

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. Бекетова

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи

з навчальної дисципліни

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

*(для студентів 6 курсу заочної форми навчання
та другого вищого навчання
спеціальності 7.03060101 – Менеджмент організацій і адміністрування)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

Методичні вказівки до самостійної роботи з навчальної дисципліни «Математичні моделі соціально-економічних процесів» (для студентів 6 курсу заочної форми навчання та другого вищого навчання спеціальності 7.03060101 – Менеджмент організацій і адміністрування) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: К. Ю. Кононова, І. Т. Карпалюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 64 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. **К. Ю. Кононова**,
канд. техн. наук, доц. **І. Т. Карпалюк**

Рецензент: канд. техн. наук, доц. **В. Н. Охрименко**

Рекомендовано кафедрою інформаційних систем і технологій в міському господарстві, протокол № 88 від 21/05/2012 р.

Методические указания к самостоятельной работе по курсу: «Математические модели социально-экономических процессов» (для студентов 6 курса заочной формы обучения и слушателей второго высшего образования специальности 7.03060101 – Менеджмент организаций и администрирования). / Харьков. нац. ун-т город. хоз-ва им. А. Н. Бекетова; составит.: Е. Ю. Кононова, И. Т. Карпалюк; – Харьков: ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2017.– 64 с.

Составители: канд. техн. наук, доц. **Е. Ю. Кононова**
 канд. техн. наук, доц. **И. Т. Карпалюк**

Рецензент: канд. техн. наук, доц. **В. Н. Охрименко**

Рекомендовано кафедрой информационных систем и технологий в городском хозяйстве, протокол № 88 от 21 мая 2012 г.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПОНЯТИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ	7
1.1 Моделирование и понятие модели.....	7
1.2 Необходимость моделирования	7
1.3 Типы моделей.....	8
1.4 Процесс построения модели.....	10
1.5 Общие проблемы моделирования.....	11
1.6 Обзор математических моделей.....	13
1.7 Методы прогнозирования.....	25
2 DATA MINING - ДОБЫЧА ДАННЫХ.....	32
3 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	35
3.1 Общая постановка задачи.....	38
3.2 Суть метода Монте-Карло	42
4 УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ.....	47
4.1 Основная задача	50
4.2 Модель производственных поставок	55
4.3 Модель, учитывающая штрафы	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ	63

ВВЕДЕНИЕ

В процессе развития информационных технологий, а также систем сбора и хранения данных — баз данных (databases), хранилищ данных (data warehousing), и облачных репозиториях, возникла проблема анализа больших объемов данных, когда аналитик или управленец не в состоянии вручную обработать большие массивы данных и принять решение. Понятно, что аналитику необходимо каким-то образом представить исходную информацию в более компактном виде, с которой может справиться человеческий мозг за приемлемое время.

Очень часто принятие правильного решения затруднено тем, что хотя данные и имеются, они являются неполными, или, наоборот, избыточными, замусоренными, несистематизированными или систематизированными неверно. Тогда прибегают к помощи программных средств, которые позволяют привести информацию к виду, который дает возможность с достаточной степенью достоверности оценить содержащиеся в ней факты и повысить вероятность принятия оптимального решения.

Фундаментальной процедурой любого научного исследования, впервые использованного на практике школой научного управления, является НАУЧНЫЙ МЕТОД. Он состоит из трех этапов:

1. *Наблюдение.* Речь идет об объективном сборе и анализе информации по проблеме и ситуации. К примеру, если рассматривается зависимость между потребностью в изделиях и уровнем запасов, руководитель должен оценивать, как варьирует уровень запасов в зависимости от спроса. (Сегодня в крупных организациях этот и почти все другие аспекты научного анализа обычно проводится специалистами штабных подразделений).

2. *Формулирование гипотезы.* Формулируя гипотезу, исследователь выявляет имеющиеся альтернативы - варианты действий - и их последствия для ситуации, а также делает прогноз, основанный на этих наблюдениях. Цель -

установление взаимосвязи между компонентами проблемы. *Когда*, например, наблюдение показывает, что запасы будут снижаться, если спрос в течение месяца возрастет на 10%, руководитель может опереться на гипотезу, согласно которой прирост запасов на определенную величину предупредит их сокращение в подобной ситуации.

3. *Верификация*. В третьей фазе верификации или подтверждения достоверности гипотезы исследователь проверяет гипотезу, наблюдая результаты принятого решения. Продолжая наш пример, отметим, что руководитель может в самом деле увеличить запасы на величину, рекомендованную штабным специалистом. Если при этом запасы не падают и не растут сверх меры, гипотезу следует признать правильной. Если все-таки возникает нехватка продукции с ростом спроса или запасы возрастают настолько, что расходы на их содержание становятся чрезмерными, гипотезу следует признать недостоверной. В этом случае, руководитель должен вернуться к первому этапу, добавить к имеющейся информации, собранную на этапе проверки гипотезы, а также другие данные, после чего сформулировать новую гипотезу.

Моделирование часто необходимо в силу сложности проблем управления и трудности проведения экспериментов в реальной жизни. Наиболее заметное наиболее значительное использование моделирования заключается в возможности принятия объективных решения в ситуациях, слишком сложных для простой причинно-следственной оценки альтернатив. Многие из подобных моделей настолько сложны, что не всякий средний руководитель в состоянии воспользоваться ими самостоятельно. Однако, отсутствие основательного представления о моделях может привести руководителя к методу проб и ошибок и принятию необдуманных решений, вместо применения проверенных методов.

1. ПОНЯТИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

1.1 Моделирование и понятие модели

Хотя некоторые модели, используемые наукой управления, настолько сложны, что без компьютера обойтись невозможно, концепция моделирования проста. По определению Шеннона: «МОДЕЛЬ - это представление объекта, системы или идеи в некоторой форме, отличной от самой целостности».

Главной характеристикой модели можно считать упрощение реальной жизненной ситуации, к которой она применяется. Поскольку форма модели менее сложна, а не относящиеся к делу данные, затуманивающие проблему в реальной жизни, устраняются, модель зачастую повышает способность руководителя к пониманию и разрешению встающих перед ним проблем. Модель также помогает руководителю совместить свой опыт и способность к суждению с опытом и суждениями экспертов.

1.2 Необходимость моделирования

Существует ряд причин, обуславливающих использование модели вместо попыток прямого взаимодействия с реальным миром. К ним относятся естественная сложность многих организационных ситуаций, невозможность проведения экспериментов в реальной жизни, даже когда они необходимы, и ориентация руководства на будущее.

СЛОЖНОСТЬ. Стремление моделирования быть полезным в разрешении организационных проблем реального мира. Может показаться странным, что возможности человека повышаются при взаимодействии с реальностью с помощью ее модели. Но это так, поскольку реальный мир организации исключительно сложен и фактическое число переменных, относящихся к конкретной проблеме, значительно превосходит возможности любого человека и постичь его можно, упростив реальный мир с помощью моделирования.

ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ. Встречается множество управленческих ситуаций, в которых желательно опробовать и экспериментально проверить

альтернативные варианты решения проблемы. Конечно, руководители фирмы - были бы не правы, если бы вложили миллионы долларов в новое изделие, сначала не установив экспериментально, что оно будет функционировать как намечено, и, вероятно, будет принято потребителями. Определенные эксперименты в условиях реального мира могут и должны быть выполнены. Но прямое экспериментирование стоит дорого и требует времени, и здесь на помощь приходят модели.

1.3 Типы моделей

Прежде чем рассматривать широко используемые современными организациями модели и задачи, для решения которых они наиболее пригодны, необходимо вкратце описать три базовых типа моделей. Речь идет о физических, аналоговых и математических моделях.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ. *Физическая модель* представляет то, что исследуется, с помощью увеличенного или уменьшенного описания объекта или системы. Как указывает Шеннон: «Отличительная характеристика физической (называемой иногда «портретной») модели состоит в том, что в некотором смысле она выглядит как моделируемая целостность».

Примеры физической модели - синька чертежа завода, его уменьшенная фактическая модель, уменьшенный в определенном масштабе чертеж проектировщика. Такая физическая модель упрощает визуальное восприятие и помогает установить, сможет ли конкретное оборудование физически разместиться в пределах отведенного для него места, а также разрешить сопряженные проблемы, например, размещение дверей, ускоряющее движение людей и материалов. Автомобильные и авиационные предприятия всегда изготавливают физические уменьшенные копии новых средств передвижения, чтобы проверить определенные характеристики типа аэродинамического сопротивления. Будучи точной копией, модель должна вести себя аналогично разрабатываемому новому автомобилю или самолету, но при этом стоит она много меньше настоящего. Подобным образом строительная компания всегда

строит миниатюрную модель, прежде чем начать строительство производственного или административного корпуса или склада.

АНАЛОГОВАЯ МОДЕЛЬ. *Аналоговая модель* представляет исследуемый объект аналогом, который ведет себя как реальный объект, но не выглядит как таковой. График, иллюстрирующий соотношения между объемом производства и издержками (рис. 1.), является аналоговой моделью. График показывает, как влияет уровень производства на издержки.

Другой пример аналоговой модели - организационная схема. Выстраивая ее, руководство в состоянии легко представить себе цепи прохождения команд и формальную зависимость между индивидами и деятельностью. Такая аналоговая модель явно более простой и эффективный способ восприятия и проявления сложных взаимосвязей структуры крупной организации, чем, скажем, составление перечня взаимосвязей всех работников.

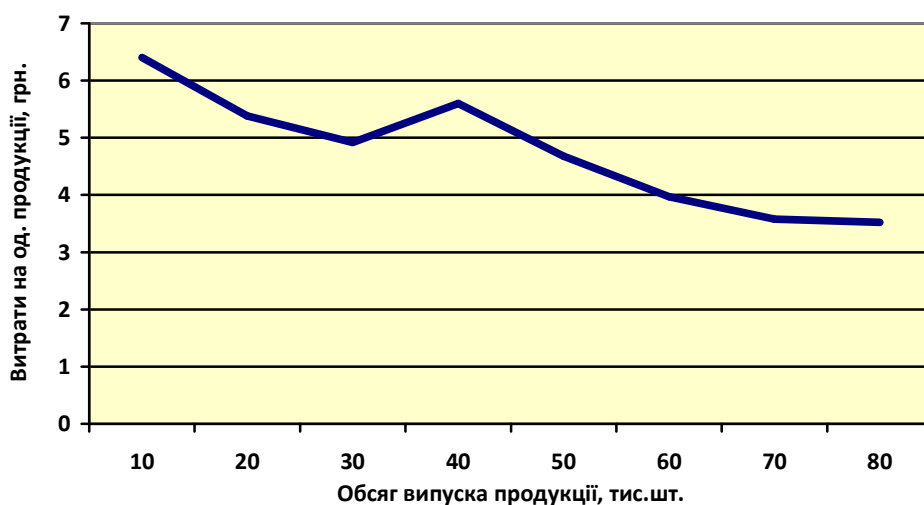


Рисунок 1 - Аналоговая модель (график, являющийся аналоговой моделью, показывает зависимость между количеством произведенной продукции и издержками в расчете на единицу продукции)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ. В *математической модели*, называемой также символической, используются символы для описания свойств или характеристик объекта или события. Пример математической модели и аналитической ее силы как средства, помогающего нам понимать

исключительно сложные проблемы, - известная формула Эйнштейна $E = mc^2$.

Вероятно, математические модели относятся к типу моделей, чаще всего используемых при принятии организационных решений. Рис. 1. иллюстрирует зависимость между объемом производства и издержками, описываемую с помощью модели: $C = PV(0,1) + 2500$.

1.4 Процесс построения модели

Построение модели, как и управление, является процессом. Основные этапы процесса - постановка задачи, построение, проверка на достоверность, применение и обновление модели.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. Первый и наиболее важный этап построения модели, способный обеспечить *правильное* решение управленческой проблемы, состоит в *постановке задачи*. Правильное использование математики или компьютера не принесет никакой пользы, если сама проблема не будет точно диагностирована. Согласно Шеннону: «Альберт Эйнштейн однажды сказал, что правильная постановка задачи важнее даже, чем ее решение. Для нахождения приемлемого или оптимального решения задачи нужно знать, в чем она состоит. Как ни просто и прозрачно данное утверждение, чересчур многие специалисты в науке управления игнорируют очевидное. Миллионы долларов расходуются ежегодно на поиск элегантных и глубокомысленных ответов на неверно поставленные вопросы».

Рассматривая эту тему, Чарльз Дж. Хитч, работавший в министерстве обороны США, указывает: «По опыту знаю, что самое трудное для специалиста по системному анализу - не техника анализа. По сути дела, методы, используемые нами в бюро министра обороны, как правило, просты и старомодны. Полезного и продуктивного аналитика отличает умение сформулировать (спроектировать) задачу».

