

НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра
бизнес-информатики и математических методов в экономике



**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ
ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Электронный образовательный ресурс

Набережные Челны
2019

УДК 519.86 (075.8)

ББК 65.054я73

Б83

Печатается по решению учебно-методической комиссии экономического отделения Набережночелнинского института (филиала) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», от 24.01.2019 г. (протокол № 5)

Рецензенты:

Доктор экономических наук, профессор А.Н.Макаров

Доктор технических наук, профессор А.К.Розенцвайг

Фархутдинов И.И., Исавнин А.Г. Имитационное моделирование в управлении предприятием: электронный образовательный ресурс / И.И. Фархутдинов, А.Г. Исавнин. – Набережные Челны: Изд-во Набережночелнинского института КФУ, 2019. – 60 с.

Электронный образовательный ресурс содержит последовательное изложение базовых понятий имитационного моделирования, а также практические задания с примерами и для самостоятельного выполнения.

Электронный образовательный ресурс предназначено для студентов экономических специальностей, а также для тех, кто изучает эту дисциплину самостоятельно.

© И.И. Фархутдинов, А.Г. Исавнин 2019

© Набережночелнинский институт КФУ, кафедра бизнес-информатики и математических методов в экономике

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	6
2. МЫСЛЕННЫЕ И МАШИННЫЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	8
3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ОБЪЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ	10
4. СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ.....	13
5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ	16
6. ФОРМУЛИРОВАНИЕ МОДЕЛИ	17
7. ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ	19
8. ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ	21
9. МЕХАНИЗМ РЕГЛАМЕНТАЦИИ СОБЫТИЙ И ПРОЦЕССОВ	24
10. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	27
11. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ...	29
12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ТАКТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ.....	35
13. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ТАКТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	37
14. ОСНОВНЫЕ МОДУЛИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	41
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	49
1. ОДНОПЕРИОДНАЯ МОДЕЛЬ СО СЛУЧАЙНЫМ СПРОСОМ	53
<i>Задачи</i>	55
2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ	56
<i>Задачи</i>	57
ЛИТЕРАТУРА	59

ВВЕДЕНИЕ

Особенность современного периода заключается в изменении условий хозяйственной деятельности. Продолжает осуществляться переход российской экономики к рыночным отношениям, быстро сменяются экономические условия.

В этих условиях руководители предприятий всех форм собственности должны уметь в короткие сроки проводить оценку регулярно происходящих изменений и оценивать их влияние на состояние и перспективы развитие своего предприятия. Своевременное принятие правильных решений при изменении экономической ситуации является главной проблемой в управлении.

Совершенно очевидно, что только лишь опыт и интуиция руководителей не могут обеспечить принятие правильных решений при изменении условий функционирования предприятия. Наиболее важным помощником руководителя становятся компьютерные информационные системы поддержки управленческих решений, которые позволяют смоделировать ситуацию и выбрать наилучший план действий. Использование методов математического моделирования и принятие на их основе обоснованных решений по управлению деятельностью предприятия является конкурентным преимуществом предприятия по отношению к предприятиям, действующим в тех же сегментах рынка и не использующим современные экономико-математические методы в управлении.

Требования к современным специалистам обусловлены тем, что их профессиональная деятельность будет осуществляться в условиях нестабильного экономического окружения. Поэтому они должны уметь рационально мыслить, самостоятельно пополнять свои знания и навыки, владеть методами и культурой рационального управления. В настоящее время в России и странах Запада ощущается значительная потребность в системных аналитиках, быстрыми темпами развивается индустрия управленческого консультирования. Применение методологии

имитационного моделирования является мощным помощником современного специалиста в области управления.

Задачами учебного курса являются:

- ✓ изучение основ моделирования социально-экономических систем;
- ✓ создание у студентов теоретической и практической подготовки, обеспечивающей им возможность использования имитационного моделирования в исследовании экономических систем;
- ✓ обучение практическому использованию методов имитационного моделирования в управлении.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. КРАТКИЙ ОБЗОР ИСТОРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Само по себе моделирование не ново - формирование понятия моделирования и разработка моделей играли жизненно важную роль в духовной деятельности человечества с тех пор, как оно стало стремиться к пониманию и изменению окружающей среды. Люди всегда использовали концепцию модели, пытаясь представить и выразить с ее помощью абстрактные идеи и реальные объекты. Моделирование охватывает широкий диапазон актов человеческого общения и началось оно, возможно, с наскальной живописи и сооружения идолов. Прогресс и история науки и техники нашли свое наиболее точное выражение в развитии способности человека создавать модели естественных явлений, понятий и объектов.

В Массачусетском технологическом институте в 40-50 гг. прошлого века была создана методология междисциплинарных исследований сложных динамических систем (системной динамики), рождение которой связывают с именем Дж. Форрестера. Системная динамика, рассчитанная сначала на решение проблем управления в промышленности, была впоследствии расширена для анализа широкого класса динамических систем - экономических, социальных, экологических. Особенно много интересных результатов было получено на стыке различных дисциплин, например, проблемы развития города с учетом социальных и экономических процессов. В работах по моделированию всей мировой системы в целом, получивших впоследствии название «глобального моделирования», впервые мир рассматривался как единая система различных взаимодействующих процессов: демографических, промышленных, добычи и истощения природных ресурсов, загрязнения окружающей среды, производства продуктов питания и т.д. Компьютерные эксперименты, проведенные Д. Форрестером с глобальной моделью, показали, что в середине XX века

человечество ждет кризис, связанный прежде всего с истощением природных ресурсов, падением численности населения и производства продуктов, ростом загрязнения окружающей среды.

Лауреат Нобелевской премии по экономике В. В. Леонтьев является создателем теории межотраслевого баланса экономических систем. В практическом применении отраслевого баланса широко используются методы моделирования систем, в частности, сценарный подход. Так, после второй мировой войны по заказу правительства США В.В. Леонтьевым была построена статическая модель межотраслевого баланса американской экономики с целью оценки последствий ее перехода на мирные рельсы, которая, в частности, предсказала неожиданный для экспертов результат - резкое увеличение выпуска и уровня занятости в сталелитейной промышленности. В семидесятых годах прошлого века по заказу ООН была создана глобальная экономическая модель развития мировой экономики. Непосредственной целью исследований с помощью этой модели являлось оценка условий, которые позволили бы сократить разрыв в доходах между развивающимися и развитыми странами.

Известны результаты глобального моделирования явления «ядерной зимы», выполненные в ВЦ АН СССР под руководством академика Н.Н. Моисеева. Эти результаты дали человечеству, в том числе политикам, неопровержимые аргументы против ядерной войны, даже так называемой «ограниченной ядерной войны».

Для математического моделирования и вычислительного эксперимента использовались, главным образом, универсальные цифровые вычислительные машины, доступные коллективам исследователей. В СССР в 70-80-х годах прошлого века это были БЭСМ-6 и модели ЕС ЭВМ, для которых разрабатывались библиотеки и пакеты прикладных программ вычислительной математики. С появлением персональных компьютеров стало возможно развитие информационной технологии вычислительного эксперимента, которая предусматривает поддержку пользовательского интерфейса и поиска нужных алгоритмов и программ с помощью персональных компьютеров или суперкомпьютеров.

2. МЫСЛЕННЫЕ И МАШИННЫЕ МОДЕЛИ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Каждый человек в своей личной и общественной жизни использует модели для принятия решений. Мысленный образ мира, окружающего нас, есть модель. Человек не несет в себе полных образов семьи, бизнеса, правительства или страны. Он только отбирает концепции и взаимосвязи, которые затем использует, чтобы представить себе реальную систему. Мысленный образ - это модель не строгая, а «размытая», она несовершенно, неточно сформулирована и может у одной и той же личности изменяться со временем, даже в течение беседы. Человеческий ум отбирает некоторые концепции, которые могут быть справедливы или ошибочны, и использует их для описания окружающего мира. На основе этих предположений человек оценивает поведение системы и думает о том, какое действие следует предпринять, что его изменить. Однако этот процесс часто приводит к ошибкам вследствие того, что человеческий ум в высшей степени приспособлен к анализу элементарных сил и действий, составляющих систему, но, как показывает опыт, не приспособлен для оценок динамических последствий развития достаточно сложных систем.

Здесь может помочь инструмент - компьютер, который «руководствуется» заданной ему моделью. Любая модель, конечно, есть упрощение действительно существующей социальной системы, но она может быть значительно более детальной, чем мысленные модели, которые обычно используются для обсуждений социально-экономических систем. Несмотря на свойственные им недостатки, машинные модели могут быть построены так, что они окажутся гораздо более полными, чем интуитивные модели.

По мнению Дж. Форрестера, процесс моделирования использует великую силу человеческого интеллекта - его способность к восприятию окружающего мира, и устраняет величайшую слабость человеческого ума - его неспособность оценить все динамические последствия даже при правильном наборе исходных предпосылок.

Томас Нейлор считает, что оценку эффективности экономических решений лица, ответственные за их выработку, могут проводить одним из трех способов. Во-первых, есть возможность, по крайней мере теоретическая, проводить управляемые эксперименты с экономической системой (фирмой, отраслью или экономикой страны). Однако на практике такая возможность обычно оказывается неосуществимой: бюрократические, социальные, политические и другие ограничения не дают провести эксперимент с отраслью или экономикой в целом. Фирме иногда удается осуществить соответствующий эксперимент, например, с различными вариантами рекламной и рыночной политик, а затем сравнить их результаты. Тем не менее, маловероятно, что в тех редких случаях, когда проводятся реальные эксперименты с экономическими системами, можно сохранить значения всех переменных неизменными и тем самым получить надежное сравнение различных экономических решений.

Во-вторых, если есть данные о развитии экономической системы за некоторый период времени в прошлом, можно попытаться провести эксперимент на этих данных. Пусть, например, имеется временной ряд значений какой-то экономической переменной (например, дохода на душу населения) для нескольких государств. Предположим, что различия в значениях рассматриваемой переменной для разных государств можно объяснить несколькими параметрами экономической политики и малыми случайными возмущениями. Тогда, в принципе, можно оценить воздействие различных экономических решений на доход, приходящийся на душу населения. Часто данных о развитии системы в прошлом нет; но, даже когда их достаточно, предположение о том, что различия в значениях эндогенных переменных в данный момент объясняются главным образом воздействием управляющих переменных, вообще говоря, неоправданно; поэтому нельзя слишком доверять оценкам экономических решений, полученным на основе данных о развитии системы в прошлом.

Когда же нельзя провести управляемый эксперимент и нет данных о развитии системы в прошлом (или в этих данных слишком велики случайные возмущения), остается единственная возможность: построить модель рассматриваемой экономической системы, связывающую эндогенные переменные с экзогенными и провести имитационный эксперимент.

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ОБЪЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Управление в современном мире становится все более трудным делом, поскольку организационные структуры постоянно усложняются. Эта сложность объясняется характером взаимоотношений между различными элементами экономических систем и физическими системами, с которыми они взаимодействуют. Изменение одной из характеристик системы приводит к изменениям в других частях системы, что привело к развитию методологии системного анализа. Одним из наиболее важных и полезных орудий анализа структуры сложных процессов и систем стало имитационное моделирование.

Имитировать - значит вообразить, постичь суть явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте. По существу, каждая модель есть форма имитации. Р. Шеннон дает следующее, ставшее классическим, определение: *имитационное моделирование есть процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на этой модели с целью либо понять поведение системы, либо оценить (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различные стратегии, обеспечивающие функционирование данной системы.*

Исследование экономических систем проходит по следующим этапам:

- ✓ наблюдение системы,
- ✓ формулировка математической модели, с помощью которой пытаются объяснить поведение системы;
- ✓ предсказание поведения системы на основании этой модели с помощью расчетов;
- ✓ проведение экспериментов для проверки пригодности модели.

Машинная имитация как средство анализа экономических систем предназначена для того, чтобы помочь осуществить перечисленные этапы исследования.

Модели социально-экономических систем имеют некоторые особенности по сравнению, например, с моделями природных или технических систем. К сожалению, не всегда возможно создать математическую модель социально-экономической системы в узком значении этого слова. При изучении таких систем мы можем определить цели, указать ограничения и предусмотреть, чтобы система подчинялась техническим законам, нормативным правовым ограничениям и т.п. При этом могут быть вскрыты и представлены в той или иной математической форме существенные связи в системе. В отличие от этого решение проблем защиты от загрязнения воздушной среды, предотвращения преступлений, здравоохранения и огромное количество другим проблем связано с неясными и противоречивыми целями, а также выбором альтернатив, диктуемых политическими и социальными факторами.

