Особенности ценообразования предприятий оборонно-промышленного комплекса на основе метода обратной калькуляции / И.Н. Торгун, О.А. Афонина , А.К. Писарев // Вооружение и экономика. –2016. –№ 3 (36). – С. 70-75.
18. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. N 275-ФЗ "О государственном оборонном заказе" [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140175/ (дата обращения: 10.03.2017)
19. Формирование контрактных отношений в цепях поставок продукции металлургического комплекса Российской Федерации : автореферат дис. ... кандидата экономических наук: 08.00.05 / Бабаченко Марина Владимировна; [Место защиты: Сам. гос. эконом. ун-т]. - Самара, 2015. - 21 с.

СИЛА систем

Междисциплинарный научный журнал. Выходит четыре раза в год

№1 / 2017

Главный редактор:
Ермаков И.А.

Редакция:
Белова С.С.
Филиппов Е.Е.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Аникин Б.А.
Петухов В.И.
Канке А.А.
Орчаков О.А.
Скворцов Я.Л.
Грязнов Л.Э.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77 - 64443 от 31 декабря 2015 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Статьи, поступающие в редакцию, проходят рецензирование. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

почтовый: 115054, Россия, г. Москва, Озерковская набережная, д. 44, кв. 9,
фактический: 115054, Россия, г. Москва, Озерковская набережная, д. 44, кв. 9.
Email: petdan@mail.ru, ermakov@7pravil.ru

Учредитель и издатель:
ООО «Сила систем»
Генеральный директор: Петухов Даниил Валерьевич

Подп. в печ. 30.05.2017. Формат 60x90/8. Объем 5,75 п.л.
Бумага офисная. Печать цифровая. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 3,28. Тираж 1000 экз. (1-й завод 40 экз.) Заказ № 570.
Отпечатано с готового оригинал-макета в Издательском доме ФГБОУВО «ГУУ»: 109542, Москва, Рязанский проспект, 99, Учебный корпус, ауд. 106
Тел./факс: (495) 371-95-10. E-mail: id@guu.ru, roguu115@gmail.com
www.id.guu.ru, www.guu.ru