Далее, из того что руководитель осведомлен о наличии проблемы, вовсе не следует факт идентификации истинной проблемы.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ. После правильной постановки задачи

следующим этапом процесса предусмотрено построение модели. Разработчик должен определить главную цель модели, какие выходные нормативы или информацию предполагается получить, используя модель, чтобы помочь руководству разрешить стоящую перед ним проблему. Нужная выходная информация должна представлять точные нормативы времени и количества подлежащих заказу исходных материалов и запасных частей.

В дополнение к установлению главных целей, необходимо определить - какая информация требуется для построения модели, удовлетворяющей этим целям и выдающей на выходе нужные сведения.

Часто эта необходимая информация разбросана по многим источникам.

К другим факторам, требующим учета при построении модели, следует отнести расходы и реакцию людей. Модель, которая стоит больше, чем вся задача, требующая решения с помощью модели, конечно, не внесет никакого вклада в приближение к целям организации. Подобным образом, излишне сложная модель может быть воспринята конечными пользователями как угроза и отвергнута ими. Таким образом, для построения эффективной модели руководителям и специалистам по науке управления следует работать вместе, взаимно увязывая потребности каждой стороны.

1.5 Общие проблемы моделирования

Как все средства и методы, модели науки управления могут привести к ошибкам. Эффективность модели может быть снижена действием ряда потенциальных погрешностей. Наиболее часто встречающиеся - недостоверные исходные допущения, ограниченные возможности получения нужной информации, страхи пользователя, слабое использование на практике, чрезмерно высокая стоимость.

НЕДОСТОВЕРНЫЕ ИСХОДНЫЕ ДОПУЩЕНИЯ. Любая модель опирается на некоторые исходные допущения или предпосылки. Это могут быть поддающиеся оценке предпосылки, например, что расходы на рабочую силу в следующие шесть месяцев составят 200 тыс. долл. Такие предположения

можно объективно проверить и просчитать. Вероятность того, что они точны, будет высока. Некоторые предпосылки не поддаются оценке и не могут быть объективно проверены. Предположение о росте сбыта в будущем году на 10% - пример допущения, не поддающегося проверке. Никто не знает наверняка, произойдет ли это действительно. Поскольку такие предпосылки являются основой модели, точность последней зависит от точности предпосылок. Модель нельзя использовать для прогнозирования, например, потребности в запасах, если неточны прогнозы сбыта на предстоящий период.

В дополнение к допущениям по поводу компонентов модели, руководитель формулирует предпосылки относительно взаимосвязей внутри нее.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ. Основная причина недостоверности предпосылок и других затруднений - это ограниченные возможности в получении нужной информации, которые влияют и на построение, и на использование моделей. Точность модели определяется точностью информации по проблеме. Если ситуация исключительно сложна, специалист по науке управления может быть не в состоянии получить информацию по всем релевантным факторам или встроить ее в модель. Если внешняя среда подвижна, информацию о ней следует обновлять быстро, но это может быть нереализуемым или непрактичным.

Иногда при построении модели могут быть проигнорированы существенные аспекты, поскольку они не поддаются измерению. Например, модель определения эффективности новой технологии будет некорректной, если в нее встроена только информация о снижении издержек в соответствии с увеличением специализации. Трудно предсказуемое и измеряемое воздействие психологических установок рабочих также отражается на производительности. Если рабочим не нравится новый процесс, то рост издержек по причине прогулов, высокая текучесть кадров и заторы на производственных линиях могут помешать приросту производительности.

В общем, построение модели наиболее затруднительно в условиях

неопределенности. Когда необходимая информация настолько неопределенна, что ее трудно получить, исходя из критерия объективности, руководителю, возможно, целесообразнее положиться на свой опыт, способность к суждению, интуицию и помощь консультантов.

СТРАХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ. Модель нельзя считать эффективной, если ею не пользуются. Основная причина неиспользования модели заключается в том, что руководители, которым она предназначена, могут не вполне понимать получаемые с помощью модели результаты и потому боятся ее применять.

Руководители должны быть подготовлены к применению моделей, а высшему руководству следует подчеркивать, насколько значительно успех организации зависит от моделей и как они повышают способность руководителей эффективно планировать и контролировать работу организации.

СЛАБОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НА ПРАКТИКЕ. Согласно ряду исследований уровень методов моделирования в рамках науки управления превосходит уровень использования моделей. Как указывалось выше, одна из причин такого положения дел - страх. Другие причины - это недостаток знаний и сопротивление переменам. Данная проблема подкрепляет желательность того, чтобы на стадии построения модели штабные специалисты привлекали к этому делу пользователей. Когда люди имеют возможность обсудить и лучше понять вопрос, метод или предполагаемое изменение, их сопротивление обычно снижается.

ЧРЕЗМЕРНАЯ СТОИМОСТЬ. Выгоды от использования модели, как и других методов управления, должны с избытком оправдывать ее стоимость. При установлении издержек на моделирование руководству следует учитывать затраты времени руководителей высшего и низшего уровней на построение модели и сбор информации, расходы и время на обучение, стоимость обработки и хранения информации.

1.6 Обзор математических моделей

Число всевозможных конкретных моделей почти так же велико, как и

число проблем, для разрешения которых они были разработаны.

ТЕОРИЯ ИГР. Одна из важнейших переменных, от которой зависит успех организации, - конкурентоспособность. Очевидно, способность прогнозировать действия конкурентов означает преимущество для любой организации. **ТЕОРИЯ ИГР** - метод моделирования оценки воздействия принятого решения на конкурентов.

Теорию игр изначально разработали военные с тем, чтобы в стратегии можно было учесть возможные действия противника. В бизнесе игровые модели используются для прогнозирования реакции конкурентов на изменение цен, новые кампании поддержки сбыта, предложения дополнительного обслуживания, модификацию и освоение новой продукции. Если, например, с помощью теории игр руководство устанавливает, что при повышении цен конкуренты не сделают того же, оно, вероятно, должно отказаться от этого шага, чтобы не попасть в невыгодное положение в конкурентной борьбе.

Теория игр используется не так часто, как другие описываемые здесь модели. К сожалению, ситуации реального мира зачастую очень сложны и настолько быстро изменяются, что невозможно точно спрогнозировать, как отреагируют конкуренты на изменение тактики фирмы. Тем не менее, теория игр полезна, когда требуется определить наиболее важные и требующие учета факторы в ситуации принятия решений в условиях конкурентной борьбы. Эта информация важна, поскольку позволяет руководству учесть дополнительные переменные или факторы, могущие повлиять на ситуацию, и тем самым повышает эффективность решения.

МОДЕЛИ ТЕОРИИ ОЧЕРЕДЕЙ. *Модель теории очередей или модель оптимального обслуживания* используется для определения оптимального числа каналов обслуживания по отношению к потребности в них. К ситуациям, в которых модели теории очередей могут быть полезны, можно отнести звонки людей в авиакомпанию для резервирования места и получения информации, ожидание в очереди на машинную обработку данных, мастеров по ремонту оборудования, очередь грузовиков под разгрузку на склад, ожидание клиентами

банка свободного кассира. Если, например, клиентам приходится слишком долго ждать кассира, они могут решить перенести свои счета в другой банк. Подобным образом, если грузовикам приходится слишком долго дожидаться разгрузки, они не смогут выполнить столько ездов за день, сколько положено. Таким образом, принципиальная проблема заключается в уравнивании расходов на дополнительные каналы обслуживания (больше людей для разгрузки грузовиков, больше кассиров, больше клерков, занимающихся предварительной продажей билетов на самолеты) и потерь от обслуживания на уровне ниже оптимального (грузовики не могут сделать лишнюю остановку из-за задержек под разгрузкой, потребители уходят в другой банк или обращаются к другой авиакомпании из-за медленного обслуживания).

Согласно Доналду Р. Плейну и Гэри Э. Кохенбергеру: *«Основная причина недостатка в каналах обслуживания заключается в краткосрочных изменениях частоты обращения потребителей за обслуживанием, а также времени обслуживания. Это ведет к избыточной пропускной способности в определенные моменты времени и появлению очередей в другие, хотя пропускная способность могла бы быть достаточной, если бы осуществлялся полный контроль за поступлением требований и можно было бы построить соответствующий график».*

Модели очередей снабжают руководство инструментом определения оптимального числа каналов обслуживания, которые необходимо иметь, чтобы сбалансировать издержки в случаях чрезмерно малого и чрезмерно большого их количества.

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ. *Модель управления запасами* используется для определения времени размещения заказов на ресурсы и их количества, а также массы готовой продукции на складах. Любая организация должна поддерживать некоторый уровень запасов во избежание задержек на производстве и в сбыте. Для сухой очистки требуется поставка необходимого количества химикатов, для больницы - лекарств, для производственной фирмы - сырья и деталей, а также определенный задел незавершенного производства и

запас готовой продукции.

Цель данной модели - сведение к минимуму отрицательных последствий накопления запасов, что выражается в определенных издержках. Эти издержки бывают трех основных видов: на размещение заказов, на хранение, а также потери, связанные с недостаточным уровнем запасов. Последние имеют место при исчерпании запасов. В этом случае продажа готовой продукции или предоставление обслуживания становятся невозможными, а также возникают потери от простоя производственных линий, в частности, в связи с необходимостью оплаты труда работников, хотя они не работают в данный момент.

Поддержание высокого уровня запасов избавляет от потерь, обусловливаемых их нехваткой. Закупка в больших количествах материалов, необходимых для создания запасов, во многих случаях сводит к минимуму издержки на размещение заказов, поскольку фирма может получить соответствующие скидки и снизить объем «бумажной работы». Однако эти потенциальные выгоды перекрываются дополнительными издержками типа расходов на хранение, перегрузку, выплату процентов, затрат на страхование, потерь от порчи, воровства и дополнительных налогов. Кроме того, руководство должно учитывать возможность связывания оборотных средств избыточными запасами, что препятствует вложению капитала в приносящие прибыль акции, облигации или банковские депозиты. Несколько специфических моделей разработано в помощь руководству, желающему установить, когда и сколько материалов заказывать в запас, какой уровень незавершенного производства и запаса готовой продукции поддерживать.

МОДЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ применяют для определения оптимального способа распределения дефицитных ресурсов при наличии конкурирующих потребностей. Согласно опросу журналом «Форчун» вице-президентов по производству из 500 фирм, модели линейного программирования и управления запасами пользуются в промышленности наибольшей популярностью. Линейное программирование обычно используют

специалисты штабных подразделений для разрешения производственных трудностей. Некоторые типичные применения этого метода в управлении производством перечислены в табл. 1.

Таблица 1 - Типичные варианты применения линейного программирования в управлении производством*

<i>Укрупненное планирование производства.</i> Составление графиков производства, минимизирующих общие издержки с учетом издержек в связи с изменением ставки процента, заданных ограничений по трудовым ресурсам и уровням запасов.
<i>Планирование ассортимента изделий.</i> Определение оптимального ассортимента продукции, в котором каждому ее виду свойственны свои издержки и потребности в ресурсах (например, определение оптимальной структуры производства компонентов для бензина, красок, продуктов питания для человека, кормов для животных).
<i>Маршрутизация производства изделия.</i> Определение оптимального технологического маршрута изготовления изделия, которое должно быть последовательно пропущено через несколько обрабатывающих центров, причем каждая операция центра характеризуется своими издержками и производительностью.
<i>Управление технологическим процессом.</i> Сведение к минимуму выхода стружки при резке стали, отходов кожи или ткани в рулоне или полотнище.
<i>Регулирование запасов.</i> Определение оптимального сочетания продуктов на складе или в хранилище.
<i>Календарное планирование производства.</i> Составление календарных планов, минимизирующих издержки с учетом расходов на содержание запасов, оплату сверхурочной работы и заказов на стороне.
<i>Планирование распределения продукции.</i> Составление оптимального графика отгрузки с учетом распределения продукции между производственными предприятиями и складами, складами и магазинами розничной торговли.
<i>Определение оптимального местоположения нового завода.</i> Определение наилучшего пункта местоположения путем оценки затрат на транспортировку между альтернативными местами размещения нового завода и местами его снабжения и сбыта готовой продукции.
<i>Календарное планирование транспорта.</i> Минимизация издержек подачи грузовиков под погрузку и транспортных судов к погрузочным причалам.
<i>Распределение рабочих.</i> Минимизация издержек при распределении рабочих по станкам и рабочим местам.
<i>Перегрузка материалов.</i> Минимизация издержек при маршрутизации движения средств перегрузки материалов (например, автопогрузчиков) между отделениями завода и доставке материалов с открытого склада к местам их переработки на грузовых автомобилях разной грузоподъемности с разными технико-экономическими характеристиками.