Можно выделить следующие ситуации, в которых рекомендуется использовать имитационное моделирование при изучении сложных социально-экономических систем:

- ✓ экономическая система сформировалась недавно и идет процесс ее познания;
- ✓ имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи, чем аналитический метод;
- ✓ имитационное моделирование оказывается единственным способом исследования сложной системы из-за невозможности наблюдения ее в реальных условиях или из-за того, что проведение экспериментов на реальных объектах связано с возможностями социальных и экономических потерь;
- ✓ необходимо исследовать процессы в другом масштабе времени;
- ✓ необходимо качественно подготовить специалистов для работы в какой-либо экономической системе;
- ✓ следует предсказать неочевидные нежелательные явления в системе.

Социально-экономические системы отличаются большой сложностью. Успешное их функционирование зависит от большого количества разнообразных факторов, среди которых можно выделить:

- ✓ социально-политические,
- ✓ нормативно-правовые,

- ✓ технические, технологические, зоотехнические, агрономические, климатические и т. п.,
- ✓ экологические,
- ✓ маркетинговые,
- ✓ финансовые.

Набор таких факторов может достигать десятков, сотен и более. Поэтому экспериментировать с реальными экономическими системами часто бывает невозможно, непрактично или неэкономично. Имитационный же эксперимент позволяет проводить исследование функционирования таких систем.

4. СТРУКТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Математическая структура модели может быть очень сложной, однако в самом общем виде ее математически можно представить в виде

$$E = f(x_i, y_i),$$

где E - результат действия системы, x_i - переменные и параметры, которыми мы можем управлять, y_i - переменные и параметры, которыми мы управлять не можем.

Почти каждая модель представляет собой некоторую комбинацию таких составляющих, как компоненты, переменные, параметры, функциональные зависимости, ограничения, целевые функции.

Компоненты - составные части, которые при соответствующем объединении образуют систему. Например, модель города может состоять из таких компонентов, как система образования, система здравоохранения, транспортная система и т.д.

Параметры - величины, которые экспериментатор, работающий с моделью, может выбирать произвольно, в отличие от переменных, которые могут принимать только значения, определяемые видом функции. В моделях систем принято разделять переменные на экзогенные и эндогенные. Эндогенными называются переменные, изменение которых происходит внутри моделируемой системы, в отличие от экзогенных, которые вводятся в модель извне. Эндогенные величины называют также выходными.

Функциональные зависимости описывают поведение переменных и параметров в пределах компонента или выражают соотношения между компонентами системы. Обычно эти соотношения можно строить лишь на основе гипотез или выводить с помощью статистического или математического анализа.

Ограничения представляют собой устанавливаемые пределы изменения значений переменных или ограничивающие условия распределения и расходования тех или иных средств. Они могут вводиться либо

разработчиком (искусственные ограничения), либо самой системой вследствие присущих ей свойств (естественные ограничения).

Целевая функция, или функция критерия, - это точное отображение целей или задач системы и необходимых правил оценки их выполнения. Для экономических систем принято выделять два типа целей - приобретение и сохранение. Цели сохранения связаны с сохранением или поддержанием каких-либо ресурсов или состояний. Цели приобретения связаны с приобретением новых ресурсов (прибыли, персонала, заказчиков, покупателей и т.п.). Четкое определение целевой функции оказывает громадное влияние на процесс создания модели и проведения на ней экспериментов. Неправильное определение целевой функции обычно ведет к неправильным заключениям.

По факту использования в модели фактора времени модели делятся на статические и динамические.

Статическая имитация - многократное повторение расчета в различных условиях проведения эксперимента на имитационной модели, не включающей в себя в качестве переменной время. Соответственно, статическая модель не включает в качестве переменной время.

Динамическая модель - вид машинной имитации, расчет поведения модели в течение продолжительных периодов времени.

По виду используемых в модели переменных модели делятся на детерминированные и стохастические (статистические).

Детерминированная модель - аналитическое представление закономерности, операции и т.п., при которых для данной совокупности входных значений на выходе системы может быть получен единственный результат.

Стохастическая или статистическая модель - вид модели, отличающийся от детерминированной тем, что включает в себя в том или ином виде случайные возмущения, отражающие вероятностный характер моделируемой системы.

По целевому назначению модели подразделяются на модели структуры, функционирования и стоимостные (модели расхода ресурсов).

Модели структуры отображают связи между компонентами объекта и внешней средой и подразделяются на:

- ✓ каноническую модель, характеризующую взаимодействие объекта с окружением через входы и выходы;
- ✓ модель внутренней структуры, характеризующую состав компонентов объекта и связи между ними;
- ✓ модель иерархической структуры (дерево системы), в которой объект (целое) расчленяется на элементы более низкого уровня, действия которых подчинены интересам целого.

Модели функционирования включают широкий спектр символических моделей, например:

- ✓ модель жизненного цикла системы, описывающая процессы существования системы от зарождения замысла ее создания до прекращения функционирования;
- ✓ модели операций, выполняемых объектом;
- ✓ информационные модели, отображающие во взаимосвязи источники и потребители информации;
- ✓ процедурные модели, описывающие порядок взаимодействия элементов исследуемого объекта при выполнении различных операций, в том числе и процедуры принятия управленческих решений.

Стоимостные модели, как правило, сопровождают модели функционирования объекта и по отношению к ним вторичны, «питаются» от них информацией и совместно с ними позволяют проводить комплексную технико-экономическую оценку объекта или его оптимизацию по экономическим критериям.

5. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА ИМИТАЦИИ

Роберт Шеннон выделяет следующие этапы процесса имитации:

1. Определение системы - установление границ, ограничений и измерителей эффективности системы, подлежащей изучению.
2. Формулирование модели - переход от реальной системы к некоторой логической схеме (абстрагирование).
3. Подготовка данных - отбор данных, необходимых для построения модели, и представление их в соответствующей форме.
4. Трансляция модели - описание модели на языке программирования.
5. Оценка адекватности - повышение до приемлемого уровня степени уверенности, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальной системе, полученных на основании обращения к модели.
6. Стратегическое планирование - планирование эксперимента, который должен дать необходимую информацию.
7. Тактическое планирование - определение способа проведения каждой серии испытаний, предусмотренных планом эксперимента.
8. Экспериментирование - процесс осуществления имитации с целью получения желаемых данных и анализа чувствительности.
9. Интерпретация - построение выводов по данным, полученным путем имитации.
10. Реализация - практическое использование модели и результатов моделирования.
11. Документирование - регистрация хода осуществления проекта и его результатов, а также документирование процесса создания и использования модели.

6. ФОРМУЛИРОВАНИЕ МОДЕЛИ

Модель - представление объекта, системы или понятия (идеи) в некоторой форме, отличной от формы их реального существования. Модель - это прежде всего упрощенное представление реального объекта или явления, сохраняющее его основные, существенные черты. Сам процесс разработки модели, т.е. моделирование, может быть осуществлен различными способами, из которых наиболее распространено физическое и математическое моделирование.

Разработка и построение модели социально-экономической системы требует глубокого изучения свойств исходного объекта. При этом в основе построения модели лежат, как правило, определенная теоретическая концепция, включающая способ анализа ситуации, некоторые априорные представления о взаимосвязях между наблюдаемыми и изучаемыми признаками и факторами. В начале построения модели следует по возможности точно сформулировать те предпосылки (гипотезы) и отношения, на которых базируется математическая модель объекта. В основу предлагаемого описания отношений, определяющих возможный тип модели, положена классификация, приведенная в книге и графически представленная на рисунке 1.

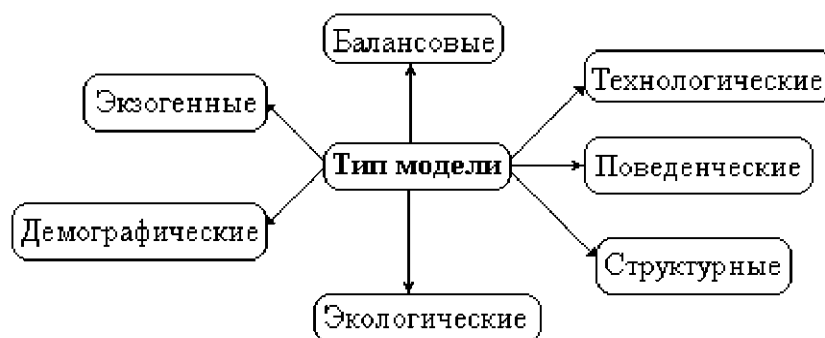


Рисунок 1. Структура типов отношений

Балансовые отношения реализуют равенство суммы наличных объемов (товаров, ресурсов, финансовых потоков и т.п.), полученных из различных источников, сумме объемов, использованных по различным направлениям.

Технологические отношения раскрывают и детализируют технологические процессы конкретных экономических систем.

Поведенческие отношения описывают поведение элементов экономической системы, имеющих некоторую свободу выбора решений.

Структурные отношения определяют иерархию управления (взаимосвязи, соподчиненность элементов) и правила, регулирующие функционирование элементов системы в рамках этой иерархии.

Экономические отношения раскрывают взаимосвязи экономической системы с окружающей средой.

Демографические отношения учитывают влияние роста и структуры населения на производство.

Экзогенные отношения описывают взаимоотношения экономической системы с элементами внешней среды, причем влияние системы на эти элементы ограничено (внешняя торговля, стихийные бедствия и др.).

Следует иметь в виду, что при разработке моделей достаточно сложных экономических систем необходимо учитывать несколько или даже все вышеуказанные отношения элементов системы.

7. ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ МОДЕЛИ

Какой бы сложной и полной ни была модель, она тем не менее является приближенным отображением реального объекта и отражает его при определенных принятых допущениях. Однако до тех пор, пока не доказана адекватность модели реальной обстановке, нельзя с уверенностью утверждать, что с ее помощью получатся те результаты, которые действительно характеризуют функционирование исследуемого объекта. Оценка адекватности и точности математической модели любого типа, в том числе и имитационной, является важнейшей задачей моделирования, так как любые исследования на неадекватной модели теряют смысл.

Р. Шеннон по этому поводу сделал следующий вывод: «Проверка модели - этап чрезвычайно важный, поскольку имитационные модели вызывают впечатление реальности, и как разработчики моделей, так и их пользователи легко проникаются к ним доверием. К сожалению, для случайного наблюдателя, а иногда и для специалиста, искушенного в вопросах моделирования, бывают скрыты исходные предположения, на основе которых строилась данная модель. Поэтому проверка, выполненная без должной тщательности, может привести к катастрофическим последствиям».

Такого процесса, как «испытание» правильности модели, не существует. Вместо этого экспериментатор в ходе разработки модели должен провести серию проверок с тем, чтобы укрепить свое доверие к модели. Оценка адекватности модели заключается в повышении до приемлемого уровня степени уверенности, с которой можно судить относительно корректности выводов о реальной системе, полученных на основании обращения к модели.

Для этого могут быть использованы проверки трех видов. При проверке первого вида следует проверить: не будет ли модель давать просто абсурдные ответы. Второй метод оценки адекватности модели называется верификацией. Верификация имитационной модели - проверка соответствия

ее поведения предположениям экспериментатора. Это первый этап действительной подготовки к имитационному эксперименту. Подбираются некоторые исходные данные, для которых могут быть представлены результаты просчета. Если окажется, что ЭВМ выдает данные, противоречащие тем, которые ожидалось при формировании модели, значит, модель неверна. В обратном случае переходят к следующему этапу проверки работоспособности модели - ее валидации.

Валидация имитационной модели - проверка соответствия данных, получаемых в процессе машинной имитации, реальному ходу явлений, для описания которых создана модель. Состоит в том, что выходные данные после расчета на ЭВМ сопоставляются с имеющимися статистическими сведениями о моделируемой системе.

Таким образом, вопрос оценки адекватности модели имеет две стороны:

- 1) приобретение уверенности в том, что модель ведет себя таким же образом, как и реальная система;
- 2) установление того, что выводы, полученные из экспериментов с моделью, справедливы и корректны.