**Источник:* Richard B. Chase and Nicholas J. Aquilano, *Production and Operations Management* (Homewood, Ill.: Irwin, 1973), p. 244. © 1973 by Richard D. Irwin, Inc.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. Все описанные выше модели подразумевают применение имитации в широком смысле, поскольку все являются заменителями реальности. Тем не менее как метод моделирования, ИМИТАЦИЯ конкретно обозначает процесс создания модели и ее *экспериментальное* применение для определения изменений реальной ситуации. Как указывает Н. Пол Лумба: «Главная идея имитации состоит в использовании *некоего устройства для имитации* реальной системы для того, чтобы исследовать и понять ее свойства, поведение и характеристики». Аэродинамическая труба - пример физически осязаемой имитационной модели, используемой для проверки характеристик разрабатываемых самолетов и автомобилей. Специалисты по производству и финансам могут разработать модели, позволяющие имитировать ожидаемый прирост производительности и прибылей в результате применения новой технологии или изменения состава рабочей силы. Специалист по маркетингу может создать модели для имитации ожидаемого объема сбыта в связи с изменением цен или рекламы продукции. В этом и последующих курсах по бизнесу вы можете отшлифовать свое умение принимать решения в ходе одной из сложных компьютеризированных имитационных деловых игр.

Имитация используется в ситуациях, слишком сложных для математических методов типа линейного программирования. Это может быть связано с чрезмерно большим числом переменных, трудностью математического анализа определенных зависимостей между переменными или высоким уровнем неопределенности.

Итак, имитация - это часто весьма практичный способ подстановки модели на место реальной системы или натурального прототипа. Как пишут Клод МакМиллан и Ричард Ф. Гонзалес: «Эксперименты на реальных или прототипных системах стоят дорого и продолжаются долго, а релевантные переменные не всегда поддаются регулированию». Экспериментируя на модели системы, можно установить, как она будет реагировать на определенные

изменения или события, в то время когда отсутствует возможность наблюдать эту систему в реальности. Если результаты экспериментирования с использованием имитационной модели свидетельствуют о том, что модификация ведет к улучшению, руководитель может с большей уверенностью принимать решение об осуществлении изменения в реальной системе.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. Почти все руководители воспринимают имитацию как метод моделирования. Однако многие из них никогда не думали, что экономический анализ - очевидно наиболее распространенный метод - это тоже одна из форм построения модели. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ вбирает в себя почти все методы оценки издержек и экономических выгод, а также относительной рентабельности деятельности предприятия. Типичная «экономическая» модель основана на АНАЛИЗЕ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ, методе принятия решений с определением точки, в которой общий доход уравнивается с суммарными издержками, т.е. точки, в которой предприятие становится прибыльным.

Точка безубыточности (break-even point - BEP) обозначает ситуацию, при которой общий доход (total revenue - TR) становится равным суммарным издержкам (total costs - TC). Для определения BEP необходимо учесть три основных фактора: продажную цену единицы продукции, переменные издержки на единицу продукции и общие постоянные издержки на единицу продукции. Цена (unit-price - P) показывает, какой доход фирма получит от продажи каждой единицы товаров или услуг.

Переменные издержки на единицу продукции (variable costs - VC) - это фактические расходы, прямо относимые на изготовление каждой единицы продукции. Применительно к изготовлению книги это будут расходы на бумагу, обложку, типографию, изготовление переплета и сбыт, а также выплата авторского гонорара. Естественно, совокупные переменные издержки растут с объемом производства. Постоянные издержки - это те издержки, которые по меньшей мере в ближайшей перспективе остаются неизменными независимо от

объема производства. Основные составляющие совокупных постоянных издержек (total fixed cost - TFC) издательской компании - расходы на редактирование, оформление и набор. Кроме того, часть расходов управленческих, на страхование и налоги, аренду помещения и амортизационных отчислений переводится в постоянные издержки в соответствии с формулой, установленной руководством.

Методы принятия решений

Практически любой метод принятия решений, используемый в управлении, можно технически рассматривать как разновидность моделирования. Однако по традиции термин «*модель*» обычно относится лишь к методам общего характера, только что описанным выше, а также к многочисленным их специфическим разновидностям. В дополнение к моделированию, имеется ряд методов, способных оказать помощь руководителю в поиске объективно обоснованного решения по выбору из нескольких альтернатив той, которая в наибольшей мере способствует достижению целей. Под заголовок данного раздела попадают платежная матрица и дерево решений, описанные ниже. Для облегчения использования этих методов и вообще повышения качества принимаемых решений руководство пользуется прогнозированием. Наиболее распространенные методы прогнозирования рассмотрены в следующем разделе. Наша цель заключается в том, чтобы помочь понять суть этих инструментов, а не научить ими пользоваться.

Платежная матрица

Суть каждого принимаемого руководством решения - выбор наилучшей из нескольких альтернатив по конкретным установленным заранее критериям. **Платежная матрица** - это один из методов статистической теории решений, метод, который может оказать помощь руководителю в выборе одного из нескольких вариантов. Он особенно полезен, когда руководитель должен

установить, какая стратегия в наибольшей мере будет способствовать достижению целей.

По словам Н. Пола Лумбы: «Платеж представляет собой денежное вознаграждение или полезность, являющиеся следствием конкретной стратегии в сочетании с конкретными обстоятельствами. Если платежи представить в форме таблицы (или матрицы), мы получаем платежную матрицу», как показано на рис. 2. Слова «в сочетании с конкретными обстоятельствами» очень важны, чтобы понять, когда можно использовать платежную матрицу и оценить, когда решение, принятое на ее основе, скорее всего будет надежным. В самом общем виде матрица означает, что платеж зависит от определенных событий, которые фактически свершаются. Если такое событие или состояние природы не случается на деле, платеж неизбежно будет иным.

Вероятность той или иной погоды	Туман (0,1)	Ясная погода (0,9)
Стратегия 1: Самолет	+ \$ 2000	+ \$ 4500
Стратегия 2: Поезд	+ \$ 3000	+ \$ 3000

Рисунок 2 - Платежная матрица**.

**Источник. Из работы Martin K. Storr and Irving Stein, *The Practice of Management Science* (Englewood Cliffs, N.Y.: Prentice-Hall, 1976), p. 1. С разрешения.

В целом платежная матрица полезна, когда:

1. Имеется разумно ограниченное число альтернатив или вариантов стратегии для выбора между ними.
2. То, что может случиться, с полной определенностью не известно.
3. Результаты принятого решения зависят от того, какая именно выбрана альтернатива и какие события в действительности имеют место.

Кроме того, руководитель должен располагать возможностью объективной оценки вероятности релевантных событий и расчета ожидаемого значения такой вероятности. Руководитель редко имеет полную

определенность. Но также редко он действует в условиях полной неопределенности. Почти во всех случаях принятия решений руководителю приходится оценивать *вероятность* или *возможность* события. Из предшествующего рассмотрения напомним, что вероятность варьирует от 1, когда событие определено произойдет, до 0, когда событие определено не произойдет. Вероятность можно определить объективно, как поступает игрок в рулетку, ставя на нечетные номера. Выбор ее значения может опираться на прошлые тенденции или субъективную оценку руководителя, который исходит из собственного опыта действий в подобных ситуациях.

Если вероятность не была принята в расчет, решение всегда будет соскальзывать в направлении наиболее оптимистических последствий. Например, если исходить из того, что инвесторы на удачной кинокартине могут иметь 500% на инвестированный капитал, а при вложении в торговую сеть - в самом благоприятном варианте всего 20%, то решение всегда должно быть в пользу кинопроизводства. Однако если взять в расчет, что вероятность большого успеха кинофильма весьма невысока, капиталовложения в магазины становятся более привлекательными, поскольку вероятность получения указанных 20% очень значительна. Если взять более простой пример, то выплаты при ставках в заезде на длинную дистанцию на скачках выше, поскольку выше вероятность, что не выиграешь вообще ничего.

Вероятность прямо влияет на определение ожидаемого значения - центральной концепции платежной матрицы. *Ожидаемое значение* альтернативы или варианта стратегии - это сумма возможных значений, умноженных на соответствующие вероятности. К примеру, если вы считаете, что вложение средств (как стратегия действий) в киоск для торговли мороженым с вероятностью 0,5 обеспечит вам годовую прибыль 5000 долл., с вероятностью 0,2 - 10 000 долл. и с вероятностью 0,3 - 3000 долл., то ожидаемое значение составит:

$$5000 (0,5) + 10\,000 (0,2) + 3000 (0,3) = 5400 \text{ долл.}$$

Определив ожидаемое значение каждой альтернативы и расположив

результаты в виде матрицы, руководитель без труда может установить, какой выбор наиболее привлекателен при заданных критериях. Он будет, конечно, соответствовать наивысшему ожидаемому значению. Исследования показывают: когда установлены точные значения вероятности, методы дерева решений и платежной матрицы обеспечивают принятие более качественных решений, чем традиционные подходы.

Дерево решений

Дерево решений - еще один популярный метод науки управления, используемый для выбора наилучшего направления действий из имеющихся вариантов. «ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ - это схематичное представление проблемы принятия решений». Как и платежная матрица, дерево решений дает руководителю возможность «учесть различные направления действий, соотнести с ними финансовые результаты, скорректировать их в соответствии с приписанной им вероятностью, а затем сравнить альтернативы». Концепция ожидаемого значения является неотъемлемой частью метода дерева решений.

Методом дерева решений можно пользоваться в ситуациях, подобных описанной выше, в связи с рассмотрением платежной матрицы. В этом случае предполагается, что данные о результатах, вероятности и т.п. не влияют на все последующие решения. Однако дерево решений можно построить под более сложную ситуацию, когда результаты одного решения влияют на последующие решения. Таким образом, дерево решений - это полезный инструмент для принятия последовательных решений.

На рис. 3. проиллюстрировано применение метода дерева решений для разрешения проблемы, требующей определенной последовательности решений. Вице-президент по производству из компании, в настоящее время выпускающей электрические газонокосилки, считает, что расширяется рынок ручных косилок. Он должен решить, стоит ли переходить на производство ручных косилок, и если сделать это, - стоит или не стоит продолжать выпуск электрических газонокосилок. Производство косилок обоих типов потребует

увеличения производственных мощностей. До принятия решения руководитель собрал релевантную информацию об ожидаемых выигрышах в случае тех или иных вариантов действий и о вероятности соответствующих событий. Эта информация представлена на дереве решений.

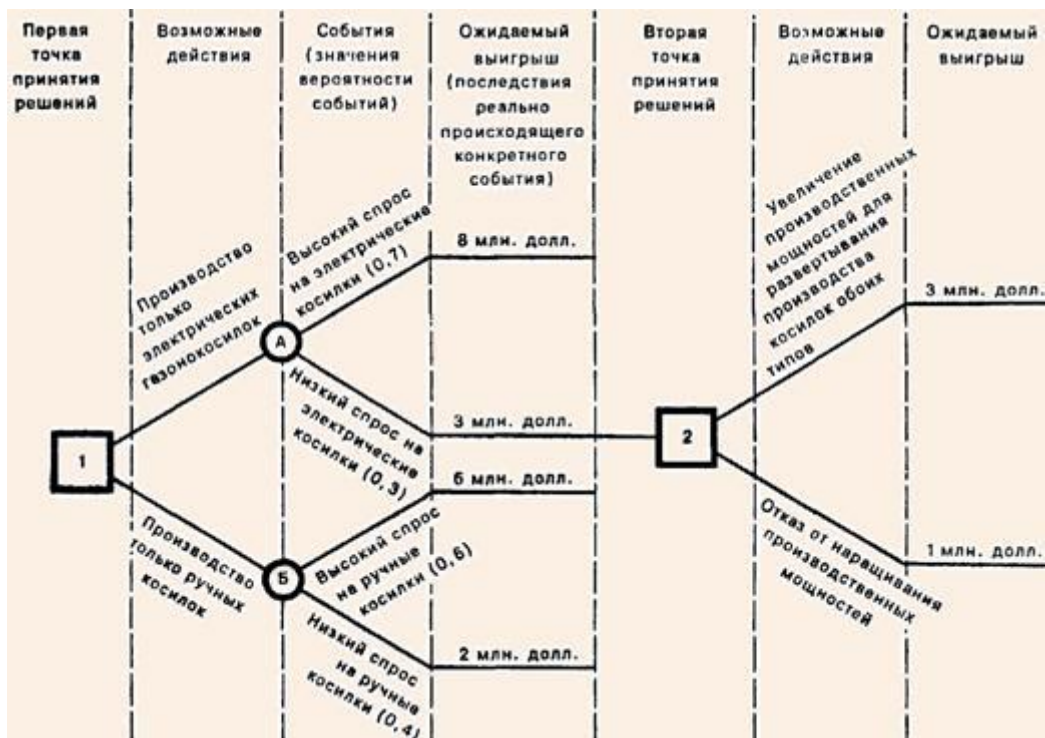


Рисунок 3 - Дерево решений

Используя дерево решений, руководитель находит путем возврата от второй точки к началу наиболее предпочтительное решение - наращивание производственных мощностей под выпуск косилок обоих типов. Это обусловлено ожидаемым выигрышем (3 млн. долл.), который превышает выигрыш (1 млн. долл.) при отказе от такого наращивания, если в точке А будет низкий спрос на электрические косилки.