С ростом адекватности и точности модели возрастают как ее стоимость, так и ценность для исследования, в связи с чем приходится решать вопрос о компромиссе между стоимостью модели и последствиями ошибочных решений из-за неадекватности исследуемому процессу. Оценка адекватности и точности модели представляет собой непрерывный процесс, правильность построения модели может быть проверена только на практике за счет повторения цикла «построение модели - проверка модели». Следует отметить, что понятие адекватности модели не имеет количественного измерения: модель либо адекватна явлению, либо не адекватна. При этом, естественно, предполагается, что программа, реализующая вычисления по математической модели, не содержит ошибок, исходные данные введены в машину правильно. Таким образом, модель является достоверной, если ее концептуальная модель адекватна исследуемому процессу, математическая модель адекватна концептуальной, а точность реализации математической модели на ЭВМ соответствует заданной, т.е. погрешности расчета не превышают допустимых.

8. ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

После завершения этапов разработки и планирования осуществляется процесс экспериментирования на модели с целью получения желаемой информации. На этом этапе начинают выявляться недостатки и просчеты в модели и планировании проведения экспериментов, которые должны постоянно устраняться до тех пор, пока не будут достигнуты первоначально поставленные цели.

При экспериментировании модель выступает как самостоятельный объект исследования. Одну из форм такого исследования составляет проведение модельных экспериментов, при которых целенаправленно изменяются условия функционирования модели и систематизируются данные о ее «поведении». Конечным результатом этого этапа является совокупность знаний о модели в отношении существенных сторон объекта-оригинала, которые отражены в данной модели.

На рисунках 2-4 схематично показаны возможные варианты изменения входных параметров имитационной модели при проведении экспериментов на ней с целью изучения изменения выходных параметров моделируемой системы.

На рисунке 2 показан вариант имитационного эксперимента, при котором изменяются значения только одного входного параметра x_1 имитационной модели (ИМ) при фиксированных значениях всех остальных входных параметров. При этом исследуется изменение выходных параметров w_1, w_2, \dots, w_n .

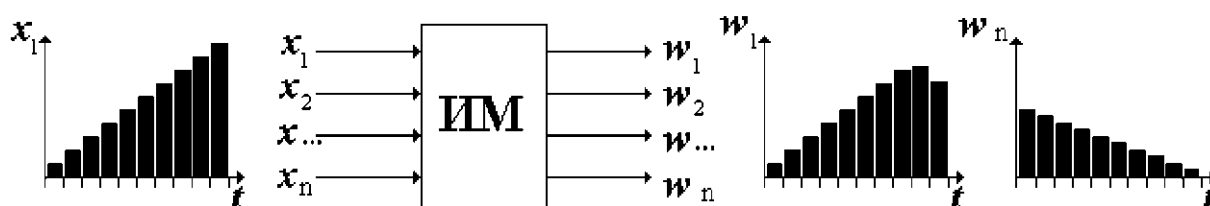


Рисунок 2. Исследование влияния изменения одного входного параметра на выходные параметры

В варианте имитационного эксперимента, изображенном на рисунке 3, исследуется поведение выходных параметров при изменении нескольких или всех входных параметров. Такой вид эксперимента характерен для стратегического планирования, когда выбирается та или иная стратегия изменения входных параметров.

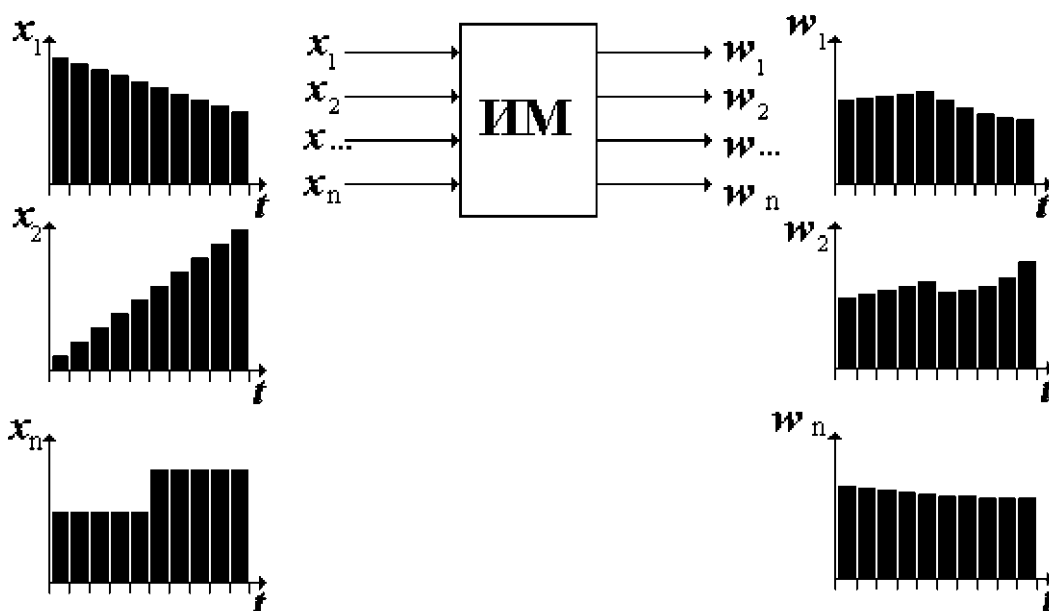


Рисунок 3. Имитация принятой стратегии изменения входных параметров

Если одна или несколько переменных являются случайными (стохастическими) величинами, то при проведении имитационного эксперимента из значения задаются при помощи генератора случайных чисел (ГСЧ). Вариант эксперимента со случайными входными параметрами изображен на рисунке 4.

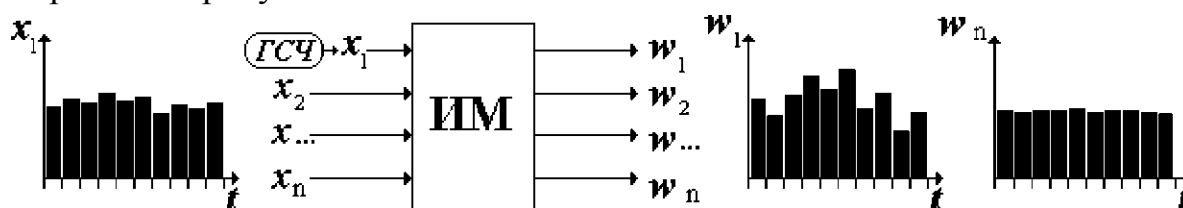
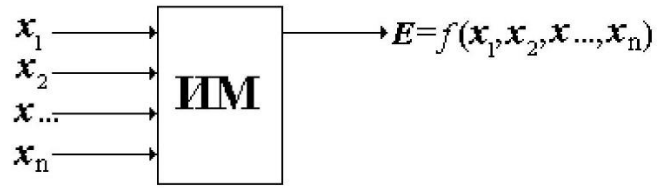


Рисунок 4. Имитационный эксперимент со случайными входными параметрами

Если математическая модель непригодна для применения аналитических или численных методов, то для ее решения применяют метод экспериментальной оптимизации на ЭВМ. При этом методе нет необходимости в преобразовании математической модели в специальную систему уравнений. Как целевая функция, так и система ограничений могут быть заданы в виде алгоритма, позволяющего вычислять их значения в ходе моделирования. На рисунке 5 схематично показан вариант имитационного

экспериментирования с применением метода экспериментальной оптимизации.



Рисунке 5. Метод экспериментальной оптимизации с использованием имитационной модели

При проведении имитационного эксперимента с использованием имитационной модели определяются значения входных переменных, обеспечивающих оптимальное значение целевой функции:

$$E = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \max,$$

9. МЕХАНИЗМ РЕГЛАМЕНТАЦИИ СОБЫТИЙ И ПРОЦЕССОВ

Поскольку в большинстве имитационных экспериментов имитируется поведение системы на некотором отрезке времени, одной из наиболее важных задач при создании модели является определение механизма регламентации событий и процессов. В имитационном моделировании понятие «регламентация» включает в себя два аспекта, или две функции:

- «продвижение» времени (корректирование временной координаты состояния системы);
- обеспечение согласованности различных блоков и событий в имитационной модели.

Поскольку действия, выполняемые различными блоками, зависят от действий и состояний других элементов, они должны быть скоординированы по времени или синхронизированы. Таким образом, функционирование модели должно протекать в искусственном времени, обеспечивая появление событий в надлежащем порядке и с надлежащими временными интервалами между ними.

Существуют два основных метода задания времени - с помощью фиксированных и переменных интервалов времени. Их иногда называют также соответственно методами фиксированного шага и шага до следующего события. По методу фиксированного временного шага отсчет системного времени ведется через заранее определенные временные интервалы постоянной длины (моделирование протекает в обычном времени с фиксированным шагом). При использовании метода переменного шага, или шага до следующего события, состояние

моделируемой системы обновляется с появлением каждого существенного события независимо от интервала времени между ними (моделирование протекает во времени событий).

Рисунок 6 демонстрирует способы представления и управления временем при использовании обоих методов. По оси времени отложена одна и та же последовательность событий e_i .

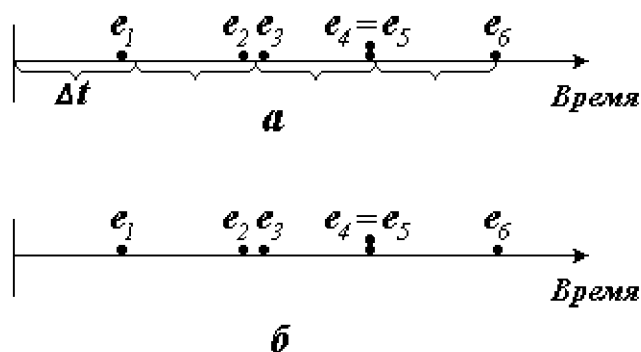


Рисунок 6. Течение модельного времени: *a* - в модели с фиксированным шагом, *б* - в модели с шагом до следующего события

У каждого из этих методов есть свои преимущества. В модели, использующей метод задания шага до следующего события, обработка событий идет последовательно и время имитации каждый раз смещается вперед на начало следующего события, каждое из которых обслуживается по очереди. В модели с фиксированным шагом обработка событий происходит по группам или множествам событий.

Использование метода фиксированных шагов более предпочтительно, если:

- события появляются регулярно и распределены во времени относительно равномерно;
- в течение цикла моделирования появляется много событий, причем математическое ожидание продолжительности событий мало;
- точная природа существенных событий не ясна, как, например, это бывает на начальном этапе имитационного исследования.

С другой стороны, метод задания шага до следующего события выгоден тем, что:

- позволяет экономить машинное время в случае статических систем, в которых существенные события могут длительное время не наступать;

- не требует определения величины приращения времени (что влияет и на продолжительность цикла моделирования, и на точность);
- может эффективно использоваться при неравномерном распределении событий во времени и (или) при большой величине математического ожидания их продолжительности.

10. ИНТЕРПРЕТАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

По мнению Р. Шеннона, никакое задание на моделирование не может считаться успешно завершенным до тех пор, пока оно не будет принято, понято и использовано. Наибольшие неудачи, постигавшие специалистов, занимающихся проблемами управления, были связаны и восприятием и использованием их работ. Роберт Шеннон следующим образом распределяет время, необходимое на проектирование и работу с моделью: 25% на постановку задачи, 20% на сбор и анализ данных, 30% на разработку модели и 25% на реализацию. Самая лучшая в мире имитационная модель ничего не стоит, пока она не использована или не одобрена теми, для кого она была разработана. Для большинства специалистов и руководителей производства интерес представляет не изящная модель и искусное использование математических методов, а реальные проблемы и способы их решения.

Информация, получаемая с помощью имитационной модели должна быть приемлема для заказчика или пользователя, которые должны понимать, как необходимо поступить или как можно использовать полученные результаты. Если ему не ясно, как эти данные могут помочь ему или кому-либо другому принимать решения, то он их будет просто игнорировать, и вся работа по созданию модели окажется безрезультатной.

Любая имитационная модель должна позволять специалисту, работающему с ней, оценивать решения, которые удовлетворяют его собственным понятиям рациональности, а также возможные результаты сформулированных им стратегий. Пользователь модели, если он не является ее разработчиком, полагает, что именно он может наилучшим образом получать правильные решения.

Чтобы иметь максимальные шансы успешного применения результатов имитационного исследования, имитационная модель должна быть:

- понятной заказчику-пользователю;
- способной давать разумные ответы;

- способной давать информацию, которая может быть в дальнейшем использована;
- реалистичной в требованиях к данным;
- способной отвечать на вопросы типа «А что будет, если...?»;
- легко модифицируемой;
- недорогой при применении.

11. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Главная цель построения любой имитационной модели - помочь руководителям повысить качество управления. Для того чтобы предоставлять им нужные данные в нужной форме и в нужное время - что поможет правильно принимать нужные решения - необходимо глубоко вникнуть как в сам процесс принятия решений, так и в функции лиц, принимающих решения.

Процесс управления в экономической системе можно описать как последовательность следующих фаз: планирование, организация, учет, регулирование и анализ. На первой фазе участники процесса планирования разрабатывают план будущей деятельности, на второй - происходит их взаимодействие, направленное на выполнение разработанного плана, и на последующих фазах процесса управления осуществляется учет, регулирование и анализ выполняемой деятельности как в процессе ее осуществления, так и после ее окончания.

Все фазы процесса управления в большей или меньшей степени пронизываются процессами принятия решений. Принятие решений необходимо тогда, когда нормы не определяют однозначно управляемую деятельность.

Процессом принятия решений является часть управленческой деятельности, кульминационным моментом которой является выбор из множества альтернатив возможных курсов действий.

Р. Шеннон на основе глубокого исследования теории и практики принятия решений сделал очень важный для разработчиков имитационных систем вывод о том, что существует два различных направления таких работ:

- нормативная теория принятия решений, описывающая, как нужно принимать оптимальные решения;
- дескриптивная теория принятия решений, пытающаяся описать, как в действительности они принимаются.

Два различных подхода в теории и практике принятия решений могут затруднить эффективное использование метода имитационного моделирования на практике.

Минимальные необходимые и достаточные условия существования ситуации принятия решений требуют наличия:

- лица, принимающего решения (ЛПР), которое отдает себе отчет в том, что проблема существует, и требует принятия решения;
- выхода или цели, которых стремится достичь ЛПР;
- по крайней мере двух альтернативных вариантов решения, которые направлены на достижение поставленной цели;
- сомнений ЛПР относительно того, какую из альтернатив следует предпочесть;
- среды или условий, в которых существует проблема. В этих условиях ЛПР:
 - осознает необходимость принять решение;
 - проводит поиск и оценку альтернативных действий;
 - выбирает одну или несколько альтернатив, которые, по его мнению, ведут к достижению цели.

Результатом принятия решения может быть выполнение некоторого действия или принятие идеи. Легко предположить, что руководитель знает о существовании нерешенной проблемы, знает, какова эта проблема, имеет намерение решить ее. Однако обычно осознание наличия проблемы приходит постепенно, в процессе длительного наблюдения руководителя за управляемой им системой и обсуждения возникающих вопросов с коллегами и подчиненными.

Роберт Шеннон отмечает: «У администраторов вырабатывается скептический взгляд на необходимость проводить в жизнь рекомендуемые им решения, и поэтому они склонны не принимать во внимание проблемы, которые формулируются в недостаточно ясной и четкой форме. Помимо риска есть и другие факторы, которые способствуют отклонению предлагаемых решений. Один из таких факторов - обучение. Администраторов учат либо они сами приходят к такой мысли, что следует избегать принятия решений, в которых нет необходимости». Поскольку новые решения обычно прерывают нормальный ход работы и создают

дополнительную работу, администраторы (специалисты) избегают принятия каких-либо решений.

Далее Р. Шеннон приводит очень жизненное, не лишенное юмора наблюдение:

«Нам всем присуще избегать самостоятельно поставленных вопросов. Принятие решений побуждается:

сверху - вышестоящим руководством, снизу - подчиненными, собственной инициативой.

В первом случае руководителем практически всегда принимается решение; во втором также принимается решение, хотя оно иногда может заключаться и в том, чтобы не принимать никакого решения; в третьем же случае нет подталкивающего механизма, и такие решения могут долго не приниматься без опасения каких-либо наказаний». Если принимаемое на ходу решение вызывает противоречивые последствия, руководитель может отложить детальное изучение проблемы. Он рассуждает так, что со временем положение само собой исправится и это избавит его от «управленческих мук». Боязнь принять неверное решение часто сильнее опасения возможных неблагоприятных последствий непринятия никакого решения.

Аналогичный вывод делает и Стаффорд Бир:

«Главная трудность заключается в том, что управляющие далеко не наивные люди; они хорошо знают, что в действительности происходит. Глупо пытаться покровительственно инструктировать их в отношении «реальной жизни». Но они обратятся к автору, если сочтут, что он объясняет важный для них предмет».

Поэтому цели проведения имитационного эксперимента должны быть сформулированы очень точно, а их результаты должны приводить к конкретным результатам по совершенствованию работы системы. Имитационные модели должны создаваться целенаправленно для конкретных ЛПР и выдавать рекомендации в такой форме, в которой они будут целиком и полностью понятны и приемлемы для ЛПР. Чем тщательнее сформулирована проблема, чем продуманнее планирование и проведение исследования, тем легче объяснить и внедрить полученные результаты.

Моделирование принятия решений обычно осуществляется в соответствии с одной из двух схем, которые можно условно назвать классической и новой.

Классическая схема имеет глубокие корни в экономической науке. В ее основе лежит предпосылка абсолютной рациональности агента принятия решений. Практически она сводится к рассмотрению процесса принятия решений как акта выбора из заданного множества альтернатив, максимизирующего (минимизирующего) однозначный скалярный показатель, который и является критерием оптимальности решения.

В противоположность классической в основе новой схемы принятия решения лежит предпосылка ограниченной рациональности агента принятия решений. Эта схема была в основном разработана в трудах Г. Саймона. В соответствии с этой схемой принятие решений рассматривается как протяженный во времени многоэтапный процесс. Процесс этот можно представить в виде последовательности следующих этапов: сбор информации, выявление проблемы, формулирование целей, генерирование альтернатив, оценка последствий реализации альтернатив, выбор альтернатив. Характеризуя процесс принятия решений Г. Саймон указывал: «Руководящие работники и их персонал тратят большую часть времени своего времени на наблюдение за экономической, технической, политической и социальной средой для выявления новых усилий, требующих новых действий. Они, вероятно, тратят еще большую часть своего времени, индивидуально или сообща, стремясь открыть, спроектировать и разработать возможные курсы действий для ситуаций, которые требуют решения. Они тратят маленькую часть своего времени на выбор среди альтернатив действий уже разработанных применительно к выявленной проблеме и проанализированных в терминах их последствий».

При рассмотрении принятия решения только как выбора наилучшего (оптимального) решения из заранее ограниченного множества альтернатив самые важные, творческие этапы этого процесса выпадают. Оптимальность решения является производной от множества альтернатив, из которого производится выбор, а само это множество является результатом одного из важнейших этапов принятия решения. Если из предпосылки абсолютной рациональности следует, что критерием выбора альтернатив является их оптимальность, то из предпосылки ограниченной рациональности следует, что им является удовлетворительность выбранных альтернатив. Это связано с тем, что процесс принятия решения во многом является познавательным процессом, а ресурсы, в том числе временные, на такое познание всегда ограничены. Причина этого - в современном уровне знаний и в наличных

материальных ресурсах, а также в личных возможностях субъектов процесса принятия решений - их способностях, усилиях, опыте и т.д.

Важнейшими чертами процесса принятия решений, по мнению Г. Саймона, является его познавательный характер и принципиально неустранимая многокритериальность выбора.

Познавательный характер процесса принятия решений проявляется в том, что он фактически представляет собой процесс устранения или уменьшения степени неопределенности решений относительно внешней и внутренней среды. Внедрение в управленческий процесс имитационных систем позволяет перенести акцент в нем с анализа произошедших событий на прогнозирования событий предстоящих. По мнению Стаффорда Бира, в процессе развития науки об управлении и процесса последнего прежде всего предпринимались усилия к тому, чтобы ускорить процесс формирования финансовой отчетности и лишь затем ускорить процесс реакции на ее итоги. С. Бир так комментирует этот процесс: «Однако история остается историей, касается ли она недавних или давно прошедших событий. Множество экономических учреждений не может разобраться с тем, что произошло, пока не пройдет несколько месяцев; даже лучшие из них вынуждены ожидать, когда данные будут получены и проанализированы. Запаздывание существует, и даже вчерашние данные или показатели только что закончившейся смены говорят нам только о том, что мы были обязаны сделать сегодня или в эту смену, хотя ясно, что уже поздно. Стоит предпринять огромные усилия, чтобы прорваться через барьер, на котором написано "сейчас", с тем, чтобы управляющие занимались тем, чем можно управлять, а именно — будущим, каким бы близким оно не было. Это лучше, чем изучать сведения о том, чего уже нельзя исправить, а именно — прошлым, даже если оно свершилось минуту назад. Конечно, прошлое учит, но на него нельзя повлиять».

Использование методологии имитационного моделирования позволяет в известных пределах изменять тенденции по мере их формирования и подсчитать вероятность их сохранения в дальнейшем. Имитационная модель или модули поддержки принятия решений на ее основе предназначены для использования в качестве диагностического инструмента.

По мнению С. Бира, традиционно людьми, осуществляющими эксперименты, были ученые. Управляющие, как всегда считалось, не могут себе позволить экспериментирования - они рискуют жизнями людей,

деньгами акционеров и будущим своего дела. Их решения могут быть ошибочными, и они могут совершать ошибки; мудрые управляющие рассматривают подобные ошибки, которые уже поздно исправлять, как эксперименты "за неимением лучшего" и пытаются извлекать из них все полезное. Но преднамеренное, хладнокровное экспериментирование никогда раньше не практиковалось управляющими.

Сегодня благодаря моделированию на компьютерах любой тип ситуации может быть промоделирован участниками процесса. Нет никаких оснований утверждать, что результаты экспериментирования могут совершенно точно предсказать результат. Однако эксперимент позволяет исследовать реакции системы на различные альтернативные действия с тем, чтобы увидеть, какие области проблемы чувствительнее других при различных действиях, предлагаемых управляющими. Это делается с целью проверки того, какой курс действий в ряду близких событий окажется уязвимее другого.

12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ТАКТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

В классических трудах по имитационному моделированию этот метод прикладного системного анализа определяется как наиболее мощный инструмент исследования сложных систем, управление которыми связано с принятием решений в условиях неопределенности. По сравнению с другими методами имитационное моделирование позволяет рассматривать большое число альтернатив, улучшать качество управленческих решений и точнее прогнозировать их последствия. Однако практическое применение этого метода в современной российской экономике остается в настоящее время достаточно редким.

Это можно объяснить, в частности тем, что несколько десятилетий назад, когда были заложены основы метода, уровень развития компьютерной техники был несопоставим с нынешним. Проведение имитационного эксперимента подразумевало создание специального человеко-машинного комплекса, результатом деятельности которого являлось получение необходимых результатов после проведения процесса имитации деятельности какой-либо экономической системы, после чего предполагалось построение выводов по полученным данным, их интерпретация и реализация. Этапы создания и использования модели подразумевали практически разовое ее использование для проведения того или иного эксперимента, хотя этапы стратегического и тактического планирования указывались как основные этапы процесса имитации.

В настоящее время использование на большинстве предприятий имеется в той или иной степени развитая автоматизированная информационная система. Однако в первую очередь автоматизируется работа бухгалтерских, складских, торговых и т.п. отделов и служб. В то же время процесс работы плановых служб является, как правило, разобщенным, малопроизводительным и недостаточно достоверным. По-прежнему, большинство плановиков считает план совокупностью принимаемых

независимо друг от друга решений, поэтому план предприятия остается комплектом планов, подготовленных автономно для каждого структурного подразделения. И хотя управление организации формально осуществляется сверху-вниз, планирование происходит снизу-вверх путем составления и обобщения разрозненных планов подразделений. Процесс составления даже годового плана обычно занимает несколько месяцев и, как правило, до окончания периода действия плана коррективы в него уже не вносятся, несмотря на постоянные изменения условий функционирования организации.

Создание имитационной модели предприятия для целей автоматизации процессов стратегического и оперативного планирования и управления позволяет коренным образом изменить всю систему управления. Как правило, все расчеты специалистов при составлении планов могут быть алгоритмизированы, что позволяет «видеть» картину функционирования предприятия на требуемый срок и мгновенно вносить коррективы по окончании периода, изменении значимых параметров, а также принимать решения на альтернативной основе.