Руководитель продолжает двигаться назад к текущему моменту (первой точке принятия решений) и рассчитывает ожидаемые значения в случаях альтернативных действий - производства только электрических или только ручных косилок. Ожидаемое значение для варианта производства только электрических косилок составляет 6,5 млн. долл. ($0,7 \times 8 \text{ млн. долл.} + 0,3 \times 3 \text{ млн. долл.}$). Подобным образом рассчитывается ожидаемое значение для варианта выпуска только ручных косилок, которое равно всего 4,4 млн. долл.

Таким образом, наращивание производственных мощностей под выпуск косилок обоих типов является наиболее желательным решением, поскольку ожидаемый выигрыш здесь наибольший, если события пойдут, как предполагается.

1.7 Методы прогнозирования

Многие допущения, из которых исходит руководитель, относятся к условиям в будущем, над которыми руководитель почти не имеет никакого контроля. Однако такого рода допущения необходимы для многих операций планирования. Ясно, что чем лучше руководитель сможет предсказать внешние и внутренние условия применительно к будущему, тем выше шансы на составление осуществимых планов.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ - это метод, в котором используются как накопленный в прошлом опыт, так и текущие допущения насчет будущего с целью его определения. Если прогнозирование выполнено качественно, результатом станет картина будущего, которую вполне можно использовать как основу для планирования. В таблице 2. охарактеризованы методы прогнозирования.

Таблица 2 - Разновидности прогнозов

1. <i>Экономические прогнозы</i> используются для предсказания общего состояния экономики и объема сбыта для конкретной компании или по конкретному продукту.
2. Прогнозы <i>развития технологии</i> позволяют предсказать, разработки каких новых технологий можно ожидать, когда это может произойти, насколько экономически приемлемыми они могут быть.
3. <i>Прогнозы развития конкуренции</i> позволяют предсказывать стратегию и тактику конкурентов.
4. <i>Прогнозы на основе опросов и исследований</i> дают возможность предсказать, что произойдет в сложных ситуациях, используя данные многих областей знания. Например, будущий рынок автомобилей можно оценить только с учетом надвигающегося изменения состояния экономики, общественных ценностей, политической обстановки, технологии и стандартов по защите окружающей среды от загрязнения.
5. <i>Социальное прогнозирование</i> , которым в настоящее время занимается всего несколько крупных организаций, используется для предсказания изменений в социальных установках людей и состояния общества. Очевидно, фирма, сумевшая правильно предсказать отношение людей к таким вопросам, как стремление к комфорту, склонность к материализму или патриотизму или спрогнозировать, как изменится качество жизни или медицинское обслуживание, может иметь преимущество перед конкурентами.

Неформальные методы

ВЕРБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ. Естественно, что руководство также полагается на различные источники письменной и устной информации как вспомогательное средство для прогнозирования и выработки целей. Методы сбора вербальной, устной информации, по сути дела, наиболее часто используются в анализе внешней среды. Сюда следует отнести информацию, получаемую из радио- и телепередач, от потребителей, поставщиков, конкурентов, на торговых совещаниях, в профессиональных организациях (таких как клубы Ротари или Кивание), от юристов, бухгалтеров и финансовых ревизоров, консультантов.

Такая вербальная информация затрагивает все основные факторы внешнего окружения, представляющие интерес для организации. Она имеет откровенно переменчивый характер, ее легко получить, и часто на нее вполне полагаются. Иногда, впрочем, данные могут оказаться неточными, устаревшими или страдающими расплывчатостью. Если такое происходит, и руководство использует некачественную информацию для формулирования целей организации, количество проблем при осуществлении целей может быть значительным. Например, ряд организаций выпустил изделия тысяч наименований, предназначавшихся к продаже в связи с Олимпийскими играми 1980 г. в Москве. Самые свежие вербальные данные свидетельствовали о том, что США примут участие в играх. В последнюю минуту президент Картер отменил поездку американской команды в СССР, и компании остались с товарами миллионной стоимости, которые никому не были нужны. В то же время отказ стран коммунистического блока от участия в Играх 1984 г. не стал ни для кого большим сюрпризом и потому оказал на американские фирмы гораздо менее заметное воздействие.

ПИСЬМЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ. Источники письменной информации о внешнем окружении - это газеты, торговые журналы, информационные бюллетени, профессиональные журналы и годовые отчеты. Еще одним источником письменной информации о конкурентах служит отчет 10К. Этот

специфический ежегодный отчет составляется с участием Комиссии по ценным бумагам и биржам всеми публичными акционерными компаниями. В библиотеках почти всех колледжей и университетов имеются отчеты 10К. Повторим еще раз: хотя эта информация легко доступна, она страдает теми же недостатками, что и вербальная информация, а именно, она может быть несвежей и не особенно глубокой.

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ШПИОНАЖ. Недавно официальные представители японских фирм «Хитачи» и «Мицубиси» - двух крупнейших в мире поставщиков электронных изделий, компьютеров и компонентов к ним - были потрясены: в ходе хитроумной секретной операции 18 их сотрудников высокого уровня были арестованы за попытку украсть секреты фирмы «Ай Би Эм».

Арестованных обвинили в передаче 645 тыс. долл. тайному агенту ФБР за современную компьютерную технологию фирмы «Ай Би Эм» и соответствующие технические руководства. Шпионаж - не новость в жизни корпораций. Иногда он оказывался успешным способом сбора данных о действиях конкурентов, и эти данные затем использовались для переформулирования целей организации. Здесь мы упомянули о промышленном шпионаже для того, чтобы предупредить руководителей о необходимости защищать данные, имеющие статус вашей интеллектуальной собственности.

Количественные методы прогнозирования

Количественные методы можно использовать для прогнозирования, когда есть основания считать, что деятельность в прошлом имела определенную тенденцию, которую можно продолжить в будущем, и когда имеющейся информации достаточно для выявления статистически достоверных тенденций или зависимостей. Кроме того, руководитель обязан знать, как использовать количественную модель, и помнить, что выгоды от принятия более эффективного решения должны перекрыть расходы на создание модели.

Два типичных метода количественного прогнозирования - это анализ временных рядов и каузальное (причинно-следственное) моделирование.

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ. Иногда называемый проецированием тренда, анализ временных рядов основан на допущении, согласно которому случившееся в прошлом дает достаточно хорошее приближение в оценке будущего. Этот анализ является методом выявления образцов и тенденций прошлого и продления их в будущее. Его можно провести с помощью таблицы или графика путем нанесения на координатную сетку точек, соответствующих событиям прошлого, как показано на рис. 4.

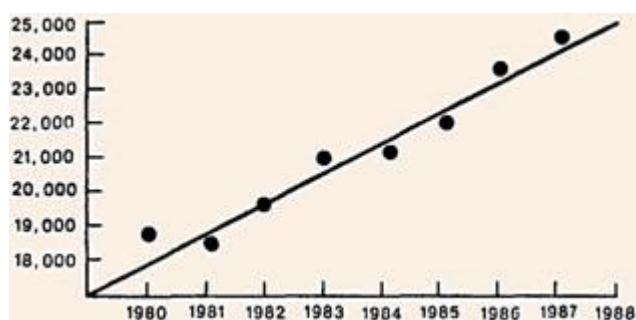


Рисунок 4 - Анализ временных рядов

Анализ временных рядов (этот анализ используется для оценки перспектив сбыта тракторов и основан на картинах сбыта в прошлом. Отметим, что анализ, отображенный здесь, эквивалентен построению аналоговой модели. На самом деле для выполнения анализа временных рядов требуются расчеты с использованием современных математических методов).

Данный метод анализа часто используется для оценки спроса на товары и услуги, оценки потребности в запасах, прогнозирования структуры сбыта, характеризующегося сезонными колебаниями, или потребности в кадрах. Если, к примеру, директор ресторана «Бургер Кинг» хочет определить, сколько фунтов гамбургера заказывать на ноябрь, он должен обосновать свое решение цифрами ноябрьских продаж в минувшие пять лет. Анализ данных может показать, что в прошлом спрос на гамбургеры в ноябре падал на 10% из-за Дня Благодарения. Он может показать также, что общий объем продаж в его ресторане за последние четыре года рос со скоростью 19% в год.

Чем более достоверно предположение о подобии будущего прошлому, тем вероятнее точность прогноза. Таким образом, анализ временных рядов, вероятно будет бесполезен в ситуациях с высоким уровнем подвижности или когда произошло значительное, всем известное изменение. Например, директор ресторана «Бюргер Кинг» не смог бы предсказать спрос на гамбургеры в ноябре, если бы знал, что фирма «Мак Доналдс» собралась открыть свой ресторан рядом с его рестораном в последнюю неделю октября. Подобным образом, региональная телефонная компания смогла использовать метод анализа временных рядов для прогнозирования спроса на рекламу в телефонном справочнике «Иеллоу Пейдж» в грядущем году, поскольку ее бизнес стабилен, а конкуренции практически нет. Тем не менее фирма «Ралф Лорен», вероятно, не смогла бы воспользоваться этим методом для прогнозирования рождественского спроса на новую модель мужских сорочек, поскольку конкуренция в области модной одежды исключительно высока, а вкусы потребителей меняются каждый год.

КАУЗАЛЬНОЕ (ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЕ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ. Каузальное моделирование - наиболее хитроумный и математически сложный количественный метод прогнозирования из числа применяемых сегодня. Он используется в ситуациях с более чем одной переменной. Уровень личных доходов, демографические изменения и преобладающая ставка процента по закладным, например, влияют на будущий спрос на новые односемейные дома. КАУЗАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ - это попытка спрогнозировать то, что произойдет в подобных ситуациях, путем исследования статистической зависимости между рассматриваемым фактором и другими переменными. Каузальная модель может показать, что всякий раз, когда ставка процента по закладным увеличивается на 1%, спрос на новые дома падает на 5%.

На языке статистики эта зависимость называется корреляцией. Чем теснее корреляция, тем выше пригодность модели для прогнозирования. Полная корреляция (1,000) бывает в ситуации, когда в прошлом зависимость *всегда*

была истинной. Если спрос на цветные телевизоры *всегда* падал на 10%, когда валовой национальный продукт снижался на 4%, можно с уверенностью утверждать, что тоже самое в подобных обстоятельствах произойдет и в будущем. Фирма «Корнинг Гласс» по сути дела использует каузальную модель, прогнозируя спрос на свои телевизионные трубки.

Из каузальных самыми сложными являются эконометрические модели, разработанные с целью прогнозирования динамики экономики. К таковым относится Уортоновская модель Центра прогнозирования Пенсильванского университета. Подобные модели представляют из себя тысячи уравнений, решаемых только с применением мощных компьютеров. Стоимость моделей настолько высока, что даже крупные предприятия предпочитают использовать результаты исследований с применением эконометрической модели, а не разрабатывать свои собственные модели. Несмотря на сложность, каузальные модели дают не всегда правильные результаты, о чем с очевидностью свидетельствует неспособность федерального правительства точно предсказывать влияние различных своих действий на экономику.

Качественные методы прогнозирования

Для использования количественных методов прогнозирования необходимо располагать информацией, достаточной для выявления тенденции или статистически достоверной зависимости между переменными. Когда количество информации недостаточно или руководство не понимает сложный метод, или когда количественная модель получается чрезмерно дорогой, руководство может прибегнуть к качественным моделям прогнозирования. При этом прогнозирование будущего осуществляется экспертами, к которым обращаются за помощью. Четыре наиболее распространенных качественных метода прогнозирования - это мнение жюри, совокупное мнение сбытовиков, модель ожидания потребителя и метод экспертных оценок.

МНЕНИЕ ЖЮРИ. Этот метод прогнозирования заключается в соединении и усреднении мнений экспертов в релевантных сферах. Например,

для прогнозирования рентабельности производства новой модели компьютера фирма «Контрол Дейта» может снабдить имеющейся основной информацией своих менеджеров отделов производства, маркетинга и финансов и попросить их высказать мнение о возможном сбыте и его пределах. Неформальной разновидностью этого метода является «мозговой штурм», во время которого участники сначала пытаются генерировать как можно больше идей. Только после прекращения процесса генерирования некоторые идеи подвергаются оценке. Это может отнимать много времени, но зачастую дает полезные результаты, особенно когда организация нуждается во множестве новых идей и альтернатив.

СОВОКУПНОЕ МНЕНИЕ СБЫТОВИКОВ. Опытные торговые агенты часто прекрасно предсказывают будущий спрос. Они близко знакомы с потребителями и могут принять в расчет их недавние действия быстрее, чем удастся построить количественную модель. Кроме того, хороший торговый агент на определенном временном отрезке зачастую «чувствует» рынок по сути дела точнее, чем количественные модели.

МОДЕЛЬ ОЖИДАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЯ. Как можно судить по названию, модель ожидания потребителя является прогнозом, основанным на результатах опроса клиентов организации. Их просят оценить собственные потребности в будущем, а также новые требования. Собрав все полученные таким путем данные и сделав поправки на пере- или недооценку, исходя из собственного опыта, руководитель зачастую оказывается в состоянии точно предсказать совокупный спрос.

МЕТОД ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК. Он является более формализованным вариантом метода коллективного мнения. Первоначально метод был разработан фирмой «Рэнд Корпорейшн» для прогнозирования событий, интересующих военных. Метод экспертных оценок, в принципе, представляет собой процедуру, позволяющую группе экспертов приходиться к согласию. Эксперты, практикующие в самых разных, но взаимосвязанных областях деятельности, заполняют подробный вопросник по поводу рассматриваемой проблемы. Они

записывают также свои мнения о ней. Каждый эксперт затем получает свод ответов других экспертов, и его просят заново рассмотреть свои прогноз, и если он не совпадает с прогнозами других, просят объяснить, почему это так. Процедура повторяется обычно три или четыре раза, пока эксперты не приходят к единому мнению.

Анонимность экспертов является очень важным моментом. Она помогает избежать возможного группового размышления над проблемой, а также возникновения межличностных конфликтов на почве различий в статусе или социального окрашивания мнений экспертов. Несмотря на некоторые сомнения в надежности, поскольку результат с очевидностью зависит от того, к каким именно экспертам обращаются за консультацией, метод экспертных оценок с успехом использовался для прогнозирования в самых разных сферах - от ожидаемого сбыта изделий до изменений в таких сложных структурах, как социальные отношения и новейшая технология. Метод использовался для оценки военных возможностей СССР в будущем, государственной политики в области научно-технического прогресса и для измерения качества жизни в Америке.

2 DATA MINING - ДОБЫЧА ДАННЫХ

Исторически сложилось, что у термина Data Mining есть несколько вариантов перевода (и значений):

- извлечение, сбор данных, добыча данных (еще используют Information Retrieval или IR);
- извлечение знаний, интеллектуальный анализ данных (Knowledge Data Discovery или KDD, Business Intelligence).

IR оперирует первыми двумя уровнями информации, соответственно, KDD работает с третьим уровнем. Если же говорить о способах реализации, то первый вариант относится к прикладной области, где главной целью являются сами данные, второй — к математике и аналитике, где важно получить новое знание из большого объема уже имеющихся данных. Чаще всего извлечение

данных (сбор) является подготовительным этапом для извлечения знаний (анализ).

Для того чтобы провести автоматический анализ данных, используется Data Mining.

Data Mining – это процесс обнаружения в "сырых" данных ранее неизвестных нетривиальных практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. Data Mining является одним из шагов Knowledge Discovery in Databases.

Информация, найденная в процессе применения методов Data Mining, должна быть нетривиальной и ранее неизвестной, например, средние продажи не являются таковыми. Знания должны описывать новые связи между свойствами, предсказывать значения одних признаков на основе других и т.д. Найденные знания должны быть применимы и на новых данных с некоторой степенью достоверности. Полезность заключается в том, что эти знания могут приносить определенную выгоду при их применении. Знания должны быть в понятном для пользователя не математика виде. Например, проще всего воспринимаются человеком логические конструкции "если ... то ...". Более того, такие правила могут быть использованы в различных СУБД в качестве SQL-запросов. В случае, когда извлеченные знания непрозрачны для пользователя, должны существовать методы постобработки, позволяющие привести их к интерпретируемому виду.

Алгоритмы, используемые в Data Mining, требуют большого количества вычислений. Раньше это являлось сдерживающим фактором широкого практического применения Data Mining, однако сегодняшний рост производительности современных процессоров снял остроту этой проблемы. Теперь за приемлемое время можно провести качественный анализ сотен тысяч и миллионов записей.

Задачи, решаемые методами Data Mining:

Классификация – это отнесение объектов (наблюдений, событий) к

одному из заранее известных классов.

Регрессия, в том числе задачи прогнозирования. Установление зависимости непрерывных выходных от входных переменных.

Кластеризация – это группировка объектов (наблюдений, событий) на основе данных (свойств), описывающих сущность этих объектов. Объекты внутри кластера должны быть "похожими" друг на друга и отличаться от объектов, вошедших в другие кластеры. Чем больше похожи объекты внутри кластера и чем больше отличий между кластерами, тем точнее кластеризация.

Ассоциация – выявление закономерностей между связанными событиями. Примером такой закономерности служит правило, указывающее, что из события X следует событие Y. Такие правила называются ассоциативными. Впервые эта задача была предложена для нахождения типичных шаблонов покупок, совершаемых в супермаркетах, поэтому иногда ее еще называют анализом рыночной корзины (market basket analysis).

Последовательные шаблоны – установление закономерностей между связанными во времени событиями, т.е. обнаружение зависимости, что если произойдет событие X, то спустя заданное время произойдет событие Y.

Анализ отклонений – выявление наиболее нехарактерных шаблонов.

Проблемы бизнес анализа формулируются по-иному, но решение большинства из них сводится к той или иной задаче Data Mining или к их комбинации. Например, оценка рисков – это решение задачи регрессии или классификации, сегментация рынка – кластеризация, стимулирование спроса – ассоциативные правила. Фактически, задачи Data Mining являются элементами, из которых можно собрать решение подавляющего большинства реальных бизнес задач.

Для решения вышеописанных задач используются различные методы и алгоритмы Data Mining. Ввиду того, что Data Mining развивалась и развивается на стыке таких дисциплин, как статистика, теория информации, машинное обучение, теория баз данных, вполне закономерно, что большинство алгоритмов и методов Data Mining были разработаны на основе различных

методов из этих дисциплин. Например, процедура кластеризации k-means была просто заимствована из статистики. Большую популярность получили следующие методы Data Mining: нейронные сети, деревья решений, алгоритмы кластеризации, в том числе и масштабируемые, алгоритмы обнаружения ассоциативных связей между событиями и т.д.

Deductor является аналитической платформой, в которую включен полный набор инструментов для решения задач Data Mining: линейная регрессия, нейронные сети с учителем, нейронные сети без учителя, деревья решений, поиск ассоциативных правил и множество других. Для многих механизмов предусмотрены специализированные визуализаторы, значительно облегчающие использование полученной модели и интерпретацию результатов. Сильной стороной платформы является не только реализация современных алгоритмов анализа, но и обеспечение возможности произвольным образом комбинировать различные механизмы анализа.

3 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

До сих пор рассматривались методы решения задач, в которых была известна цель (или несколько целей), достижение которой (которых) считалось желательным. Однако далеко не все ситуации таковы. Особенно ими изобилует современный этап прикладных исследований, когда приходится иметь дело со сложными системами, когда наличествует не только множество целевых функций, но далеко не все ясно с количественным выражением этих функций. В данном случае речь может идти не столько о решении тех или иных задач (хотя это присутствует и здесь), сколько об исследовании поведения сложных систем, о прогнозировании их будущих состояний в зависимости от выбираемых стратегий управления.

Итак, практике потребовался метод для исследования сложных систем, и такой метод появился - это имитационное моделирование ("simulation modeling").

Поскольку для сложных систем многие функции, параметры,

характеристики носят случайный характер, то для оценки этих атрибутов, как правило, используется аппарат статистических оценок, а сам метод имитационного моделирования иногда называют методом статистических испытаний. Другими словами, это метод вероятностных оценок, а отсюда, по аналогии с игровыми ситуациями Монте-Карло, его также называют методом Монте-Карло.

Идея метода Монте-Карло чрезвычайно проста и состоит в следующем. Вместо того, чтобы описывать исследуемый процесс (как правило случайный) с помощью аналитического аппарата, производится "розыгрыш" процесса (явления) с помощью какой-либо процедуры, дающей случайный результат. Так же как и в реальности конкретное осуществление (реализация) случайного процесса складывается каждый раз по-разному, также и в результате статистического моделирования (розыгрыша) получаем каждый раз новую, отличную от других, искусственную реализацию процесса. Множество получаемых таким образом реализаций далее обрабатывается как статистический материал, и из него получают нужные вероятностные характеристики требуемого результата.

При получении множества реализаций мы пользуемся случайностью как аппаратом исследования, заставляя случайность работать на себя.

Метод имитационного моделирования, как правило, используется для анализа функционирования сложных систем, когда возникают непреодолимые сложности при попытке построить "строгую" математическую модель изучаемого объекта, содержащего много связей между элементами, разнообразные нелинейные ограничения, огромное количество параметров и т.п. Иногда можно построить такую модель, но использовать ее из-за отсутствия математического аппарата не представляется возможным. В некоторых случаях для исследуемой системы не существует стройной теории, объясняющей все аспекты ее функционирования, а, следовательно, представляется затруднительным формулирование тех или иных правдоподобных гипотез ее поведения.

Далее, реальные системы, как правило, подвержены влиянию различных случайных факторов, учет которых аналитическим путем представляет порой непреодолимые трудности.

С другой стороны, использование математического аппарата дает возможность сопоставить модель и оригинал только в начале и после применения соответствующего аппарата, что затрудняет верификацию модели.

В основе метода имитационного моделирования лежит возможность максимального использования всей имеющейся в распоряжении исследователя информации о системе, с тем, чтобы получить возможность преодолеть аналитические трудности и найти ответы на поставленные вопросы о поведении системы. Имитационное моделирование, как правило, используется в сугубо практических целях.

Основными этапами метода являются:

1. Формулировка основных вопросов о поведении системы и задание параметров, характеризующих состояние системы, т.е. определение вектора состояния.

2. Декомпозиция (разбиение) системы на более простые части - блоки. В один блок объединяются "родственные", т.е. преобразующиеся по близким правилам, компоненты вектора состояния и процессы, их преобразующие.

3. Формулируются правила и "правдоподобные" гипотезы относительно поведения системы в целом и ее отдельных частей. В каждом блоке может использоваться свой математический аппарат (алгебраические дифференциальные уравнения, математическое и динамическое программирование и т.п.). Именно это, т.е. блочный способ (принцип), дает возможность установить необходимые пропорции между точностью описания каждого блока, обеспеченностью его информацией и необходимостью достижения цели моделирования.

4. Вводится так называемое системное время, которое моделирует ход времени в реальной системе.

5. Формализованным образом задаются необходимые

феноменологические свойства систем в целом и отдельных ее частей. (Часто эти свойства не могут быть обоснованы на современном уровне знаний, а опираются на опыт - длительное наблюдение за поведением системы). Иногда одно такое свойство оказывается эквивалентным множеству сложных математических соотношений и с успехом их заменяет, что, конечно, требует глубокого знания системы.

6. Случайным параметрам, фигурирующим в модели, сопоставляются некоторые их реализации, сохраняющиеся в течение одного или нескольких тактов системного времени. Далее отыскиваются новые реализации.

Как правило, пятый и шестой этапы наиболее просто осуществимы на ЭВМ, поэтому имитационные модели обычно реализуются с использованием специализированных программ, описывающих функционирование отдельных блоков и правила взаимодействия между ними.

Использование реализаций случайных величин требует многократного повторения экспериментов с моделью с последующим статистическим анализом полученных результатов.

3.1 Общая постановка задачи

Под имитационным моделированием будем понимать пошаговое моделирование поведения объекта с помощью ЭВМ. Это означает, что фиксируются определенные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n , и состояние модели определяется (вычисляется на ЭВМ) последовательно в каждый из этих моментов времени. Для реализации этого необходимо задать правило (алгоритм) перехода модели из одного состояния в следующее, т.е. преобразование:

$$Y_i \rightarrow Y_{i+1},$$

где Y_i - состояние модели в i -й момент времени.

Пусть, как обычно, состояние модели определяется вектором:

$$Y = (y_1, y_2, \dots, y_m),$$

т.е. m - числами; состояние среды вектором:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n),$$

n - числами, а состояние управления вектором:

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_q),$$

q - числами.

Тогда имитационная модель определяется оператором F , с помощью которого можно определить состояние модели в последующий момент времени, т.е. определить вектор Y_{i+1} , зная состояние модели в предыдущий момент времени Y_i и значения X_{i+1} и U_{i+1} , т.е.

$$F \\ (Y_i, X_{i+1}, U_{i+1}) \rightarrow Y_{i+1}.$$

Таким образом, в имитационной модели состояние модели определяется рекуррентно на каждом шаге, исходя только из предыдущего шага. Этот алгоритм можно записать в виде рекуррентной формулы:

$$Y_{i+1} = F(Y_i, X_{i+1}, U_{i+1}),$$

где F - оператор имитаций изменения состояния модели. Он и определяет имитационную модель объекта.