Наиболее целесообразно применение имитационных систем в тех отраслях, где технологические процессы характеризуются значительной продолжительностью: растениеводстве, животноводстве, строительстве, так как здесь наиболее велики риски финансовых потерь из-за недоучета тех или иных значимых параметров.

13. СОДЕРЖАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ТАКТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Процесс планирования является центральным звеном в системе управления. Однако содержание этого звена в значительной степени зависит от принятой на предприятии системы планирования, используемых при этом методиках и технологиях.

Р. Акофф замечает: «Большинство плановиков считает план совокупностью принимаемых независимо друг от друга решений для набора проблем (опасностей и возможностей). Поэтому план корпорации видится им как комплект планов, подготовленных автономно для каждой части этого целого». Это приводит к составлению планов, не всегда ведущих к улучшению производственных и финансовых результатов работы фирмы. Может быть, поэтому в качестве эпиграфа к одной из глав своей книги Р. Акофф выбрал шутливый афоризм А. Бирса: «Планировать - хлопотать по поводу наилучшего метода получения случайного результата».

Ниже приведено более серьезное определение.

Планирование - форма управленческой деятельности, заключающаяся в подготовке различных вариантов управленческих решений в виде прогнозов, проектов программ и планов, обосновании их оптимальности, обеспечение возможности выполнения и проверки их выполнения.

Р.Акофф сделал следующее наблюдение: «Большинство плановиков и тех, кто использует планы полагают, что главную пользу приносит продукт планирования - план», и не соглашается с этой точкой зрения. По его мнению, важнейшим продуктом планирования является сам процесс. Поэтому главные выгоды дает участие в нем: «Именно благодаря участию в планировании члены организации могут развивать себя. Кроме того, участие позволяет им приобрести понимание организации и служить ее целям более эффективно. Это в свою очередь облегчает развитие организации».

Далее Р. Акофф поднимает вопрос о надлежащей роли внутренних и внешних профессиональных плановиков и плановых подразделений организации, для которой составляются планы. Их задача - стимулировать, облегчать планирование другими для себя. Профессионалы должны обеспечивать мотивы, информацию, знание, понимание, мудрость и воображение, необходимые, чтобы планировать для себя. При этом должно соблюдаться выполнение нескольких принципов.

Принцип непрерывности. Чаще всего планирование бывает не непрерывным. Например, многие компании разрабатывают пятилетние планы и освежают их раз в год. Когда план утвержден, планирование приостанавливается до следующего такого периода. Такой цикл «снова начать - снова закончить» повторяется ежегодно.

Из-за событий, которые не были и не могли быть предусмотрены, ни один план, как бы тщательно он ни был подготовлен, не выполняется так, как ожидалось. Поэтому результаты, ожидавшиеся от выполнения плана, и предпосылки, на которых основывались подобные ожидания, постоянно пересматриваются.

Принцип холизма

Этот принцип состоит из двух частей: *принципа координации* и *принципа интеграции*.

Принцип координации устанавливает, что деятельность ни одной части организации нельзя планировать эффективно, если делать это независимо от остальных единиц данного уровня. Следовательно, деятельность единиц одного уровня следует планировать одновременно и во взаимосвязи.

Принцип интеграции устанавливает, что планирование осуществляемое независимо на каждом уровне, не может быть столь же эффективным, как планирование во взаимозависимости на всех уровнях.

Общеизвестно, например, что стратегия или практика, сформировавшиеся на одном уровне корпорации, часто создают проблемы для других уровней.

Осуществление этих принципов при отсутствии систем автоматизации процессов планирования и поддержки принятия управленческих решений было весьма затруднительно. Развитие компьютерной техники и методологии имитационного моделирования позволяет воплотить их в повседневную практику стратегического и тактического планирования.

Стратегическое планирование - вид планирования, состоящий в разработке стратегических решений, предусматривающих выдвижение таких целей и стратегий поведения соответствующих объектов управления, реализация которых обеспечивает их эффективное функционирование в долгосрочной перспективе.

Круг задач стратегического планирования связан с задачами анализа, предназначенными для выработки стратегических управленческих решений развития бизнеса. Уровень стратегического планирования ориентирован на руководителей высшего ранга. Основными целями стратегического уровня являются:

- определение системы приоритетов развития организации,
- оценка перспективных направлений развития организации,
- выбор и оценка необходимых ресурсов для достижения поставленных целей.

При разработке модулей стратегического планирования следует учитывать:

- особенности развития рыночных отношений в стране;
- возможные перспективные виды продукции (товары и услуги), относящиеся к профилю деятельности организации или предприятия;
- потенциальные виды производственных ресурсов, возможные для использования при создании новых видов продукции (товаров, услуг);
- перспективные технологические процессы изготовления новых видов продукции (товаров и услуг).

Отличительной особенностью модулей стратегического планирования следует решать решающую роль управленческого персонала в процессе принятия решений. Высокий уровень неопределенности и неполноты информации повышает значение субъективного фактора как основы принятия решений. Информационные технологии поддержки стратегического уровня принятия решений, основанные на методах и идеологии имитационного моделирования, помогают высшему звену управления организацией решать неструктурированные задачи, основной из которых является сравнение

Следующий круг задач управления ориентирован на выработку тактических решений. Тактический уровень принятия решений основан на разработке и работе моделей, помогающих решать отдельные, в основном слабо структурированные задачи (например, принятие решений об инвестициях, рынках сбыта и т.д.). К числу основных целей тактического руководства относятся:

- обеспечение устойчивого функционирования организации в целом;
- создание потенциала для развития организации;
- создание и корректировка базовых планов.

Тактический уровень принятия решений средним управленческим звеном используется для мониторинга (постоянного слежения), контроля принятия решений и администрирования. Одним из инструментальных средств для принятия тактических решений в настоящее время являются системы поддержки принятия решений, которые обслуживают частично структурированные задачи, результаты которых трудно спрогнозировать заранее. Основными характеристиками таких систем являются:

- возможность решения проблем, развитие которых трудно прогнозировать;
- наличие инструментальных средств моделирования и анализа;
- возможность легко менять постановки решаемых задач и входных данных;
- гибкость и адаптируемость к изменению условий;
- технология, максимально ориентированная на пользователя.

14. ОСНОВНЫЕ МОДУЛИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОЛОГИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Компьютерная система поддержки принятия управленческих решений должна позволять не только автоматизировать стандартные процессы составления планов, но и иметь возможность «проигрывания» различных вариантов, чтобы иметь возможность оценки большого количества альтернативных вариантов развития системы и выбора наилучшего из них.

Такая система, как минимум, должна включать в себя следующие основные модули: модуль нормирования, модуль технологических процессов, модуль текущего состояния системы и заданий на производство и реализацию, модуль определения затрат и движения денежных средств, модуль итогов деятельности экономической системы.

Модуль нормирования предназначен для ввода всех основных нормативных показателей, на основе которых разрабатываются производственные и финансовые планы предприятия. Следует учитывать, что и сами нормы могут являться входными параметрами, изменение значений которых исследуется в ходе составления планов на многоальтернативной основе. На рисунке 7 показан фрагмент экранной формы модуля нормирования производительности машинно-тракторного парка для компьютерной системы автоматизации процессов планирования предприятия растениеводческого комплекса.

Наименование работ	Состав агрегата		Производ. га/час	Расх. ГСМ кг/га	Ставка руб/час
	трактор	с. х. машины			
Закрытие влаги	К-701	СП-16/36БСС-1.0	14.50	2.75	10.00
	К-700	СП-16/36БСС-1.0	13.20	2.93	10.00
	Т-4А	СП-16/36БСС-1.0	12.50	2.20	10.00
	Т-150	СП-21/21БСС-1.0	5.83	2.55	10.00
	ДТ-75	СП-21/21БСС-1.0	5.48	2.40	10.00
	ДТ-75М	СП-21/21БСС-1.0	7.23	2.40	10.00

Рисунок 7. Фрагмент экранной формы модуля нормирования производительности машинно-тракторного парка

На рисунке 8 показан фрагмент экранной формы аналогичного модуля информационной системы поддержки принятия управленческих решений, разработанной для птицефабрики.

Возраст, нед.	Потребн. корма в сутки, г/гол кур.	Потребн. корма в сутки, г/гол пет.	Брак, %/мес.	Падеж, %/мес.	Яйценоск. %	% инкуб. яйца
18	97	104	2.00	1.00	0.00	0.00
19	99	107	2.00	1.00	0.00	0.00
20	112	112	2.00	1.00	0.00	0.00
21	117	119	2.00	1.00	0.00	0.00
22	137	129	2.00	1.00	0.00	0.00
23	147	134	2.00	1.00	0.00	0.00
24	157	138	2.00	1.00	0.00	0.00
25	161	142	2.00	1.00	0.00	0.00
26	161	144	3.00	1.00	32.00	60.00
27	164	146	3.00	1.00	56.00	80.00
28	164	146	3.00	1.00	68.30	88.00
29	164	146	3.00	1.00	71.70	88.00
30	164	146	1.50	0.50	73.10	90.00

Рисунок 8. Фрагмент экранной формы аналогичного модуля информационной системы поддержки принятия управленческих решений

Модуль технологических процессов служит для описания зависимостей между входными и выходными параметрами всех технологических процессов, осуществляемых на предприятии. Этот модуль является основой для планирования необходимых ресурсов, объемов выпускаемой продукции и определения ее себестоимости, планирования объемов реализации и т.п.

На рисунке 9 показана экранная форма для ввода основных параметров линии по переработке гречихи в крупу. В программной части модуля реализована каноническая модель по соотношению между входными и выходными параметрами данного производственного процесса.

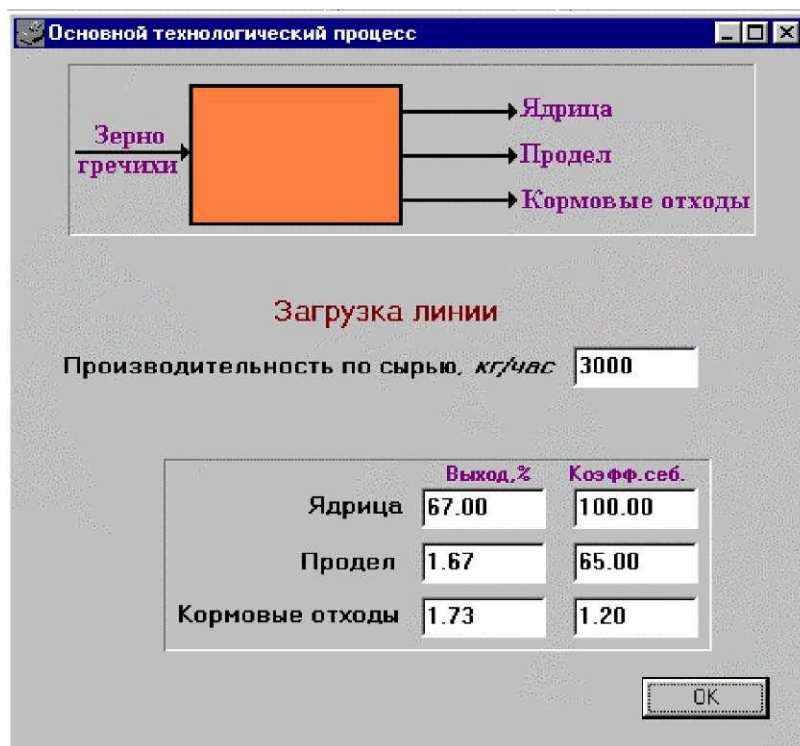


Рисунок 9. Экранная форма для ввода основных параметров линии по переработке гречихи в крупу

Одна из экранных форм модуля технологических процессов для предприятия птицеводческого комплекса изображена на рисунке 10.