Можно рассмотреть частный случай имитационной модели под воздействием окружающей среды в виде:

$$Y_i = F(Y_{i-1}, X_i)$$

Но имитационное моделирование (или модели) тем и хорошо, что

позволяет учитывать неконтролируемые факторы E объекта, т.е. его стохастичность, в этом случае модель можно представить рекуррентным соотношением вида:

$$Y_{i+1} = F(Y_i, X_{i+1}, U_{i+1}, E_{i+1}) \quad i = 1, \dots, N,$$

где необходимо знать, каким образом фактор E влияет на состояние Y объекта, т.е. следует хорошо разобраться в объекте и указать точно, как входит неконтролируемый фактор E в оператор объекта с тем, чтобы эти данные отразить в операторе F объекта. Для работы с такой моделью необходимо знать конкретные значения фактора E , который, как известно, ненаблюдаем. Возникает противоречие, которое решает, так называемый метод Монте-Карло. Собственно, как правило, он и является основным методом имитации.

Для реализации метода Монте-Карло необходимо знать некоторые статистические свойства фактора E (например, закон его распределения). Эти свойства, вообще говоря, могут зависеть от Y , X и U . Располагая этими сведениями, можно моделировать ненаблюдаемый фактор в виде случайных рядов:

$$E_1^j, E_2^j, \dots, E_n^j, \quad j = 1, 2, \dots, N,$$

где индекс внизу соответствует дискретному времени, а верхний - номеру моделируемого ряда (всего моделируется N таких статистически эквивалентных рядов). Естественно, ни один из этих рядов не является точной реализацией действительности, но каждый имеет такие же статистические свойства, что и реальный. Именно поэтому ряды E_k^j позволяют исследовать статистические свойства модели (9.1).

Так поведение модели " в среднем" описывается как

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Y_i^j, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

где Y_i^j - j-я реализация поведения модели в i-ый момент времени:

$$Y_i^j = F(Y_{i-1}^j, X_i, U_i, E_i^j), \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Дисперсия выхода модели вычисляется по формуле:

$$D(Y_i) = \left(\frac{1}{N-1} \right) \sum_{j=1}^N (Y_i^j - Y_i)^2$$

Таким образом, метод Монте-Карло позволяет оценить статистические свойства поведения объекта путем вероятностного "разыгрывания" поведения модели, причем одна реализация поведения отличается от другой различными значениями ненаблюдаемого фактора E .

В сущности методом Монте-Карло может быть решена любая вероятностная задача, но оправданным он становится только тогда, когда процедура розыгрыша проще, а не сложнее аналитического расчета.

В задачах исследования операций метод Монте-Карло применяется в трех основных ролях:

1. Моделирование сложных, комплексных объектов и операций, где присутствует много взаимодействующих случайных факторов;
2. Проверка применимости более простых, аналитических методов и выяснений условий их применимости;
3. В целях выработки поправок к аналитическим формулам "типа эмпирических формул" в технике.

Таким образом, этот метод является своеобразным ОТК математических методов. При этом статистические модели не требуют серьезных допущений и упрощений. В такую модель вписывается все, что угодно - любые законы распределения, любая сложность системы, множественность ее состояний.

Главный же недостаток таких моделей - их громоздкость и трудоемкость. Огромное число реализаций, необходимое для нахождения искомых параметров с приемлемой точностью, требует большого расхода

машинного времени. Кроме этого, результаты такого моделирования труднее осмыслить, чем расчеты аналитическими методами и, соответственно, труднее оптимизировать решение (в основном, наощупь). Наиболее целесообразным является сочетание аналитических и имитационных методов. Как правило, аналитическими методами рассчитываются отдельные элементы и блоки сложной системы, а затем, как из "кирпичиков", строится большая сложная имитационная модель.

3.2 Суть метода Монте-Карло

Основными элементами, из совокупности которых складывается статистическая модель, является одна случайная реализация моделируемого явления, например:

- один день работы цеха;
- один случай работы машины до ее отказа;
- одна эпидемия.

Реализация - это как бы один экземпляр случайного явления со всеми присущими ему случайностями. Этим реализации отличаются одна от другой. Отдельная реализация разыгрывается с помощью специально разработанной процедуры (алгоритма), в которой основную роль играет "жребий" или, как говорят, "бросание жребия". Каждый раз, когда в ход явления вмешивается случай, его влияние учитывается не расчетом, а жребием.

Понятие "жребия". Пусть в ходе процесса наступил момент, когда его дальнейшее развитие (а значит и результат) зависит от того, произошло или нет какое-то событие А. Например:

- попал ли в цель снаряд?
- исправна ли аппаратура?
- обнаружен ли объект?
- устранена ли неисправность?

Тогда нужно "бросанием жребия" решить вопрос: произошло событие или нет? Как можно осуществить этот жребий? Необходимо привести в действие

какой-либо механизм случайного выбора. Например:

- бросание монеты;
- бросание игральной кости;
- вынимание жетона с цифрой из вращающегося барабана;
- выбор наугад какого-либо числа из таблицы.

Если жребий бросается для того, чтобы узнать, произошло ли событие A , его нужно организовать так, чтобы условный результат розыгрыша имел ту же вероятность, что и событие A .

Кроме случайных событий на ход и исход операции могут влиять различные случайные величины. Например:

- время до первого отказа технического устройства;
- время обслуживания заявки каналом системы массового обслуживания;
- размер детали;
- вес поезда, прибывающего на участок пути;
- координаты точки попадания снаряда.

С помощью жребия можно разыграть как значение любой случайной величины, так и совокупности значений нескольких величин.

Условимся называть "единичным жребием" любой опыт со случайным исходом, который отвечает на один из следующих вопросов:

1. Произошло или нет событие A ?
2. Какое из событий A_1, A_2, \dots, A_k произошло?
3. Какое значение приняла случайная величина X ?
4. Какую совокупность значений приняла система случайных величин X_1, X_2, \dots, X_k ?

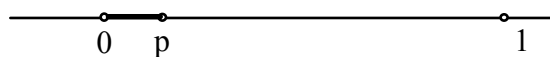
Любая реализация случайного явления методом Монте-Карло строится из цепочки единичных жребиев, перемежающихся с обычными расчетами. Ими учитывается влияние исхода жребия на дальнейший ход событий (в частности на условия, в которых будет разыгран следующий жребий).

Единичный жребий может быть разыгран разными способами, но есть

один стандартный механизм, с помощью которого можно осуществить любую разновидность жребия. **A** именно, для каждой из них достаточно уметь получать случайное число **R**, все значения которого от 0 до 1 равновероятны (т.е. обладают одинаковой плотностью вероятности).

Условно назовем величиной **R** "случайное число от 0 до 1". С помощью такого числа можно разыграть любой из четырех видов единичного жребия. Рассмотрим эти случаи.

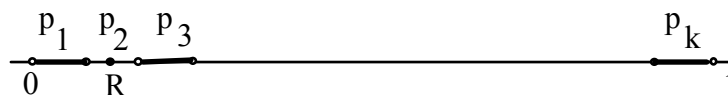
1. Произошло или нет событие **A**? Для ответа на этот вопрос нужно знать вероятность **p** события **A**. Разыгрывается случайное число **R** от 0 до 1 и, если оно оказалось меньше **p**, то будем считать, что событие произошло, если больше **p**, то не произошло.



Если число **R** окажется точно равным **p**, вероятностью такого совпадения можно пренебречь, если же это случилось, то можно поступить как угодно: считать всякое "равно" за "больше" или "меньше" произошло или нет или попеременно за то и другое. результат же от этого не зависит.

2. Какое из нескольких событий появилось?

Пусть события **A₁, A₂, ..., A_k** несовместимы и образуют полную группу. Тогда сумма их вероятностей **p₁, p₂, ..., p_k** равна 1. Делим интервал (0, 1) на **k** участков длиной **p₁, p₂, ..., p_k**



На какой из участков попало число **R**, то событие, соответствующее этому **p_i**, и появилось.

3. Какое значение приняла случайная величина **X**?

Если случайная величина X дискретна, т.е. имеет значения x_1, x_2, \dots, x_k с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_k , то, очевидно, случай аналогичен случаю 2. Пусть случайная величина непрерывна и имеет плотность вероятности $f(x)$. Чтобы разыграть ее значение, достаточно осуществить следующую процедуру. Перейти из плотности вероятности $f(x)$ к функции распределения $F(x)$ по формуле :

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx$$

затем найти для функции $F(x)$ обратную ей функцию Ψ . Разыграть случайное число R от 0 до 1 и взять от него эту обратную функцию, т.е.

$$x = \Psi(R).$$

Можно доказать, что полученное значение x имеет как раз нужное распределение $f(x)$.

Графически процедура розыгрыша значения x дается следующим графиком:

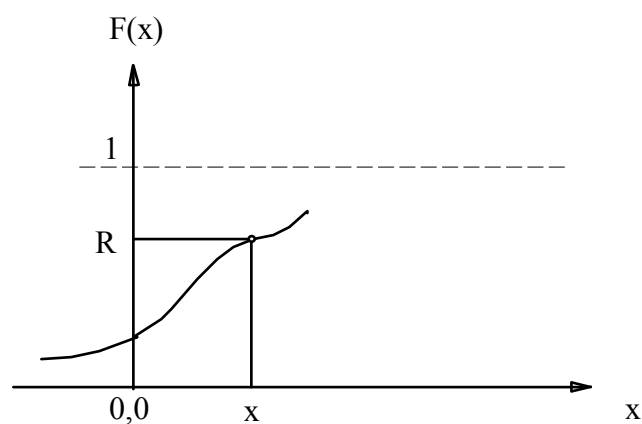


Рисунок 5. – Графическое представление процедуры розыгрыша значения x

Разыгрывается R от 0 до 1 и для него ищется такое значение x , для которого $F(x) = R$. На практике приходится часто разыгрывать значение случайной величины, имеющей так называемое нормальное распределение. Для нее правило игры остается справедливым, но можно поступить проще. Известно, что при сложении достаточно большого числа независимых случайных величин с одинаковыми распределениями получается случайная величина, имеющая приближенно нормальное распределение (центральная предельная теорема теории вероятности). На практике, чтобы получить нормальное распределение, достаточно сложить шесть экземпляров случайного числа от 0 до 1:

$$Z = R_1 + R_2 + \dots + R_6 ,$$

Z имеет распределение настолько близкое к нормальному, что в большинстве задач им можно заменить нормальное.

Для того, чтобы математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение этого нормального распределения были равны заданным m_x и σ_x , нужно подвергнуть величину Z линейному преобразованию и вычислить:

$$X = \sigma_x \sqrt{2(Z - 3)} + m_x$$

Это и есть нужная нам нормально распределенная случайная величина.

4. Какую совокупность значений приняли случайные величины X_1, X_2, \dots, X_k ?

Если случайные величины независимы, то достаточно k раз повторить процедуру под пунктом 3. Если же они зависимы, то разыгрывать каждую последующую нужно на основе ее условного закона распределения при условии, что все предыдущие приняли те значения, которые дал розыгрыш.

Итак, все четыре возможных случайных исходов, взятые в качестве единичного жребия, могут быть получены розыгрышем (одним или многократным) случайного числа R от 0 до 1.

Как же разыгрывается само это число **R**? Для этого существует целый ряд разновидностей, так называемых "датчиков случайных чисел", решающих эту задачу.

Самый простой - вращающийся барабан с перемешанными перенумерованными шарами (жетонами). Например, разыгрываем число **R** от 0 до 1 с точностью до 0.001. Закладываем в барабан 1000 перенумерованных шаров, приводим во вращение и после остановки берем первый наугад попавший шар. Читаем его номер и делим на 1000.

Можно то же сделать и с 10 шарами, пронумерованных цифрами от 0 до 9, при этом при каждом следующем выборе шара и делении его значения на 10 будем записывать соответственно первый после десятичной точки и т.д. знаки.

Исходя из этого, можно заранее составить таблицу случайных чисел. Эти таблицы, как правило, используются при ручном счете.

При счете на ЭВМ применяются датчики случайных чисел. Это могут быть как "физические датчики", основанные на преобразовании случайных шумов, так и вычислительные алгоритмы, по которым ЭВМ вычисляет так называемые "псевдослучайные числа" - это числа, которые, не являясь случайными, ведут себя как случайные (т.е. связь между последовательными значениями получаемых чисел практически отсутствует).

Например, берут два произвольных **n**-значных двоичных числа **a₁** и **a₂**, перемножают их и в произведении берут **n** средних знаков, получают число **a₃**. Затем перемножают **a₂** на **a₃** и снова берут **n** средних знаков. Полученные числа рассматривают как последовательность двоичных дробей с **n** знаками после запятой.

4 УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ

Класс задач по управлению запасами является достаточно специфичным как по разнообразию постановки задач, так и по методам их решения. Здесь успешно применяются методы линейного и динамического программирования, методы теории массового обслуживания и многие другие. В данной главе

рассматриваются простые методы математического анализа для решения задач управления запасами.

Предприятия в процессе своей деятельности делают различные запасы. Запасы - это совокупность предметов(товаров), представляющих собой временно не используемые экономические ресурсы.

Причины создания запасов могут быть различными.

Если в нужный момент производства необходимые материалы или товары не поступают от поставщиков и их нет на складе в запасе (т.е. имеет место дефицит), процесс производства может задержаться или совсем остановиться. Однако, если запасы достаточно велики, то возрастает плата за них и за их хранение.

Таким образом, возникает задача управления запасами, т.е. выбрать некоторое компромиссное решение по созданию запасов - или выработать стратегию управления запасами.

Основные типы принимаемых решений по управлению запасами следующие:

1. Определить какое, количество товара должно быть в запасе.
2. Определить, в какое время необходимо производить пополнение запасов.

В настоящее время существует множество подходов к решению подобного рода задач.

Рассмотрим три простейшие математические модели, включающие:

- а) Основную модель управления запасами - определение оптимального размера партии;
- б) Модель производственных поставок;
- в) Модель, учитывающую штрафы.

Итак, предмет изучения - количество Δ запаса на складе и время t , для которого рассматривается этот запас, т.е. исследуется функция $\Delta = f(t)$, соответствующая величине запаса в момент времени t . График такой функции называется графиком изменения запаса.

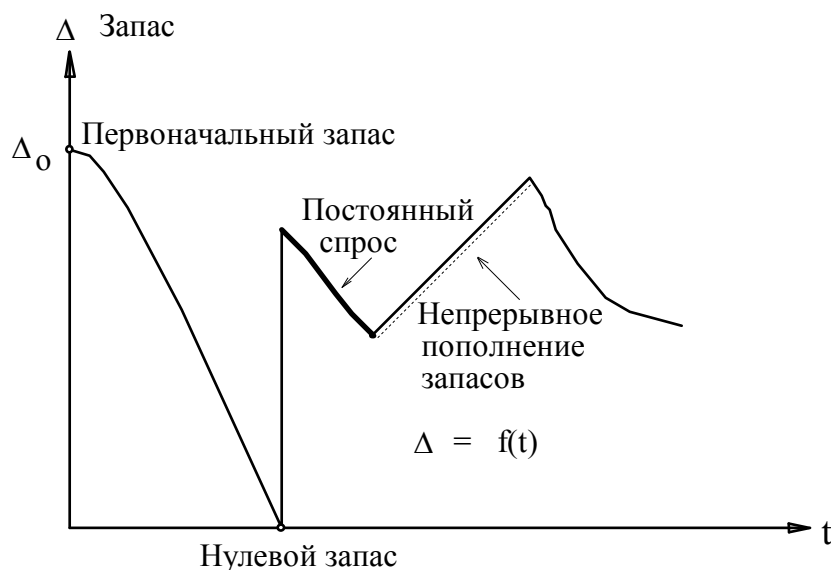


Рисунок 6 - График изменения запасов

При необходимости рассматриваются:

- непрерывное расходование запасов;
- непрерывное поступление запасов.

По поводу изменения функции запасов сделаем следующие предположения:

1. При наличии заявки на товар, он отпускается и Δ уменьшается. Величина спроса непрерывна во времени.
2. Если $\Delta = 0$, то имеет место дефицит товара.
3. При поступлении товаров на склад (запасы пополняются) и Δ увеличивается. Пусть сначала, пополнение запасов будет мгновенным, затем допустим, что пополнение идет непрерывно, в течение некоторого интервала времени.

Издержки, связанные с запасами, можно представить следующим образом:

1. Организационные издержки - расходы, связанные с оформлением и доставкой товаров, необходимые для каждого цикла складирования. Это подготовительно-заключительные операции при поступлении товаров и подаче

заявок.

Если запасы нужно пополнить, то на склад завозится очередная партия. Издержки на поставку - организационные издержки.

Количество товаров, поставляемое на склад, - размер партии товаров.

2. Издержки содержания запасов - затраты, связанные с хранением. Расходы этого рода возникают из-за ренты складирования и амортизации в процессе хранения(товары могут портиться, устаревать, их количество может уменьшаться и т.п.).

3. Издержки, связанные с дефицитом (штрафы). Если поставка со склада не может быть выполнена, то возникают дополнительные издержки, связанные с отказом. Это может быть реальный денежный штраф, уплачиваемый лицу, делающему заявку на товар, или ущерб, не осязаемый непосредственно(ухудшение бизнеса в будущем, потеря потребителей).

Математическая модель должна учитывать все эти издержки и цель моделирования заключается в том, чтобы найти такую стратегию управления запасами, при которой суммарные издержки, связанные с запасами, сводились бы к минимальным.

4.1 Основная задача

Итак, имеем следующую таблицу параметров модели и предположения (допущения) по изменению их величин.

Таблица 3 - Параметры модели и предположения (допущения) по изменению их величин

Название параметра	Обозначение	Единицы измерения	Предположения
Интенсивность спроса	d	Ед-цы товара в год	Спрос постоянен и непрерывен. Весь спрос удовлетворяется.
Организационные издержки	s	\$ за одну партию	Организационные издержки постоянны, не зависят от размера партии

Стоимость товара	c	\$ за ед-цу товара	Цена ед-цы товара постоянна, имеем только один вид товара
Издержки содержания запасов	h	\$ за ед-цу товара в год	Стоимость хранения ед-цы товара в течение года постоянна
Размер партии	q	Ед-ца товара в одной партии	Постоянная величина, поступление мгновенное, как только уровень запаса становится равным 0.

Задача управления: определить значение q , при котором минимизируются годовые затраты.

Рассмотрим график изменения запасов. В соответствии с предположениями этот график имеет вид:

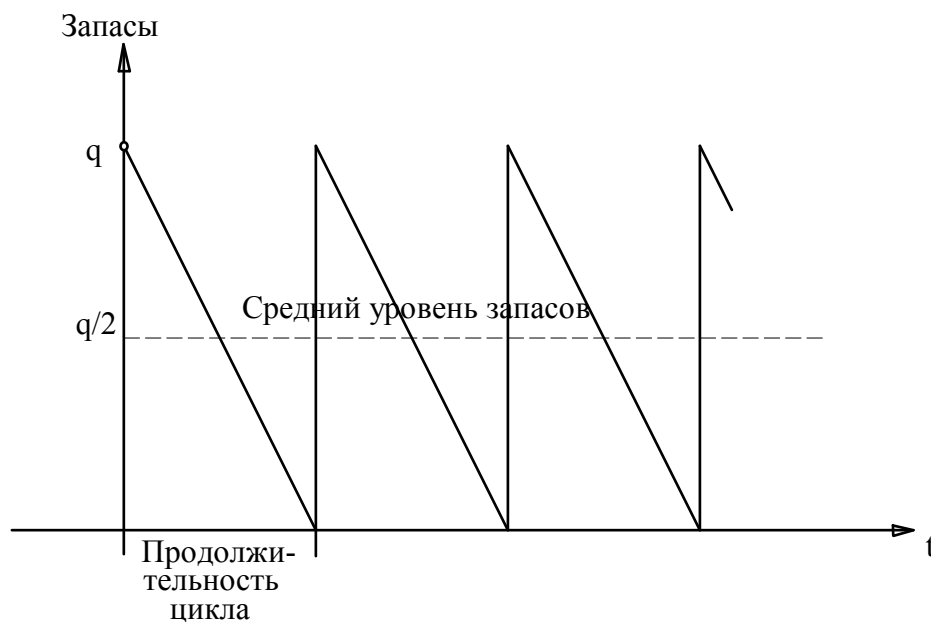


Рисунок 7 - График изменения запасов

Чтобы полностью удовлетворить годовой спрос d в размере поставки, равном q , нужно за год сделать d/q поставок. Партия - это поставка.

Средний уровень запасов равен:

$$\frac{q}{2} = \frac{\text{Площадь графика за цикл}}{\text{Продолжительность цикла}}$$

Составляем уравнение издержек. Издержки, связанные с запасами, сделанными в течение года (\$) включают:

$$C = \left(\begin{array}{c} \text{общие} \\ \text{организационные} \\ \text{издержки} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{стоимость} \\ \text{товара} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{общие} \\ \text{издержки} \\ \text{содержания} \\ \text{запасов} \end{array} \right) = \frac{sd}{q} + cd + \frac{hq}{2}$$

За исключением q все величины известны. Поэтому, считая q переменной можно определить ее значение. Обозначим:

$$C = \frac{sd}{q} + cd + \frac{hq}{2} = f(q)$$

Чтобы найти минимум C , считаем функцию $f(q)$ дифференцируемой. Тогда значение q находится из уравнения:

$$\frac{dC}{dq} = 0 \quad \text{или} \quad \frac{sd}{q^2} + \frac{h}{2} = 0,$$

откуда
$$q^* = \sqrt{2S \frac{d}{h}}$$

q^* - оптимальный размер партии, называемый также оптимальным заказом. Эта формула Ф.Харриса (F.Harris, 1915г.).

Эта формула может быть более понятна, если графически изобразить изменение отдельных составляющих C в зависимости от изменения q :

$C_1 = Sd/q$ - организационные издержки;

$C_2 = cd$ - стоимость товара;

$C_3 = hq/2$ - издержки содержания запасов.

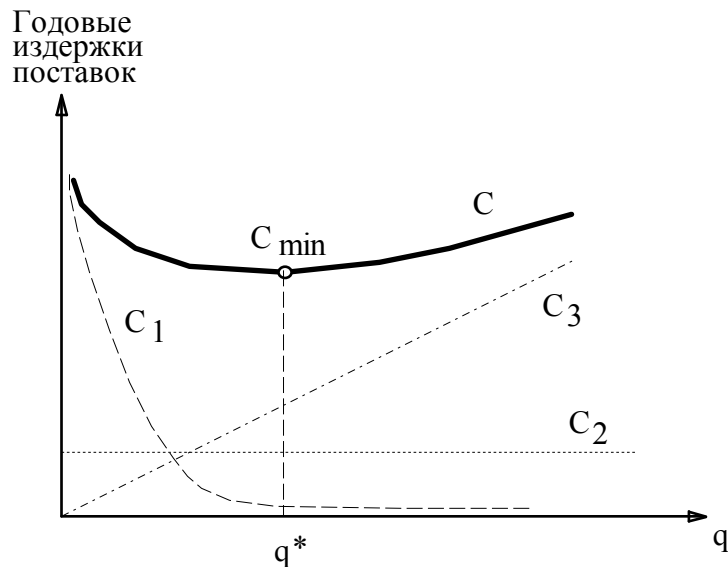


Рисунок 8 - Графическое изображение изменений отдельных составляющих C в зависимости от изменения q

Анализ показывает, что увеличение q ведет к резкому снижению C , при этом C_3 увеличивается с постоянной скоростью $h/2$. При значительном увеличении q величина $C \rightarrow C_2 + C_3$.

Числовой пример

Пусть интенсивность равномерного спроса составляет 2000 ед. товара в год (поступление со склада непрерывное). Организационные издержки для одной партии - 20\$, цена единицы товара 1\$, а издержки содержания запасов 0.1\$ за единицу товара в год. Каков оптимальный объем партии ?

Считаем, что система описывается основной моделью:

$$d = 2000, \quad s = 20, \quad c = 1, \quad h = 0.1.$$

Издержки:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = \frac{40000}{q} + 2000 + \frac{q}{20},$$

$$\frac{dC}{dq} = -\frac{40000}{q^2} + \frac{1}{20}, \quad \frac{40000}{q^2} = \frac{1}{20}.$$

Отсюда $q^* = \sqrt{80000} = 894$ единиц товара в партии. Число поставок должно быть:

$$n^* = 2000/894 = 2.24.$$

Продолжительность цикла:

$$t^* = 365/n^* = 163 \text{ дня}$$

Рассмотренный пример весьма упрощен. Однако, эта модель позволяет понять основные моменты управления запасами.

—

Во-первых. Оптимальная величина уровня запасов пропорциональна $\sqrt{\quad}$ из величины спроса.

Во-вторых. Можно исследовать и чувствительность общих издержек при отклонении q от оптимального значения.

Пусть выбрано $q = 1/2q^*$, т.е.

$$q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2sd}{h}}, \quad \text{тогда}$$

$$(C - cd) = Sd \sqrt{\frac{h}{2sd}} + \frac{h}{2} \sqrt{\frac{2sd}{h}} = \sqrt{2sdh} \quad \text{для } q = q^*$$

$$(C' - cd) = Sd \sqrt{\frac{h}{2sd}} + \frac{h}{2} \sqrt{\frac{h}{2Sd}} + \frac{h}{4} \sqrt{\frac{2sd}{h}} = \frac{5}{4} \sqrt{2sdh}$$

для $q = \frac{1}{2}q^*$

Т.е. управление запасами в размере поставки равном $1/2q^*$ (вместо q^*) ведет к тому, что общие издержки на содержание запасов и организацию поставок увеличиваются на 25% по сравнению с оптимальными.