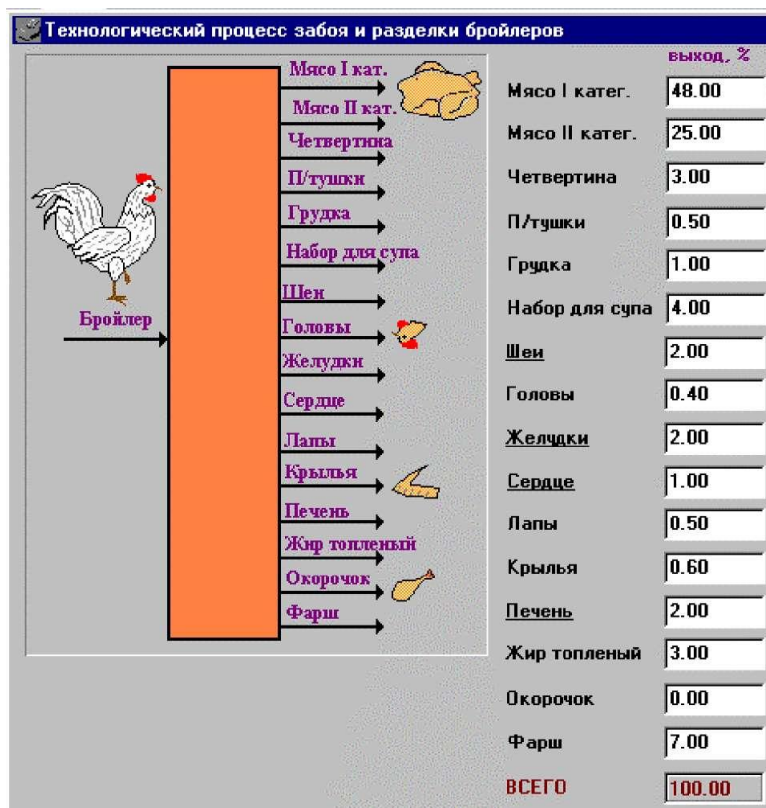


Рисунок 10. Экранная форма модуля технологических процессов для предприятия птицеводческого комплекса

Модуль текущего состояния системы и заданий на производство служит для ввода полученных в результате мониторинга текущих параметров системы и сделанных на основании этого задания на планируемый период. Например, для предприятий растениеводческого комплекса одним из основных плановых заданий является компьютерный вариант графика машиноиспользования, фрагмент которого показан на рисунке 11.

На рисунке 12 приведена экранная форма задания на изменение поголовья бройлерной птицефабрики. Основными планируемыми показателями здесь являются уровень падежа и количество голов, подлежащее забою по окончании срока содержания.

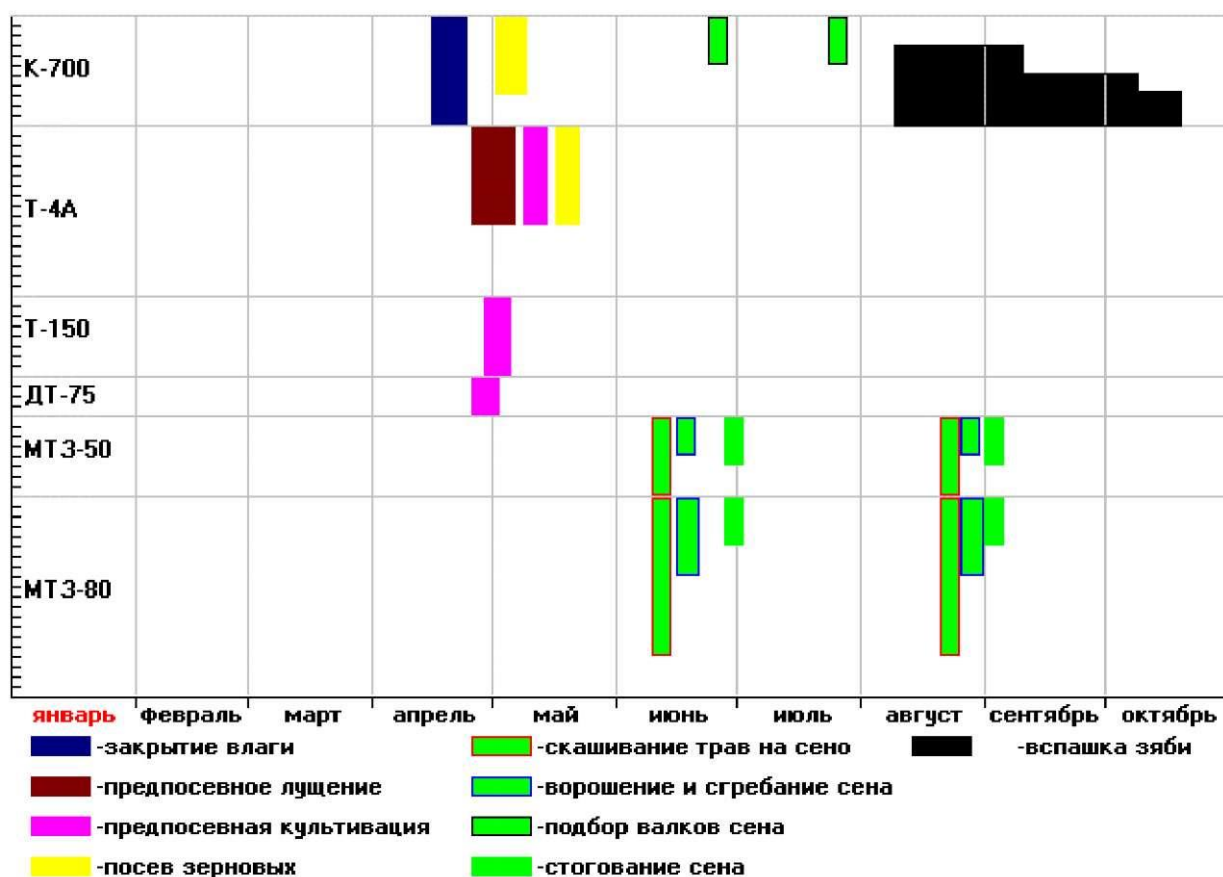


Рисунок 11. Компьютерный вариант графика машиноиспользования.

ПОСАЖЕНЫ В ПРОШЛЫЕ МЕСЯЦЫ								ПОСАЖЕНЫ В ПЛАН. МЕСЯЦЕ				
№№	возр. на нач.	дней загр.	погол. на начало	ПАДЕЖ	ЗАБОЙ	погол. на кон.		возр. на нач.	дней загр.	погол. на начало	ПАДЕЖ	погол. на кон.
1	7	30	17154	628	628	0	16526	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	29	15120	535	14585
3	0	0	0	0	0	0	0	1	22	15120	406	14714
4	0	0	0	0	0	0	0	1	15	15120	277	14843
5	42	1	14371	18	18	14353	0	1	8	15120	148	14972
9	35	7	14495	124	124	14371	0	1	1	15120	18	15102
10	28	15	14622	267	267	14355	0	0	0	0	0	0
11	21	22	14751	396	396	14355	0	0	0	0	0	0
12	14	29	14880	526	526	14354	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ВСЕГО			62640	1959	71788	16526				75600	1384	74216

сентябрь

Рисунок 12. Экранная форма задания на изменение поголовья бройлерной птицефабрики

Назначение модуля определения затрат и движения денежных средств понятно из его названия. В зависимости от отраслевой направленности программы поддержки принятия управленческих решений, в данном модуле в соответствии с принятой на предприятии учетной политикой производится распределение затрат по видам продукции и промежуточным продуктам технологических процессов. Так, на рисунке 13 показана одна из экранных форм данного модуля по планированию и мониторингу затрат производственного подразделения.

ЗАТРАТЫ ПО РОДИТЕЛЬСКОМУ СТАДУ.		
	норматив	план (факт)
Реммолодняк		0
Корма	1773845	1773845
Заработная плата		117738
Начисл. на зар.плату	30612	30612
Электроэнергия		117377
Вода		1556
Тепло		75514
Ветпрепараты		106631
Ремонт		20000
Материалы		0
МБП		0
Прочие		0
Амортизация		6603
Вспомогательные цеха		0
Накладные		0
ВСЕГО ЗАТРАТЫ		2249876
ВСЕГО движение средств		2243273

Рисунок 13. Одна из экранных форм данного модуля по планированию и мониторингу затрат производственного подразделения

Правильное распределение затрат по видам продукции позволяет на этапе планирования определять наиболее рентабельные виды продукции. На рисунке 14 показан пример итогового графика определения затрат для различных видов продукции, выпускаемых комбинатом по переработке зернопродуктов.



Рисунок 14. Пример итогового графика определения затрат для различных видов продукции, выпускаемых комбинатом по переработке зернопродуктов

План движения денежных средств, чаще всего, не совпадает с планом затрат, что вызвано рядом причин, прежде всего, - использованием запасов. Этот план формируется автоматически, причем составляются годовые, месячные и оперативные планы движения денежных средств. Пример графика годового плана движения денежных средств приведен на рисунке 15.

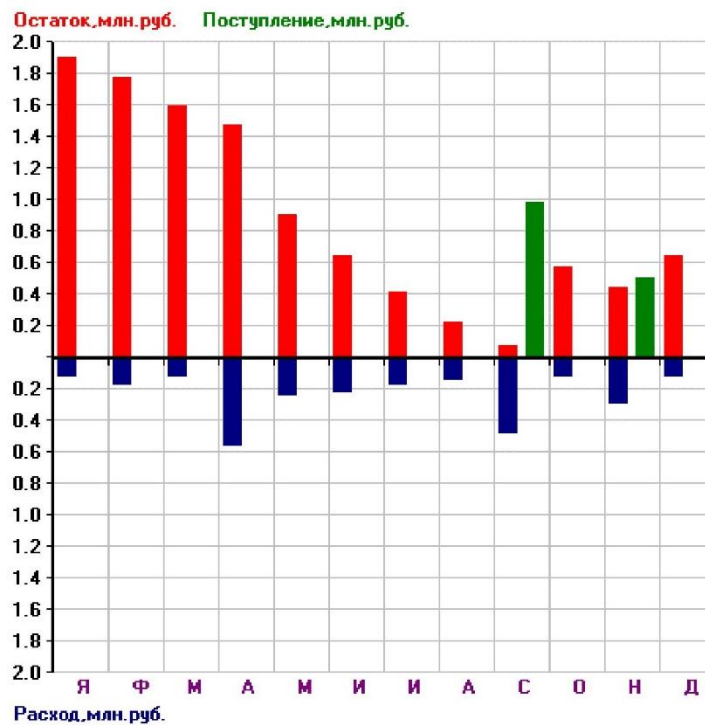


Рисунок 15. График годового плана движения денежных средств

Модуль итогов деятельности экономической системы за период включает в себя отчетные экранные формы по итоговым показателям планирования и выполнения плана. Основная итоговая форма изображена на рисунке 16.

Итоги периода

июнь 2003

план

Затраты.	<input type="text"/>
Доходы	<input type="text"/>
Прибыль	<input type="text"/>
Налоги, не вкл. в себестоимость	<input type="text"/>
Чистая прибыль	<input type="text"/>
Рентабельность, %	<input type="text"/>

Печать OK

Рисунок 16. Основная итоговая форма

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Задачи управления запасами составляют один из наиболее многочисленных классов экономических задач исследования операций. Правильное и своевременное определение оптимальной стратегии управления запасами, а также нормативного уровня запасов позволяет высвободить значительные оборотные средства, замороженные в виде запасов, что, в конечном счете, повышает эффективность используемых ресурсов.

На рисунке 17 приведены основные элементы системы управления запасами, где пунктирными линиями показано перемещение информационных потоков, а сплошными - передвижение ресурсов. При этом запасом может быть не только некоторый товар на складе (полуфабрикаты, готовые изделия, материалы), но и информационные, трудовые, финансовые водные и другие виды ресурсов. В качестве поставщиков могут выступать как контрагенты организации, так и различные объекты, находящиеся внутри самой системы (например, готовая продукция поступает на склад из производственного цеха, а затем отгружается покупателям).



Рисунок 17. Движение товарного запаса на складе

Необходимость иметь запасы обуславливается наличием хотя бы одного из следующих факторов:

- 1) колебание спроса на товары;
- 2) колебание сроков поставки товаров предприятия;
- 3) определенные условия, требующие закупки продукции партиями.

Существует обширная классификация систем управления запасами. Рассмотрим характеристики ее элементов.

Спрос. Спрос на запасаемый продукт может быть детерминированным (в простейшем случае - постоянным во времени) или случайным. Случайность спроса описывается либо случайным моментом спроса, либо случайным объемом спроса в детерминированные или случайные моменты времени.

Пополнение склада. Пополнение склада может осуществляться либо периодически через определенные интервалы времени, либо по мере исчерпания запасов, т. е. снижения их до некоторого уровня. Причем доставка может осуществляться как всего товара сразу, так и в течение определенного периода времени.