4.2 Модель производственных поставок

Рассмотрим теперь модель производственных поставок, когда поступление товаров на склад производится непосредственно с производственной линии, т.е. уже не будет мгновенным (т.е. партия не поставляется в течение одного дня).

Считаем, что заказы поступают непрерывно.

Допущения в таблице остаются такими же за исключением тех, которые касаются поступления продукции. Эта величина теперь будет определяться скоростью производства. P - количество товаров, выпускаемых производственной линией за год.

За каждый цикл изменения запасов на склад поступает q единиц товара. Это количество идет с производственной линии, работающей со скоростью p . Спрос в течение года постоянен и его интенсивность d . Как только уровень запасов станет нулевым, с линии начнет поступать следующее количество товаров. Величина q - размер партии, т.е. количество товара в одной поставке. Описанная картина представлена на следующем графике:

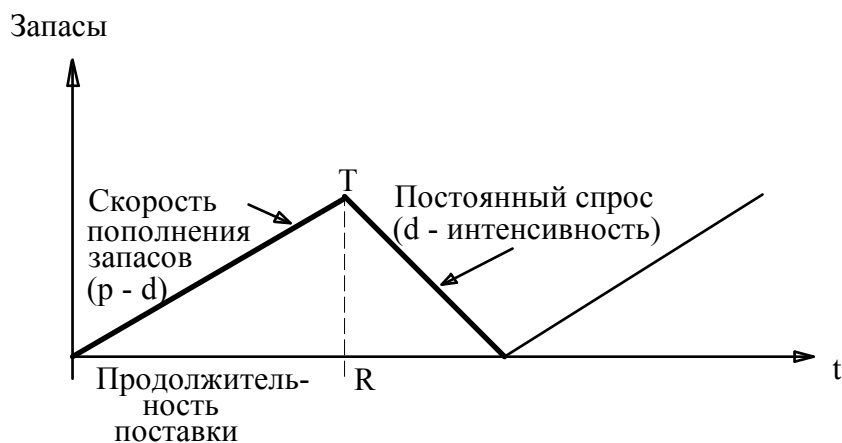


Рисунок 9. – График скорости пополнения запасов и интенсивности спроса

Эффективная скорость пополнения запасов в течение времени поставки равна $p - d$.

Уравнение издержек:

$$C = C_1 + C_2 + C_3.$$

Для C_1 имеем следующее. Спрос равен d товаров в год. Следовательно, если одна поставка содержит q - товаров, то за год нужно сделать $n = d/q$ поставок, а именно:

$$C_1 = sd/q.$$

Для C_2 имеем:

$$C_2 = cd.$$

Для C_3 (затраты на хранение запасов) имеем:

$$C_3 = (\text{средний уровень запасов}) \cdot h.$$

Средний уровень запасов находится следующим образом:

1. Максимальный уровень $RT = (p - d)t$, где t продолжительность поставки.
2. $pt = q$ (количество товаров в одной поставке).

Отсюда:

$$(\text{средний уровень запасов}) = 1/2 (\text{максимальный уровень запасов}) = (p - d)q/2p$$

Следовательно:

$$C = -\frac{sd}{q} + cd + \frac{(p - d)qh}{2p}$$

Оптимальный размер партии находится из уравнения:

$$\frac{dC}{dq} = -\frac{sd}{q^2} + \frac{(p - d)h}{2p} = 0$$

или

$$q^* = \sqrt{\frac{2Psd}{(p - d)h}}$$

Числовой пример

Пусть равномерный и непрерывный спрос товара со склада составляет 2000 ед-ц в год. Организационные издержки 20\$ за одну партию, цена товара 1\$, а издержки хранения запасов 0.1\$ за единицу товара в год. Запасы на складе пополняются с производственной линии с производительностью 4000 ед. товара в год. Линия действует как только уровень запасов упадет до 0 и работает пока не будет произведено q единиц товара.

Решение.

$$d = 2000, s = 20, h = 0.1, c = 1, p = 4000.$$

$$\text{Число партий в год} \quad n = d/q = 2000/q.$$

$$\text{Продолжительность поставки} \quad t = q/p = q/4000.$$

$$\text{Продолжительность цикла} \quad I = 1/n = q/d.$$

$$\text{Максимальный уровень запасов} \quad RT = (p - d)t = 2000q/4000 = 1/2q.$$

Средний уровень запасов $1/2RT = 1/4q$.

$$C = sn + cd + \frac{1}{4}qh = \frac{40000}{q} + 2000 + \frac{q}{40}$$

Далее:

$$0 = \frac{-40000}{q^2} + \frac{1}{40}$$

т.е.

$$q^* = \sqrt{1600000} = 1265$$

(за каждую поставку нужно поставлять на склад 1265 ед. товара).

Далее:

$$n^* = 2000/1265 = 1.6 \text{ поставок,}$$

$$t^* = 1265 \cdot 365 / 4000 = 115 \text{ дней,}$$

$$I^* = 1/n^* \cdot 365 = 230 \text{ дней.}$$

Средний уровень запасов равен:

$$1265/4 = 316 \text{ ед. товара.}$$

4.3 Модель, учитывающая штрафы

Рассмотрим третью модель, которая включает штрафы.

Считаем, что существуют периоды дефицита товаров (нулевые запасы), который покрывается при последующих поставках, и штрафов за несвоевременную поставку.

Пусть по контракту предприятие должно поставить q единиц товара в течение каждого промежутка времени продолжительностью L , за единицу времени поставляется d единиц товара ($q = Ld$). Значения q и L постоянны. Пусть далее в начале каждого периода L предприятие делает запас единиц товара $y < q$, т.е. в течение периода наблюдаться дефицит товара и некоторое

время поставок не будет. Невыполненные заявки будут накапливаться до максимальной величины $q-y$, но они будут удовлетворены, как только поступит следующая партия товаров в количестве q .

За несвоевременную поставку на предприятие налагается штраф, величина которого зависит от того, на сколько была задержана поставка. (Иногда выгоднее заплатить штраф, чем расходовать средства на хранение запасов, превышающих величину y).

Задача управления в этом случае состоит в том, чтобы выбрать такое значение y , которое ведет к минимизации всех затрат.

Рассмотрим издержки одного цикла. Общие издержки в модели пусть будут:

h - издержки хранения единицы товара за единицу времени;

p - затраты на штраф в расчете на ед-цу товара за один день отсрочки.

График изменения запасов будет:

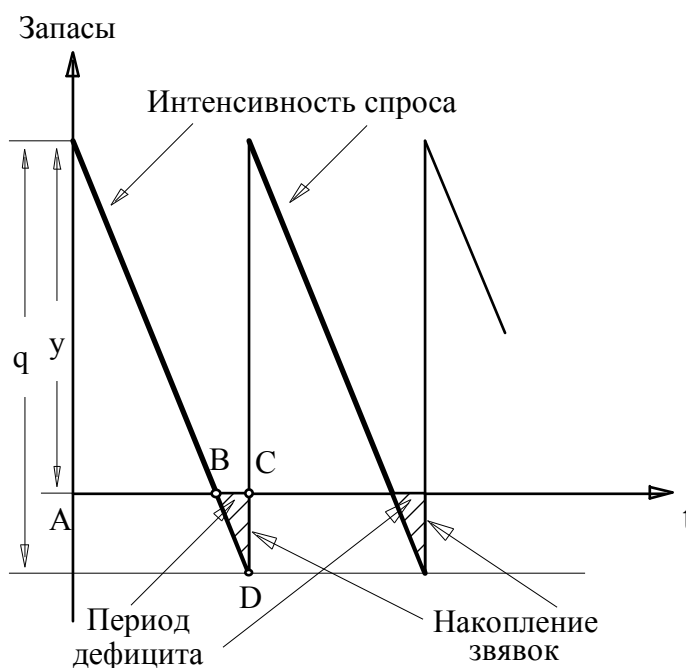


Рисунок 10 - График изменения запасов

Находим издержки одного цикла:

$$C = (\text{общие издержки}) + (\text{общие затраты}) = C_1 + C_2$$

содержания запасов
на штраф

Для C_1 имеем следующее. Товары находятся на складе в течение периода **AB**, средний уровень запасов за этот период равен $y/2$. Продолжительность периода **AB** равна y/d . Отсюда:

$$C_1 = \frac{hy}{2} * \frac{y}{d} = \frac{hy^2}{2d}$$

Для C_2 . Штраф выплачивается за невыполнение поставок в течение периода **BC** = $(q - y)/d$. Общее количество "товаро-дней", за которые налагается штраф, равно площади ΔBCD . Но

$$S_{\Delta BCD} = \frac{(q - y)^2}{2d}$$

Отсюда:

$$C_2 = \frac{p(q - y)^2}{2d}$$

Следовательно:

$$C = \frac{hy^2}{2d} + \frac{p(q - y)^2}{2d}$$

Оптимальное значение y находим из условия:

$$\frac{dC}{dy} = \frac{hy}{d} - \frac{p(q - y)}{d} = 0$$

отсюда:

$$y^* = pq(h + p)$$

$$C_{\min} = \frac{q^2 hp}{2d(h + p)}$$

Таким образом, взяв это значение y^* в качестве уровня запасов в начале каждого цикла, при условии, что невыполненные заявки в дальнейшем будут удовлетворены, сведем суммарные расходы C к минимуму.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1) Модель является представлением системы, идеи или объекта. Руководителю часто приходится использовать модели из-за сложности организаций, невозможности проводить эксперименты в реальном мире, необходимости заглядывать в будущее. Основные типы моделей: физические, аналоговые и математические или символические.
- 2) Этапы построения модели таковы: постановка задачи, определение информационных ограничений, проверка на достоверность, реализация выводов и обновление модели.
- 3) Общими проблемами моделирования являются недостоверные предпосылки, информационные ограничения, плохое использование результатов и чрезмерные расходы.
- 4) Теория игр - это метод, используемый для оценки влияния какого-либо действия на конкурентов. Моделями теории очередей можно пользоваться в соответствии со спросом на них. Модели управления запасами помогают руководителю синхронизировать размещение заказов на ресурсы и оптимизировать их объемы, а также определять оптимальное для склада количество готовой продукции. Модели линейного программирования позволяют установить оптимальный способ распределения дефицитных ресурсов между конкурирующими потребностями в них. Имитационное

моделирование - это использование устройства, которое имитирует реальный мир. В экономическом анализе используется ряд методов для определения экономического положения организации или осуществимости действия с экономической точки зрения.

- 5) Метод платежной матрицы полезен, когда требуется установить, какая альтернатива способна внести наибольший вклад в достижение целей. Ожидаемое значение последствий (сумма возможных значений, умноженных на их вероятности) необходимо определить прежде, чем составлять платежную матрицу.
- 6) Дерево решений позволяет представить проблему схематично и сравнить возможные альтернативы визуально. Этот метод можно использовать в применении к сложным ситуациям, когда результат принимаемого решения влияет на последующие.
- 7) Прогнозирование используется для выявления альтернатив и их вероятности. К количественным методам прогнозирования относятся анализ временных рядов и каузальное моделирование. Под качественными методами понимаются мнения жюри, совокупное мнение сбытовиков и метод экспертных оценок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гужва В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах. – К.: КНЕУ, 2001. – 400 с.
2. Інформаційні системи і технології в економіці: Посібник для студентів вищих навчальних закладів / За редакцією В. С. Пономаренка. – К.: Видавничий центр "Академія", 2002. – 544с.
3. Мардас А. Н. Организационный менеджмент: [практ. рук.] / А.Н. Мардас, О.А. Мардас. – СПб. : Питер, 2003. - 331 с.
4. Титоренко Г. А. Информационные технологии управления: Учебное пособие для вузов / под ред. проф. Г. А. Титоренко. – 2-е изд., доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 439 с.
5. Костров А. В. Основы информационного менеджмента. Учебное пособие. / А. В. Костров - М.: Финансы и статистика, 2001. – 274 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи

з навчальної дисципліни

**«МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»**

(для студентів 6 курсу заочної форми навчання
та другого вищого навчання
спеціальності 7.03060101 – Менеджмент організацій і адміністрування)

(рос. мовою)

Укладачі: **Кононова** Катерина Юріївна,
Карпалюк Ігор Тимофійович

Відповідальний за випуск П. П. Рожков

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. Т. Карпалюк*

План 2012, поз. 619 М

Підп. до друку 22.06. 2016
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60x84/16
Ум. друк. арк. 2,0
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.