Объем заказа. При периодическом пополнении и случайном исчерпании запасов объем заказа может зависеть от того состояния, которое наблюдается в момент подачи заказа (например, может быть равен спросу). Заказ обычно подается на одну и ту же величину при достижении запасом заданного уровня - так называемой точки заказа. Объем заказа может быть случайной величиной (например, это может быть связано с ненадежными поставщиками либо доставкой сельскохозяйственной продукции, когда величина урожая неизвестна) или детерминированной.

Время доставки. В идеализированных моделях управления запасами предполагается, что заказанное пополнение доставляется на склад мгновенно. В других моделях рассматривается задержка поставок на фиксированный или случайный интервал времени.

Стоимость поставки. Как правило, предполагается, что стоимость каждой поставки складывается из двух компонент - разовых затрат, не зависящих от объема заказываемой партии, и затрат, зависящих (чаще всего - линейно) от объема партии.

Издержки хранения. В большинстве моделей управления запасами считают объем склада практически неограниченным, а в качестве контролирующей величины служит объем хранимых запасов. При этом полагают, что за хранение каждой единицы запаса в единицу времени взимается определенная плата.

Штраф за дефицит. Отсутствие запаса в нужный момент приводит к убыткам, связанным с простоем оборудования, неритмичностью производства и т. п. Эти убытки в дальнейшем будем называть штрафом за дефицит. При возникновении дефицита величина неудовлетворенного спроса может учитываться в последующие периоды (считается, что покупатели

ждут, пока поступит товар на склад), в противном случае предполагается, что клиенты приняли решение о покупке товара у других фирм.

Номенклатура запаса. В простейших случаях предполагается, что на складе хранится запас однотипных изделий или однородного продукта. В более сложных случаях рассматривается многономенклатурный запас.

Структура складской системы. Наиболее полно разработаны математические модели одиночного склада. Однако на практике встречаются и более сложные структуры: иерархические системы складов с различными периодами пополнения и временем доставки заказов, с возможностью обмена запасами между складами одного уровня иерархии и т. п. Системы управления запасами могут быть частью более обширной логистической системы (рисунок 18).

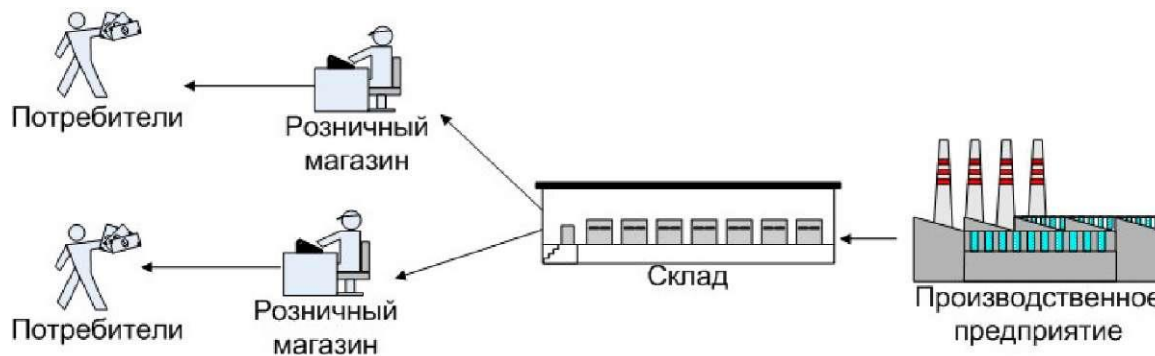


Рисунок 18. Пример логистической цепи

В качестве показателя эффективности принятой стратегии управления запасами выступает функция затрат (издержек), представляющая суммарные затраты на хранение и поставку запасаемого продукта (в том числе потери от порчи продукта при хранении и его морального старения, потери прибыли от омертвления капитала и т. п.) и затраты на штрафы. В этом случае управление запасами состоит в отыскании такой стратегии пополнения и расхода запасами, при котором функция затрат принимает минимальное значение. Однако, встречаются и другие показатели, такие как уровень обслуживания покупателей, показатель выполнения плана реализации, оценка работы поставщиков (своевременность доставки), сокращение излишних запасов, рентабельность активов и т.д.

В теории управления запасами приводится аналитическое решение некоторых задач. Необходимость использования метода имитационного моделирования обусловлена наличием стохастических факторов (случайный спрос, время доставки и т.д.) в системах управления запасами. Так, если ключевой особенностью системы является колебания входных значений, то

имитационное моделирование является лучшим инструментом ее исследования. Также он отмечал, что данный метод прекрасно подходит, если рассматривается система, в которой имеются сложные связи между элементами и действует набор специфических правил, например, существует особая схема распределения товара между покупателями согласно их приоритету.

Кроме того, этот метод подходит для выявления так называемых «узких мест» предприятия, которые ограничивают продвижение в системе материальных, информационных и финансовых потоков.

Среди программных систем, предназначенных для имитации управления запасами и цепей поставок можно назвать системы SIMLOX, SISCO, игры The Beer Game, Distribution Game (рисунок 19), Global Supply Chain Game и т.д. Решение задач управления запасами с помощью электронных таблиц приведено в работах.

По данным компании XJ Technologies (производитель среды имитационного моделирования Anylogic) наибольшим спросом сегодня пользуются именно имитационные модели, реализованные для области логистики.

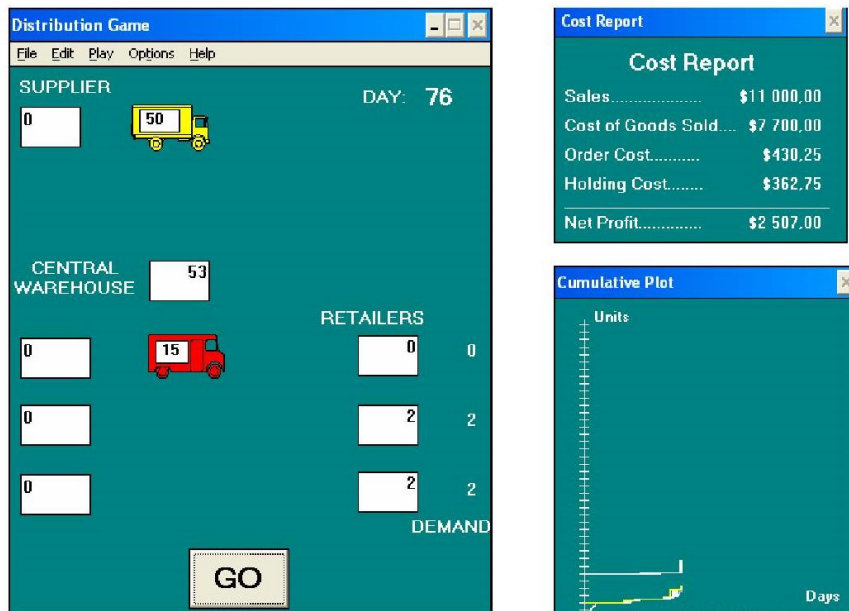


Рисунок 19. Игра Distribution Game

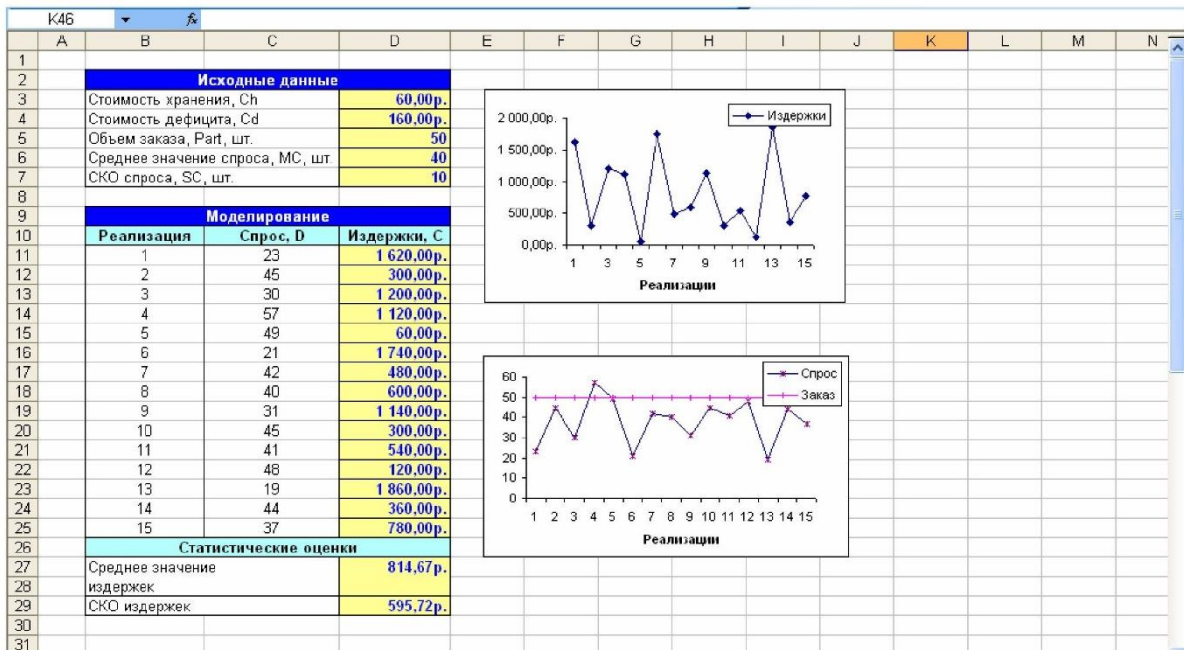


Рисунок 20. Моделирование однопериодной системы управления запасами со случайным спросом

Издержки рассчитываются согласно описанным выше формулам $D11=ЕСЛИ(C11<D5;D3*(D5-C11);D4*(C11 -D5))$.

На рисунке 21 приведены результаты экспериментов, полученные с помощью «Таблицы подстановки», при изменении величины заказанного объема партии (примем значения 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 шт.). Из рисунка можно увидеть, что минимальное значение затрат достигается в точке, когда объем партии равен 50 шт.

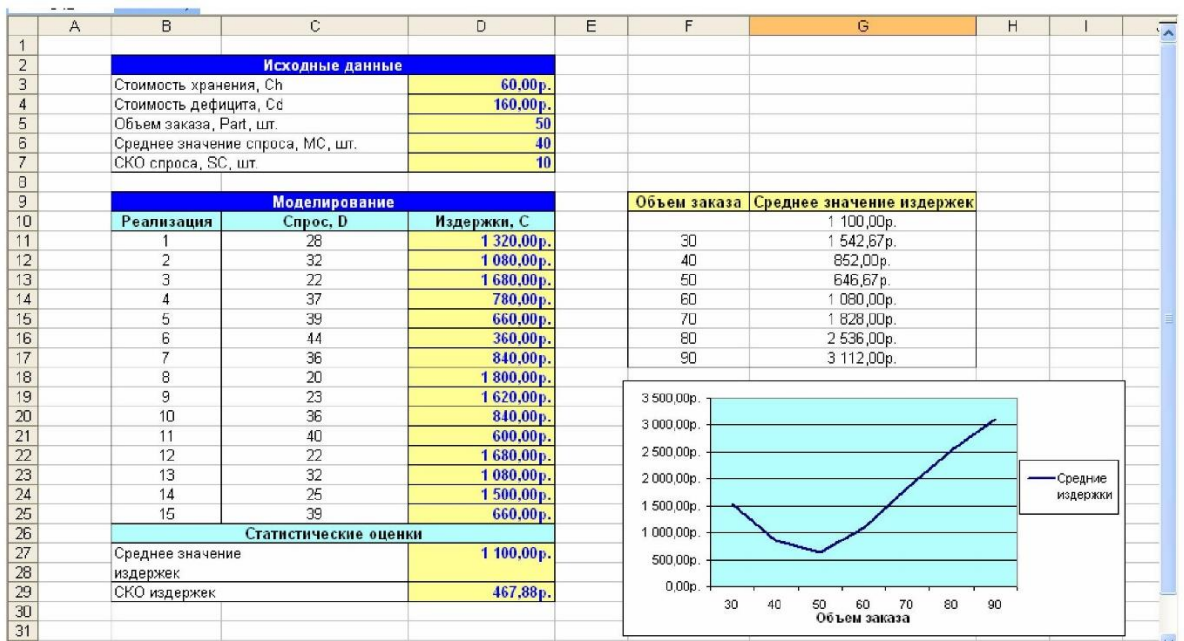


Рисунок 21. Исследование влияния объема заказанной партии на средние издержки

Задачи

- Реализуйте однопериодную модель и проанализируйте полученные результаты. Какая ситуация возникает чаще: нехватка товара или его избыток? Изменяя значение заказанного объема партии, найдите такую его величину, при которой издержки будут наименьшими.
- Рассчитайте вероятность дефицита товара (отношение реализаций, в которых наблюдалась нехватка запаса, к общему количеству случайных реализаций).
- Выполните моделирование, считая, что случайная величина спроса имеет дискретный закон распределения:

Значение	0	1	2	3
Вероятность	0,1	0,2	0,4	0,3

Получите аналитическое решение данной задачи. (Формула расчета общих издержек - $C = Ch * \sum_{D=0}^{Part} (Part - D) * p(D) + Cd \sum_{D=Part+1}^{\infty} (D - Part) * p(D)$, где $p(D)$ - вероятность того, что спрос примет значение D).

- Исследуйте влияние заказанного объема партии товара на издержки, приняв следующие значения параметра $Part$: 30; 35; 40; 55; 60 шт.

2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Рассмотрим производственную модель управления запасами. Предприятие занимается производством какой-либо продукции. Ее начальный уровень на складе равен N . Объем производства в отдельном периоде (например, месяце) составляет $Part$ шт. Спрос же в этом периоде является случайной величиной с нормальным законом распределения (среднее значение равно MC , среднее квадратическое отклонение - SC). В том случае, если к концу периода на складе остаток, то общие затраты равны издержкам хранения, иначе - издержкам дефицита. Остаток продукции на складе может быть реализован в следующем периоде. В случае дефицита считается, что покупатели обращаются к услугам других предприятий (величина неудовлетворенного спроса не учитывается в последующие периоды).

Пусть исходные данные равны: $Ch = 60$ руб.; $Cd = 160$ руб.; $Part = 40$ шт.; $N = 5$ шт.; $MC = 40$ шт.; $SC = 5$ шт. Моделирование представлено на рисунке 22. Расчет спроса производится также как и в предыдущей модели.

Остаток на складе составляет величину, равную разности наличного запаса (в первом периоде эта величина равна сумме начального запаса и объема производства, а в последующих периодах - сумме остатка и объема производства) и спроса.

$D12 = \text{ЕСЛИ}(C12 < (\$E\$6 + \$E\$5); \$E\$6 + \$E\$5 - C12; 0)$

$D13 = \text{ЕСЛИ}(C13 < (\$E\$6 + D12); \$E\$6 + D12 - C13; 0)$.

Издержки рассчитываются в зависимости от наличия остатка либо неудовлетворенного спроса

$E12 = \text{ЕСЛИ}(C12 < (\$E\$6 + \$E\$5); \$E\$3 * (\$E\$6 + \$E\$5 - C12); \$E\$4 * (C12 - \$E\$6 - \$E\$5))$

$E13 = \text{ЕСЛИ}(C13 < (\$E\$6 + D12); \$E\$3 * (\$E\$6 + D12 - C13); \$E\$4 * (C13 - \$E\$6 - D12))$.

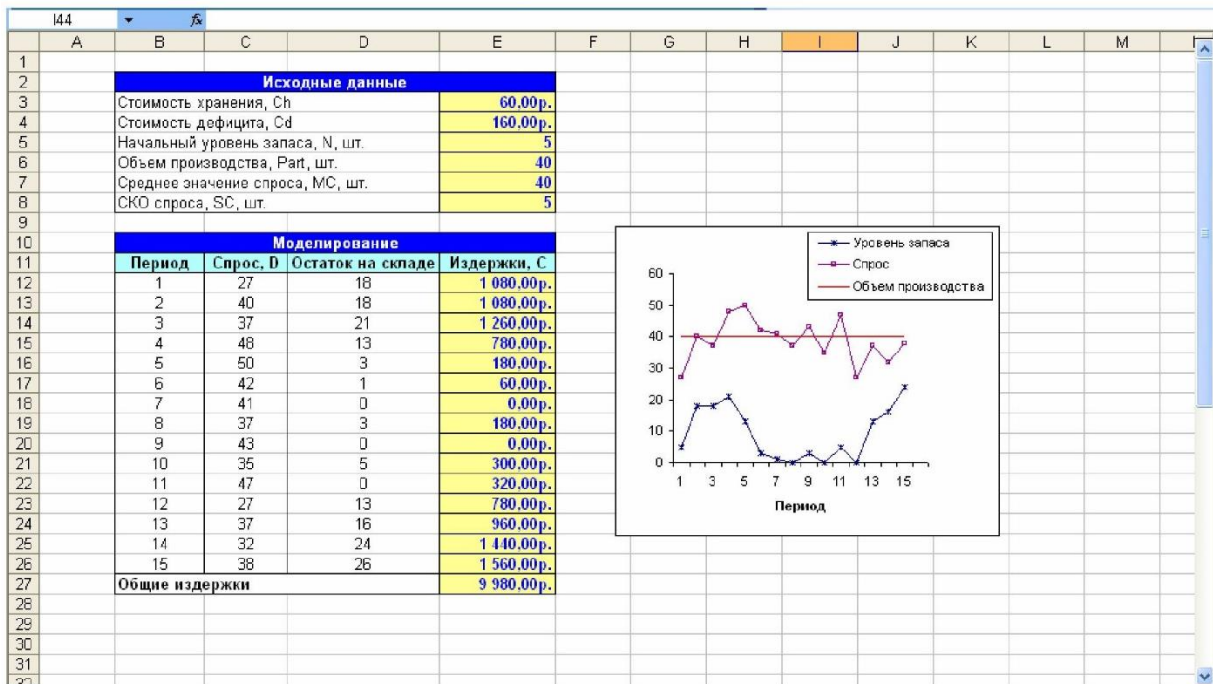


Рисунок 22. Моделирование производственной системы управления запасами

Задачи

- Измените программу, считая, что величина неудовлетворенного спроса учитывается в последующие периоды (покупатели ждут производства необходимой продукции).

В данном случае изменится только способ расчета остатка на складе ($D13=\$E\$6+D12-C13$) (рисунок 23).

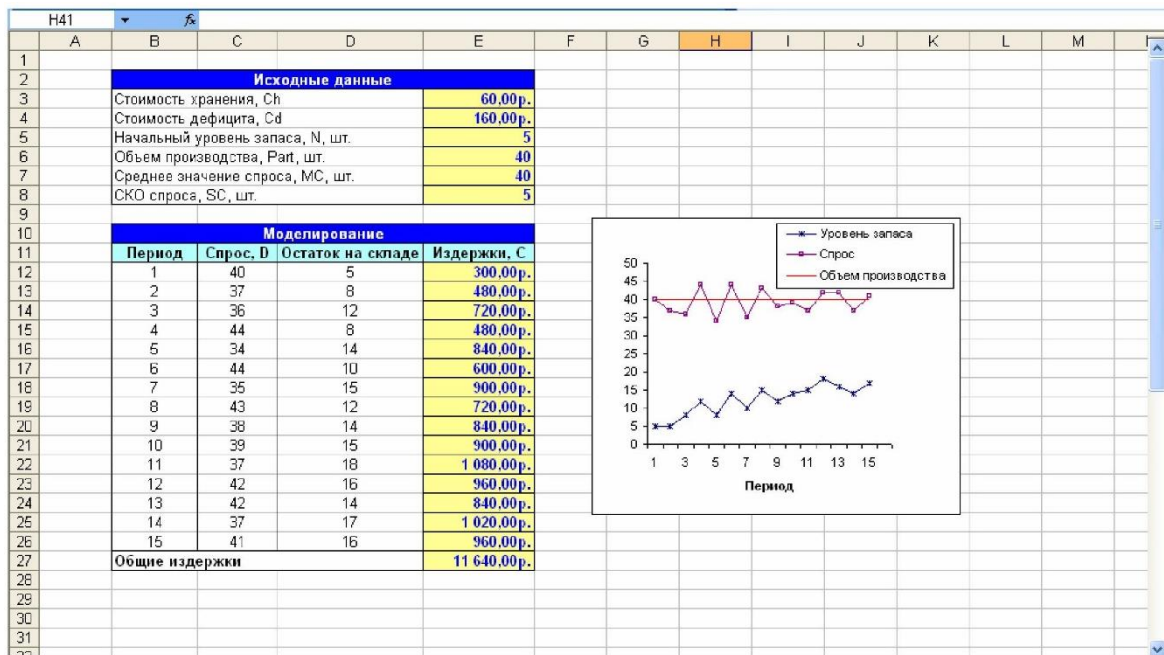


Рисунок 23. Производственная модель с учетом неудовлетворенного спроса

- Рассмотрите случай, когда производство осуществляется периодически (в первые 3 месяца предприятие производит и реализует товар, а в последующие 3 месяца - только реализует) (исходные данные те же за исключением: $Part = 45$ шт.; $N = 10$ шт.).
- Рассмотрите случай, когда производство осуществляется периодически и чередуется с реализацией (в первые 3 месяцев предприятие производит продукцию, а в последующие 3 месяцев - реализует).
- Проанализируйте результаты, полученные при выполнении задач 2 и 3. В какие периоды наблюдаются большие издержки и с чем это связано? Изменяя исходные данные, определите, при каком объеме производства общие затраты будут минимальны? Если объем производства изменить нельзя (он является максимальным возможным для данного предприятия), то при каком значении начального уровня запаса издержки будут минимальны?
- Пусть система является замкнутой по спросу. Это означает, что, начиная со второго периода, объем производства будет равен спросу за предыдущий период. Выполните моделирование, учитывая данное условие.
- Выполните 10 экспериментов и рассчитайте величины:
 - ✓ среднее значение издержек;
 - ✓ среднюю величину запаса на складе на конец периода моделирования;
 - ✓ число экспериментов, в которых дефицит превысил 70 шт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акопов А.С. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / М. : Издательство Юрайт, 2014. — 389 с. — Серия: Бакалавр. Академический курс
2. Р. Акофф. Планирование будущего корпорации / Под редакцией В.И. Данилова-Данильяна. Москва, «Прогресс», 1985. - 326с.
3. Бир С. Мозг фирмы. - Москва: Радио и связь, 1993. - 416 с.
4. Вьюненко Л. Ф. Имитационное моделирование: учебник и практикум для академического бакалавриата / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская; под ред. Л. Ф. Вьюненко. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 283 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01098-5.
5. Ефимов В.М. Имитационная игра для системного анализа управления экономикой. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат., 1988. - 256 с.
6. Иозайтис В. С., Львов Ю.А. Экономико-математическое моделирование производственных систем. М., Высшая школа, 1991. - 192 с.
7. Имитационное моделирование экономических процессов: Учеб. пособие/ А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 368 с.
8. Имитационные системы принятия экономических решений/ К.А. Багриновский, Т. И. Конник, М.Р. Левинсон и др.- М.: Наука, 1989. - 165 с.
9. Информационные технологии управления: Учеб. пособие для вузов/Под ред. проф. Г.А. Титоренко. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 439 с.
10. Марголис Н.Ю. Имитационное моделирование: учеб. пособие. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. – 130 с.
11. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. - М., «Мир», 1975,- 500 с.

12. Комаров В.Ф. Управленческие имитационные игры. - Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние, 1989. - 272 с.
13. Лопатников Л.И. Краткий экономико-математический словарь. М.: «Наука», - 1979, 360 с.
14. Экономико-математические методы и прикладные модели: Учеб. пособие для вузов/ В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, Д.М. Дайитбегов и др.; Под ред. В.В. Федосеева. - М. - ЮНИТИ, 2000. - 391 с.

Фархутдинов Ильнур Илдусович

Исавнин Алексей Геннадьевич

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ
ПРЕДПРИЯТИЕМ**

Электронный образовательный ресурс

Подписано в печать 11.02.2019.

Формат 60x84/16. Печать ризографическая.

Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman».

Усл. п. л. 3,6. Уч.-изд. л. 3,0.

Тираж 100 экз. Заказ № 1119

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре
Набережночелнинского института
Казанского (Приволжского) федерального университета

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19
тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru