

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине (модулю)

***Б1.В.ОД.1 Математические и инструментальные методы
экономики***

Код и направление
подготовки

38.06.01 Экономика

Наименование профиля / программы
подготовки научно-педагогических
кадров в аспирантуре/магистерской
программы / специализация

***Математические и
инструментальные
методы экономики***

Квалификация
(степень) выпускника

***Исследователь.
Преподаватель
исследователь.***

Факультет

***Прикладная
информатика***

Кафедра – разработчик

***Системного анализа и
обработки информации***

Ведущий преподаватель

Павлов Д.А

Краснодар 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

Тема 1. Математический аппарат анализа экономических систем.....	3
Тема 2. Макромодели экономической динамики	9
Тема 3. Модели и математические методы анализа микроэкономических	27
Тема 4. Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики	40
Тема 5. Математические методы и модели анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов.....	62
Тема 6. Системы поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях	75
Тема 7. Методы и средства аккумуляции знаний о развитии экономической системы и использование искусственного интеллекта при выработке управленческих решений.....	93
Тема 8. Моделирование конфликтов в финансово-экономической сфере ...	103
Тема 9. Методы математического моделирования рискованных ситуаций	110
Тема 10. Инфокоммуникационные технологии управления инвестициями	123
Тема 11. Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности.....	148
Тема 12. Гипертекстовые технологии и разработка модельных тренажеров в сфере педагогической деятельности по обучению экономическим специальностям и подготовке управленческих кадров.....	164

Тема 1. Математический аппарат анализа экономических систем

Экономико-математическое моделирование: математическая статистика, математическое программирование, математическая экономика, экономическая кибернетика, исследование операций, системный анализ, теория игр, теория графов, теория экстремальных задач, эконометрика, теория массового обслуживания, сетевое планирование и управление, матричное моделирование и др.

Модели макро- и микроэкономические, теоретические и прикладные, оптимизационные и равновесные, статические и динамические, детерминированные и стохастические.

Экономико-математическое моделирование как раздел экономической науки занимается проблемами построения и исследования экономико-математических моделей различных видов, а также проблемами их практического применения. В более узком смысле экономико-математическое моделирование - это теоретическая наука, непосредственным предметом исследования которой являются экономико-математические модели, а косвенным - экономические явления, процессы и объекты.

Экономико-математическое моделирование является важным инструментом планового управления. Различаются группы моделей: графические, корреляционные (регрессионные), балансовые, модели оптимизации экономики.

Экономико-математическое моделирование базируется на построении различных моделей.

Экономико-математическое моделирование, являясь одним из системных методов исследования, позволяет определить причины изменений объекта, закономерности процесса изменения, его последствия, возможности и издержки влияния на ход изменений.

Экономико-математическое моделирование - эффективный исследовательский метод, позволяющий выделить группу наиболее важных явлений производственного процесса, абстрагироваться от несущественных явлений, изменить пространственно-временные и другие масштабы реального процесса, а также условия его протекания в удобном для исследования направлении.

Экономико-математическое моделирование позволяет дать количественную оценку взаимосвязям между финансовыми показателями и факторами, влияющими на их численное значение. В модель включают только основные (определяющие) факторы. Модель может базироваться на функциональной или корреляционной связи.

Методы экономико-математического моделирования предусматривают создание моделей, выражающих функциональные или корреляционные зависимости между конъюнктурными показателями данного рынка.

Методы экономико-математического моделирования позволяют установить количественно определенную взаимосвязь между планируемым показателем и факторами, его определяющими.

При экономико-математическом моделировании понятие системы дается в более формализованном виде, очищенном от содержательных характеристик элементов, отношений порядка и связей между ними. Рассмотрим логическую последовательность определений, из которых вытекает понятие системы.

При экономико-математическом моделировании часто возникает ситуация, когда изучаемая экономическая система имеет слишком сложную структуру, не разработаны математические методы, схемы, которые бы охватывали все основные особенности и связи этой системы. Такой экономической системой, например, является экономика предприятия в целом, в ее динамике, развитии.

С помощью экономико-математического моделирования проводится анализ динамического ряда чисел действующих договоров страхования в предплановом периоде с целью выявления тенденции развития и дальнейшей ее экстраполяции. Полученные данные корректируются с учетом возможных изменений в будущем.

Дальнейшее развитие экономико-математического моделирования объектов и процессов управления производственными системами должно идти как в направлении создания новых методов моделирования, так, в еще большей степени, в направлении широкого внедрения методов моделирования в практику автоматизированных систем управления производством.

Очевидно, что экономико-математическому моделированию с целью формализации и вывода расчетов на ЭВМ должны в первую очередь подвергаться те задачи, которые предусматриваются как автоматизируемые.

Для долгосрочного планирования и прогнозирования широко применяется экономико-математическое моделирование.

Экономико-математическое моделирование представляет собой процесс выражения экономических явлений математическими моделями. Экономическая модель — это схематичное представление экономического явления или процесса с использованием научной абстракции, отражение их характерных черт. Математические модели — основное средство решения задач оптимизации любой деятельности. По своей сути эти модели — средство плановых расчетов. Ценность их для экономического анализа и оптимизации решений состоит в том, что они позволяют оценить напряженность плановых заданий, определить лимитирующую группу оборудования, видов ресурсов, получать оценки их дефицитности и т.п. Математическое моделирование экономических явлений и процессов дает возможность получить четкое представление об исследуемом объекте,

охарактеризовать и количественно описать его внутреннюю структуру и внешние связи. Модель — условный образ объекта управления.

Экономико-математическая модель должна быть адекватной действительности, отражать существенные стороны и связи изучаемого объекта. Отметим принципиальные черты, характерные для построения экономико-математической модели любого вида. Процесс моделирования можно условно подразделить **на три этапа**: 1) анализ теоретических закономерностей, свойственных изучаемому явлению или процессу и эмпирических данных о его структуре и особенностях; на основе такого анализа формируются модели; 2) определение методов, с помощью которых можно решить задачу; 3) анализ полученных результатов.

Важнейшим моментом **первого этапа** моделирования является четкая формулировка конечной цели построения модели, а также определение критерия, по которому будут сравниваться различные варианты решения. Такими критериями в системе менеджмента могут быть: а) максимизация полезного эффекта товара при ограничении совокупности затрат; б) максимизация прибыли фирмы при условии, что качество товара не снизится; в) снижение себестоимости товара при условии, что его качество не снизится, затраты у потребителя не увеличатся; г) рост производительности труда, улучшение использования оборудования или материалов, повышение оборачиваемости оборотных средств при условии, что качество товара не снизится и другие критерии не ухудшатся. Таким образом, в качестве критерия оптимизации может быть целое или любой компонент прибыли, эффективности товара, объема рынка при условии, что другие компоненты при этом не ухудшатся.

Например, уравнение целевой функции (L) и система ограничений по оптимизации прибыли фирмы (правда, у авторов нет ограничений по качеству товара) будет иметь следующий вид /1/:

$$L = \sum_{j=1}^n \Pi_j \cdot X_j \Rightarrow \max \quad (3.6)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \omega_i, \quad i=1,2,\dots,m, \quad x_j > 0, \quad j=1,2,\dots,n \quad (3.7)$$

где x_j — количество производимой продукции j -го вида в натуральных измерениях;

Π_j — прибыль, получаемая от производства единицы продукции j -го вида;

a_{ij} — норма расхода i -го производственного ресурса на производство единицы j -го вида продукции;

ω_i — запасы i -го вида производственного ресурса на рассматриваемый период времени.

Не для всякой экономической задачи нужна собственная модель. Некоторые процессы с математической точки зрения однотипны и могут описываться одинаковыми моделями. Например, в линейном

программировании, теории массового обслуживания и других существуют типовые модели, к которым приводится множество конкретных задач.

Вторым этапом моделирования экономических процессов является выбор наиболее рационального математического метода для решения задачи. Например, для решения задач линейного программирования известно много методов: симплексный, потенциалов и др. Лучшей моделью является не самая сложная и самая похожая на реальное явление, а та, которая позволяет получить самое рациональное решение и наиболее точные экономические оценки. Излишняя детализация затрудняет построение модели, а излишнее укрупнение модели приводит к потере существенной экономической информации, к неадекватному отражению реальности.

Третьим этапом моделирования является всесторонний анализ результата, полученного при изучении экономического явления. Окончательным критерием достоверности и качества модели являются практика, соответствие полученных результатов и выводов реальным условиям, экономическая содержательность полученных оценок. Если результаты не соответствуют реальным условиям, то необходим анализ причин несоответствия, в качестве которых могут быть недостоверность информации, несоответствие модели экономическим условиям и др. По результатам анализа причин несоответствия экономико-математическая модель корректируется и решение задачи повторяется /1/.

К основным видам математических моделей, используемых в экономическом анализе, относятся аддитивные, мультипликативные, кратные и смешанные (комбинированные).

Методы детерминированного факторного анализа.

Факторный анализ – методика изучения и измерения воздействия факторов на величину результативного показателя. Детерминированный факторный анализ – методика исследования факторов, связь которых с результативным показателем носит функциональный характер. К методам детерминированного факторного анализа относятся: индексный, метод цепных подстановок, метод абсолютных разниц, интегральный

Индексный метод определения влияния факторов на результативный показатель. Сущность индексного метода факторного анализа состоит в следующем: 1. Определяются индекс результативного показателя и индексы факторов. 2. Устанавливается схема взаимосвязи индекса результативного показателя с индексами факторов. 3. Составляется алгоритм расчетов влияния факторов на изменение результативного показателя. Применение этого метода рассмотрим на конкретном примере.

При расчетах абсолютного влияния применяются общие правила.

Правило 1. При определении влияния количественного фактора его приращение умножается на величину базового качественного фактора.

Правило 2. При определении влияния качественного фактора его приращение умножается на отчетное значение количественного фактора.

Интегральный метод. Интегральный метод факторного анализа применяется в тех случаях, когда результивный показатель может быть представлен как функция от нескольких аргументов. Изменения функции в зависимости от изменения аргументов описываются соответствующими интегральными выражениями. Интегральный метод факторного анализа дает общий подход к решению задач разного типа независимо от количества факторов, входящих в модель, схемы взаимосвязи между ними и порядка расположения факторов в модели. Этот метод позволяет осуществить расчеты влияния факторов на результивный показатель в мультипликативных, кратных и смешанных моделях.

В теории экономического анализа для практического применения разработаны конечные рабочие формулы интегрального метода, что делает этот метод доступным для каждого аналитика. Приведем некоторые из них:

Модель – условный образ объекта управления (исследования). Математическое моделирование экономических систем и процессов является важным инструментом экономического анализа, т. к. позволяет получить четкое представление об исследуемом объекте, охарактеризовать и количественно описать его внутреннюю структуру и внешние связи.

Этапы моделирования:

1. Анализ теоретических закономерностей, свойственных изучаемому явлению или процессу, и эмпирических данных о его структуре и особенностях (на основе такого анализа формируются модели).

2. Определение методов, с помощью которых можно решить задачу.

3. Анализ полученных результатов.

При формировании моделей экономических систем используется аппарат математического моделирования, экономико-математические теории и методы. В некоторых случаях задачи анализа не требуют построения собственной модели, используются уже построенные модели для однотипных с математической точки зрения процессов.

Математические методы и модели, используемые в экономическом анализе, классифицируются по группам:

1. Методы корреляционно-регрессионного анализа используются в экономическом анализе для выявления формы и плотности связи между различными параметрами исследуемого объекта, характер функциональной зависимости между которыми не установлен. Чаще всего эта связь стохастична. Корреляция выражает вероятностную зависимость между переменными параметрами алгоритма связи. Корреляционная зависимость может быть выявлена как между двумя количественными признаками (парная корреляция), так и между многими (множественная корреляция).

2. Методы математического программирования предназначены для оптимизации хозяйственной деятельности и позволяют оценивать степень достижения потенциала, определить лимитирующие ресурсы, «узкие места», степень конкурентности и дефицитности.

Методы математического программирования включают методы линейного и динамического программирования.

Методы линейного программирования (транспортная задача, задача оптимального раскроя, задача оптимальной смеси и пр.) используются для решения многих оптимизационных аналитических задач, где функциональные зависимости исследуемых явлений и процессов детерминированы. Задача линейного программирования при проведении экономического анализа состоит в поиске экстремальных значений исследуемых параметров объекта, доставляющих максимум (минимум) критерию при ресурсных ограничениях.

3. Методы динамического программирования используются при решении оптимизационных задач, в которых целевая функция или ограничения характеризуются нелинейными зависимостями. Эти методы используются при исследовании стохастических факторных систем.

Матричные методы и модели экономического анализа основаны на линейной и векторно-матричной алгебре, используются при моделировании сложных и высокоразмерных экономических структур.

Наиболее распространены в экономическом анализе: модель межотраслевого баланса (важный метод экономического анализа сложных пропорциональных зависимостей), матрица многокритериальной оптимизации (используется как метод сравнительной, рейтинговой оценки вариантов возможных изменений параметров экономической системы при условии многокритериальной оптимизации), ключевая матрица (позволяет упростить решение задач методом производственных функций) и др.

В составе других экономико-математических методов и моделей можно выделить математическую теорию игр (используется при выборе наилучших управленческих решений, организации хозяйственных взаимоотношений с партнерами и в др. ситуациях), математическую теорию массового обслуживания (решение задач, связанных с организацией обслуживания и ремонта оборудования, проектированием поточных линий, планированием маршрутов городского транспорта и пр.), исследование операций (используется в экономическом анализе для получения сравнительной оценки альтернативных решений), теорию нечетких множеств и другие математические методы и модели.

Тема 2. Макромодели экономической динамики

Показатели экономической динамики. Понятие динамического равновесия. Модели макроэкономической динамики: модель Харрода-Домара, модель Солоу, линейные модели с дискретным временем (модель Леонтьева, модель Неймана) и с непрерывным временем.

В исследовании экономических явлений и процессов значительное внимание уделяется исследованию экономической динамики. Любые процессы в экономике взаимосвязаны и взаимозависимы, так как представляют собой изменения как качественного, так и количественного характера. Экономическое развитие имеет эволюционный характер, в связи с этим процесс развития является необратимым. Но любому процессу свойственны волнообразные движения, то есть циклические. Наибольшее снижение влияния различных воздействий на экономические процессы является основным вопросом исследования экономической динамики для необратимости эволюционного характера экономики. Для рыночной экономики учёт циклических особенностей её динамики является основой стратегического развития. От правильного выбора стратегии развития и учёта возможных последствий стратегии зависит обеспечение экономической независимости стран и их процветание.

Поэтому главной целью исследования экономической цикличности снижение влияния воздействий на экономические процессы, как внешних, так и внутренних, для обеспечения более или менее устойчивого развития экономики в целом а также отдельных хозяйствующих субъектов, являющихся составляющими экономики.

Мировой опыт развития экономики показал, что идеальный рост основных макроэкономических показателей не устойчив, таким образом, экономический рост невозможно достичь автоматически. То есть, экономические явления имеют особенность к периодическим (регулярным) повторениям.

На протяжении истории изучения экономической цикличности учеными было предложено несколько толкований, определений этого понятия. Хотелось бы выделить основные трактовки, наиболее часто встречающиеся в источниках экономического направления:

1. Экономический цикл - периодически повторяющиеся на протяжении ряда лет подъемы и спады в экономике. **Экономический цикл** состоит из нескольких фаз: подъем, кризис депрессия, оживление. Различают длинные циклы, повторяющиеся через 20-25 лет и короткие циклы повторяющиеся через 5-10 лет.

2. Экономический цикл (*Economic cycle*) – это последовательность повторяющихся альтернативных фаз, каждая из которых создает условия для наступления последующей, что приводит к воспроизводству цикла.

Можно отметить, что прослеживается одна основная идея экономической цикличности во всех определениях: это волнообразность и периодичность экономического развития.

Любая макроэкономическая система в процессе своей эволюции подвержена под воздействием внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) сил трансформации. Функционирование и развитие макроэкономического пространства происходит непрерывный кругооборот взаимосвязанных условий, ресурсов, факторов и продуктов. В связи с этим в процессе изучения взаимосвязи и взаимозависимости макроэкономических показателей отмечается периодичность подъемов и спадов в экономике. Проходя через критические значения внешних или внутренних параметров, в системе возникают внезапные изменения структуры, к которым можно отнести частые в структурные изменения, дефолты, падения, катаклизмы, катастрофы, нерегулярные колебания, кризисы и так далее. Во всех случаях эти изменения необходимо предвидеть, а также рассчитать возможные последствия.

Считается, что цикличность трудно анализировать и прогнозировать за пределами ближайшего будущего. В макроэкономике в основном все результаты выражены усреднениями значений. Однако циклические показатели важны, так как, являясь составляющими экономического сигнала, преждевременно указывают на начало смены трендов экономической эволюции.

Вопросам цикличности в современной экономической литературе уделяется много внимания. В большей степени динамика развития экономических субъектов учеными связывается с их устойчивостью. Вопросы устойчивости сводятся к попытке определить механизм стабильного, равновесного развития экономики. Однако классики уже давно пришли к выводу, что равновесие в экономике недостижимо.

Любой процесс в экономике представляет собой совокупность непрерывных и многообразных качественных и количественных изменений, имеющих двойственную природу. Процесс экономического развития является необратимым, что подразумевает, что любая экономическая система при отсутствии резких посторонних воздействий движется в направлении непрерывного эволюционного развития. Но с другой стороны экономическому процессу свойственны повторяющиеся волнообразные (обратимые) движения. Процесс, начавшийся в одном направлении, достигает поворотной точки, меняет направление своего движения и так до возвращения к исходному состоянию. Такое движение называется циклическим, и весь предшествующий опыт развития экономики позволяет утверждать, что одной из базовых закономерностей, присущих экономическим системам, является циклический характер их развития.

Проблема экономического равновесия является центральной проблемой экономической науки. Равновесие или сбалансированности, пропорциональность сочетает такие условия деятельности, которые

позволяют обеспечить устойчивое развитие субъекта экономики. Идеальная модель равновесия побуждает ученых и практиков к изучению теоретических предпосылок равновесия в целях достижения такого идеала.

Теоретически показано, что в основе моделей равновесия лежит равенство различных факторов: спроса и предложения; факторов производства и его результатов; денежных и материальных потоков; инвестиций и сбережений; ожиданий будущего состояния экономики и другие. Равновесное состояние может рассматриваться как статическое, так и динамическое. Равновесие – это такое состояние экономики, в которое она постоянно возвращается в соответствии со своими собственными закономерностями. В условиях динамики возникает множественность равновесий. В моделях равновесия нет ответа на вопрос причин возникновения затяжных кризисов в экономике, сменяемые периодами экономического роста. Колебательные процессы в экономике, происходящие в действительности, доказывают несовершенство основных положений классических моделей равновесия.

Хозяйственным процессам в экономике свойственны колебательные процессы. Они непрерывно следуют друг за другом, имеют видимую регулярность и оказывают заметное влияние на социально-экономическое развитие любого государства. Колебательные процессы выражаются чередованием повышательных и понижательных движений, что определяет их циклическую природу. В современной экономической литературе под повышательными движениями понимается подъем деловой активности (оживление, рост), а под понижательными – спад (упадок, кризис) (Рис.1). Ученые, посвятившие свои исследования циклическим колебаниям, в качестве циклообразующих факторов выделили те же факторы, которые лежат и в основе моделей равновесия: факторы производства, спрос и предложение, деньги и кредит, инвестиции и сбережения, ожидания предпринимателей.

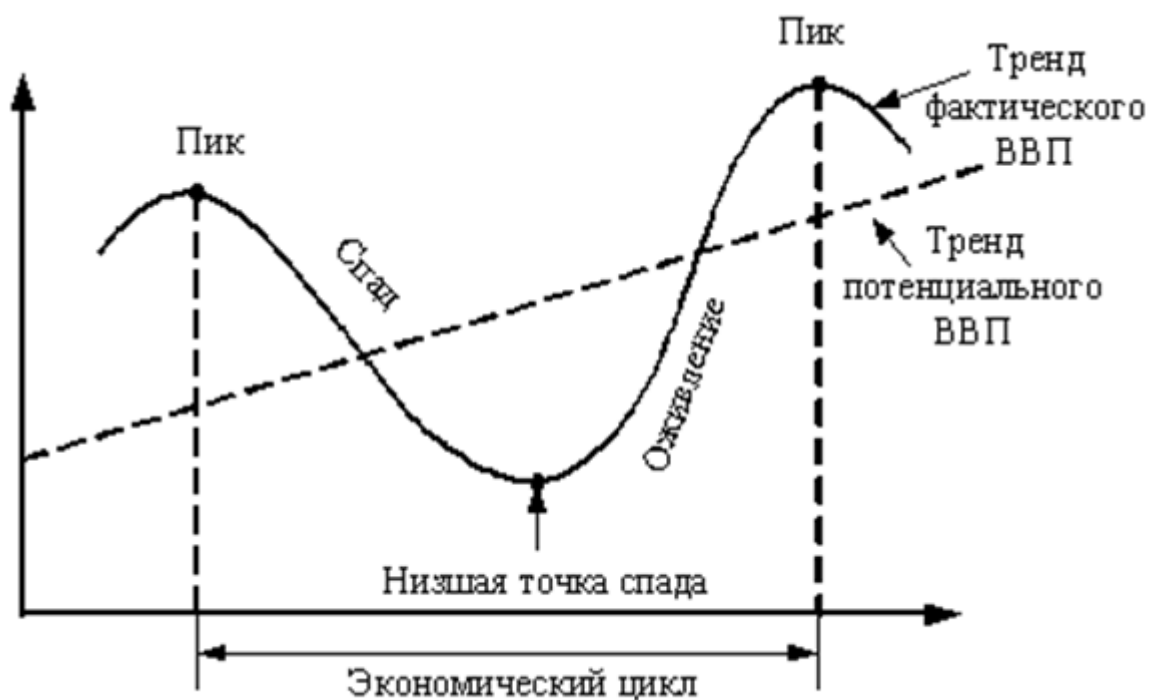


Рис.1. Фазы экономического цикла

За всю историю исследований циклических колебаний было предложено множество теорий объясняющих природу циклов. В основу цикла заложены три понятия: спад (кризис), равновесие и подъем (рост), значит все теории экономического цикла можно классифицировать по следующим признакам: теории экономических кризисов; теории равновесия; теории экономического роста. Такая классификация теорий позволяет интерпретировать суть циклических преобразований. Появляется возможность сосредоточить свое внимание не только на условиях равновесного развития экономики, но и на специфике отдельных стадий развития, причин, вызывающих возникновение той или иной стадии.

Динамику деловой активности обуславливает экономический рост, известный как возрастающий тренд (тенденция), а цикл деловой активности представляет собой колебания вокруг тренда. Т.е., цикл можно определить как чередование положений активного равновесия, определяемых подъемом или спадом деловой активности системы.

В разных экономических исследованиях приводятся различные названия циклов. Существуют понятия «экономического цикла», «делового цикла», «бизнес-цикла», «цикла экономического роста», «жизненного цикла предприятия», «цикла развития организации», что затрудняет рассмотрения цикла как объекта анализа на разных уровнях экономики.

Цикл определяется как совокупность стадий, последовательно сменяющих друг друга и процессы, происходящие на каждой стадии, последовательно связаны. С точки зрения анализа циклических колебаний в развитии хозяйствующих субъектов вызывают интерес сложные динамические системы. Динамические признаки

обуславливают открытость, неравновесность, неустойчивость, стохастичность и другие характеристики систем.

Анализ циклических колебаний имеет тесную связь со многими научными направлениями деятельности. Науки могут выступать лишь потенциальной основой анализа циклических колебаний, поскольку остаются пока неясности в концептуальных основах и, прежде всего, в понятийном аппарате рассмотренных наук.

В настоящее время исследование экономической динамики лежит в основе всех экономических процессов.

2. Методы исследования экономической динамики.

Циклы имеют разную продолжительность, трудно рассчитывать, что они будут в дальнейшем повторяться в точности так же, как это имеет место в случае сезонных колебаний. Циклическая компонента макроэкономической конъюнктуры не связана с правильно чередующимися периодами, не имеет предсказуемых сезонных особенностей.

При **субъективистском подходе** рассматривается хозяйствующий субъект, воздействующий на внешнюю среду. В этом случае экономическая теория изучает выбор, сделанный данным хозяйствующим субъектом. **Рационалистический подход** опирается на положение о рациональном поведении субъектов экономической деятельности, каждый из которых стремится получить пользу. В этом случае экономическая теория изучает не само поведение экономических субъектов, а законы, регулирующие это поведение. **Диалектико-материалистический подход** исходит из того, что все экономические процессы и явления находятся в движении. Поэтому в данном случае экономическая наука решает возникающие перед ней проблемы, опираясь на эмпирический позитивизм (опыт). При **неопозитивистско-эмпирическом подходе** тщательно изучаются экономические процессы и явления. В данном случае экономическая наука широко применяет технический инструментальный исследования. Между методологией науки и ее методами существует значительная разница. Слово «метод» в переводе с греческого означает путь к чему-либо. **Методы** - инструменты, приемы исследования, применяемые наукой. Говоря о методах науки, то под этим понимают, каким образом она изучает свой предмет. Экономическая теория использует широкий спектр методов научного познания.

Слово «метод» (от греческого *methodos* - «путь к какой-либо цели») означает способ, порядок, основания; принятый путь для хода, достижения чего-либо, в виде общих правил. Каждой науке свойственен свой метод, особенности которого неразрывно связаны с ее предметом. Метод призван обеспечить глубокое постижение предмета. Метод рождается и совершенствуется в ходе получения новых знаний.

Важнейшими из методов экономической теории являются: анализ, синтез, индукция, дедукция, аналогия.

Анализ - это такой метод познания, который предполагает разделение целого на отдельные составные части и изучение каждой из этих частей. В экономике анализ применяется с целью выявления сущности, закономерностей, тенденций экономических и социальных процессов, хозяйственной деятельности на всех уровнях (в стране, отрасли, регионе, на предприятии, в частном бизнесе, семье) и в разных сферах экономики (производственная, социальная). Анализ служит исходной отправной точкой прогнозирования, планирования, управления экономическими объектами и протекающими в них процессами. Экономический анализ призван обосновывать с научных позиций решения и действия в области экономики, социально-экономическую политику, способствовать выбору лучших вариантов действий.

Синтез - это метод познания, основанный на соединении отдельных частей явления, изученных в процессе анализа, в единое целое. Так, рыночный спрос и его динамика могут быть правильно поняты лишь при его рассмотрении как единства входящих в него и определяющих его компонентов - цен, доходов потребителей и др.

Анализ и синтез выступают как две взаимосвязанные стороны процесса познания. Оба метода - анализ и синтез – представляют собой диалектическую целостность, а потому в практике используются (или должны использоваться) совместно, обеспечивая, таким образом, более высокую достоверность результатов. Применение этих методов настолько распространено, что напрямую связывается вообще с умением человека осмысливать рационально окружающий мир и явления, которые в нем происходят. Прикладное назначение данных логических приемов именно в экономике состоит в выявлении сущностных сторон происходящих экономических процессов, исследовании важнейших тенденций развития хозяйственной деятельности на макро- и микроэкономическом уровнях, глобальные, общегосударственные и локально-региональные экономические проблемы.

Индукция - метод познания, базирующийся на умозаклключениях от частного к общему. Этот метод предполагает поиск общих закономерностей на основе отдельных фактов. При сборе реальных экономических показателей, при поиске взаимосвязи между ними возникает трудность, которая заключается в том, что собранные статистические данные сложно анализировать. Они формируются под влиянием большого количество факторов и определить, какое воздействие оказывает каждый из этих факторов, далеко не всегда оказывается возможным.

Дедукция - метод познания, предполагающий умозаклключения от общего к частному. Дедукция представляет собой способ исследования, при котором знания о процессах и явлениях формируются в ходе перехода от общих положений к частным и единичным суждениям. Дедукция характеризуется восхождением от абстрактного к конкретному.

Хотя методы индукции и дедукции считаются противоположными, в процессе анализа их сложно разделить, они взаимосвязаны и обеспечивают двойственность метода науки: сформулированные дедуктивным методом гипотезы являются ориентирами для экономистов при сборе и систематизации эмпирических данных, а в свою очередь, представление о реальном мире является предпосылкой для формулировки сложных теорий.

Метод логического и исторического подхода. Логический метод тесно связан с историческим, поскольку освобождает оценку исторического развития от случайностей, несвойственных этому процессу. Как правило, логический метод исследования применяют для рассмотрения более зрелых экономических отношений. При этом логический анализ не ограничивается сугубо абстрактным изложением. Полученные выводы сопоставляют с фактами, конкретной экономической действительностью.

Метод сравнений используют для определения сходства и различий между хозяйственными явлениями. Необходимость сравнения как общенаучного метода обуславливается тем, что в экономической жизни любое явление познается в сравнении. Для того чтобы познать неизвестное, оценить его, необходим критерий, которым, как правило, есть уже известное, ранее познан. Можно сравнивать признаки, свойства, статистические величины, экономические категории, действие экономических законов в разных условиях и т.п.

Гипотеза - это научно обоснованное предположение о возможных связи, отношения, причины явлений. Экономические исследования, как правило, осуществляются целенаправленно, исходя преимущественно из потребностей практики. Если сущность явления, которое изучается, неизвестна, но фактов для выяснения нет или недостаточно, исследователь вынужден ограничиться предположениями. Однако это не научная гипотеза, а всего лишь первая ступень на пути к ней. Для выдвижения гипотезы нужны достоверные факты. Важность гипотезы заключается в том, что она является средством разрешения противоречий между новыми фактами и теоретическими взглядами, которые уже устарели. Гипотеза имеет особое значение для развития экономической теории. Она осуществляет постановку проблем, которые способствуют более эффективному ведению научных поисков, позволяет проверить все возможные пути исследования и выбрать наиболее правильные и научно обоснованные.

Еще один метод исследования, широко используемый экономической наукой, - экономико-математическое моделирование. **Экономическая модель** - упрощенное описание реальности, позволяющее определить причины экономических явлений, закономерности их изменений и последствия таких изменений. При построении экономических моделей важную роль играет **функциональный анализ**. В окружающем мире повсюду наблюдаются явления, функционально зависимые между собой. Примером такой зависимости в экономике являются спрос на товар и цена этого товара: если повышается цена товара, то спрос на него падает, и

наоборот. При этом говорят, что цена товара является аргументом, а спрос - функцией. Большинство экономических моделей и принципов можно выразить графически. График является простейшим видом экономико-математического моделирования в двухмерном пространстве. **График** - изображение зависимости между двумя или более переменными, заданными числами. Графики наиболее наглядно определяют характер взаимоотношений переменных величин. В рамках экономико-математического моделирования широко применяются диаграммы. **Диаграмма** - рисунок, показывающий соотношение между показателями.

Множество наук используют в качестве основного метода познания эксперимент, который позволяет на практике оценить верность выдвинутой гипотезы. Экономической теории широкое использование этого метода недоступно. **Экономический эксперимент** - искусственное воспроизведение экономического явления в наиболее благоприятных условиях и дальнейшего практического применения. Экономические эксперименты опасны тем, что нельзя точно спрогнозировать все их вероятные результаты. Он требует тщательной подготовки, расчета, обоснования. Экономические реформы, осуществляемые на переходных этапах экономического развития, в период кризисов и стабилизации экономики, можно рассматривать как своеобразный эксперимент. Таким образом, экономический эксперимент – научно поставленный опыт в экономической области с целью проверки эффективности намеченных хозяйственных мероприятий.

Применение статистических методов. Статистические данные являются основным средством изучения массовых, качественно однородных, повторяющихся явлений и играют важную роль в прогнозировании поведения экономических показателей. Абсолютные величины, выражающие размеры (уровни, объемы) экономических явлений и процессов, получают в результате статистического наблюдения и сводки исходной информации. Их широко используют в практике, применяют в анализе и прогнозировании коммерческой деятельности. Статистическая информация начинает формироваться с абсолютных величин, ими измеряются все стороны общественной жизни. Значение этих величин постоянно возрастает, поскольку необходимо знать и обеспечивать увязку товарных ресурсов с доходами населения, сбалансированности спроса покупателей на конкретные товары с возможностью их производства и т.д. По способу выражения размеров изучаемых явлений абсолютные величины подразделяются на индивидуальные и суммарные, которые представляют собой один из видов обобщающих величин.

Таким образом, методы, используемые в экономической теории, достаточно разнообразны, они дают возможность всестороннего изучения экономических явлений и процессов.

Динамика экономических процессов, протекающих в течение длительных промежутков времени, является нелинейной. В исследованиях по

нелинейной экономической динамике накоплен богатый опыт моделирования экономических процессов на основе использования динамических систем. Анализ моделей, описывающих нелинейные экономические процессы, как правило, весьма сложен и опирается на фундаментальные результаты и аналитические методы экономико-математических и математических исследований. Поэтому разработка конструктивных методов и алгоритмов анализа моделей нелинейных экономических систем и их теоретического обоснования так же весьма актуальна. Для разработки новых методов прогнозирования необходимо выявить причины, по которым это надо делать. Основные методы, использовавшиеся ранее, при планировании и прогнозировании, можно разделить на: балансовые, исследовательские, эконометрические методы. Их общим свойством можно назвать линейность, которая является как недостатком, так и достоинством этих методов.

Линейная зависимость сильно упрощает действительность. В частности, не берется во внимание экономия удельных затрат благодаря увеличению масштабов производства. Линейный характер связей принимается как постулат, который можно было принять в условиях плановой экономики, которая характеризовалась стационарным режимом преимущественно экстенсивного роста.

Современные модели экономического роста имеют форму задач оптимального управления с целевым функционалом типа максимизации и дисконтированного суммарного душевого потребления, а также форму задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

На основании моделей экономического роста разными авторами было в разное время выявлено большое число работ по определению оптимальных траекторий равновесия на базе реальных и экспертных данных. Результаты многих исследований показали высокий их уровень, что свидетельствовало о том, что модели экономического роста достаточно адекватны тем фрагментам экономической реальности, для исследования которых они строились.

Теория экономической динамики широко применяется в прогнозировании экономического развития, в оценке перспектив инвестиционных и инновационных проектов, в ходе обоснования программ и стратегий экономического, является инструментом практического действия на основе полученного опыта. Итак, набор гипотез, сформулированных в ходе трудного пути теоретических и практических исследований сформировали научную концепцию, которая востребована во многих отраслях экономической науки.

Проблема равновесия макроэкономики.

Предлагаемая теория *динамического равновесия макроэкономики* является логическим продолжением теории стоимости, поскольку создана из нее при следующем шаге восхождения от абстрактного к конкретному, когда

были сняты допущения, абстрагирующие теорию от факторов сферы обращения.

Проблемы равновесия макроэкономики стали особенно актуальными для постсоветских государств, вставших на путь создания “рыночной экономики”. Здесь вместо расширенного воспроизводства экономики идет ее деградация со всеми сопровождающими негативными явлениями: спадом производства, обнищанием населения, расстройством денежной и финансовой системы, ростом преступности, ухудшением экологической обстановки, падением культуры, возникновением угроз национальной безопасности и т.д. Сложившаяся в этих условиях система распределения национального дохода этих стран поражает своим несоответствием интересам общества в целом. Трудящееся население, создающее национальный доход, не получает достаточной компенсации за свой труд. В то же время класс предпринимателей, коммерсантов или, попросту говоря, буржуазии, буквально процветает на почве бедствий остальной части населения.

Целью теории равновесия является разработка положений, при которых интересы каждого члена общества становятся соответствующими интересам всего общества в целом.

На новом этапе восхождения от абстрактного к конкретному в поле зрения науки попадают следующие понятия.

Динамическое равновесие макроэкономики – пропорциональное развитие субъектов макроэкономики, при котором возникает равенство динамических характеристик отдельных параметров, количественные характеристики которых в статических условиях не имеют взаимозависимости.

Субъект макроэкономики (далее субъект) - подмножество участников товарно-денежных отношений, выделяемое из их множества по какому-то общему признаку.

Буржуазия – общественный класс, который не принимает непосредственного участия в процессе общественного производства, но создает инфраструктуру, обеспечивающую расширенное воспроизводство макроэкономики.

Производственная буржуазия - структурная часть буржуазии, капиталы которой находятся в форме основных фондов сферы общественного производства.

Торговая буржуазия - структурная часть буржуазии, капитал которой используется для обеспечения движения товарных потоков.

Финансовая буржуазия - структурная часть буржуазии, капиталы которой используются для обеспечения денежного обращения в стране.

Криминальные структуры – субъект сферы обращения, который извлекает доходы, нанося обществу ущерб.

Финансовый поток - движение денежных средств от одного субъекта макроэкономики к другому, абстрагированное от взаимосвязи с товарными потоками и от наличия денежных потоков между отдельными участниками товарно-денежных отношений внутри субъектов.

Денежная масса - количество бумажных денег в стране, выпущенных в обращение уполномоченным на это *государственным органом*.

Денежные накопления - часть денежной массы, которая накапливается субъектами денежного обращения или используется ими для внутреннего обращения и тем самым исключается из денежного обращения между его субъектами.

Денежная масса в обороте - часть денежной массы субъекта макроэкономики, которая используется для расчетов с другими субъектами.

Период оборота денежной массы - средний промежуток времени, в течение которого все субъекты расходуют сумму своих оборотных средств.

Денежная эмиссия - прирост денежной массы за период ее оборота, т.е. разность между наличием денежной массы в конце и начале периода.

Прибыль (или убыток) субъекта макроэкономики в текущих ценах - разность между приходом и расходом денег в текущих ценах в течение периода оборота.

Производственный капитал – это все средства производства страны в стоимостной оценке.

Финансовый капитал – это особый вид денежных средств, которые, являясь собственностью различных физических и юридических лиц, концентрируются в банковской системе страны и в такой концентрированной форме используются обществом в качестве составной части инфраструктуры товарно-денежных отношений.

Торговый капитал – это совокупность всех товаров, находящихся в сфере обращения.

Гипотеза о динамическом равновесии макроэкономики неизбежно приводит к новым определениям таких понятий, как национальный доход и национальное богатство.

Национальный доход – это конечный продукт общественного производства, т.е. сумма всей реализации населению товаров народного потребления, учтенная в розничных ценах.

Это определение не учитывает накоплений в составе национального дохода. Размер накоплений целесообразно учитывать в составе понятия “национальное богатство”.

Национальное богатство – сумма производственного, торгового и финансового капиталов страны.

Теория динамического равновесия рассматривает влияние на макроэкономику такого фактора, как капитал, от которого абстрагирована теория эквивалентного обмена.

Но снятие одного допущения требует введения целой системы новых допущений, которые абстрагируют теорию от ряда факторов, существующих в реальной действительности. В дальнейшем каждый из этих факторов должен быть исследован, что позволит конкретизировать теорию и приложить ее к экономической практике.

Теория экономического равновесия основывается на следующих допущениях:

- общественное воспроизводство осуществляется по III варианту динамики, т.е. с ростом общественной производительности труда при стабильной покупательной способности денег;
- система денежного обращения состоит из субъектов макроэкономики, охватывающих все множество участников товарно-денежных отношений (абстрагирование от случайных изменений в составе участников);
- в качестве субъектов макроэкономики рассматриваются: производство средств производства, производство товаров народного потребления, государственный бюджет, бюджетная сфера народного хозяйства, производственная буржуазия, торговая буржуазия, финансовая буржуазия и криминальная сфера;
- рассматриваются только финансовые потоки между субъектами макроэкономики (абстрагирование от товарных потоков);
- субъект макроэкономики рассматривается как единое целое, которое осуществляет денежные операции с другими субъектами экономики (абстрагирование от прерывности финансовых потоков);
- собственность на все средства производства, функционирующие в стране, распределяется между собственниками в форме акций, которые находятся в свободной продаже (абстрагирование от других форм закрепления собственности);
- каждый субъект макроэкономики обладает присущими только ему индивидуальными свойствами (абстрагирование от метаморфоз, имеющих место в микроэкономике).

Гипотеза теории динамического равновесия заключается в следующем:

Общество, стремящееся к интенсивному развитию и процветанию, должно обеспечить равные возможности достижения своих интересов всем субъектам макроэкономики.

Эта гипотеза раскрывается в совокупности следующих аксиом:

1. Общественное производство является приоритетной сферой общественных отношений.
2. Главнейшей экономической целью общества является повышение производительности общественного труда.
3. Рост производительности общественного труда оптимизируется в условиях динамического равновесия.
4. Динамическое равновесие в народном хозяйстве наступает только в том случае, если интересы каждого субъекта макроэкономики будут полностью совпадать с главной экономической целью общества.
5. Совпадение экономических интересов всех субъектов макроэкономики (за исключением криминальной сферы) достигается в том и только в том случае, если доходы каждого субъекта окажутся

пропорциональными производительности труда в сфере общественного производства.

6. Все субъекты макроэкономики (за исключением криминальной сферы) получают равные возможности развития.

Формулировка этого пункта новизны не представляет. Это тот самый идеал, о котором мечтали Томас Компанелла, Адам Смит, Фурье и Оуэн. Это тот самый лозунг, который взят на вооружение буржуазной пропагандой и даже нашел отражение в Декларации прав человека. Но буржуазная пропаганда подразумевает под этой формулировкой лишь лживое утверждение, будто капиталистами становятся только самые достойные граждане, не упустившие своих возможностей.

В настоящей гипотезе под той же формулировкой подразумевается, что у отдельных субъектов макроэкономики, в частности у буржуазии, не должно быть никаких преимуществ перед другими субъектами. Любые формы эксплуатации человека человеком должны быть признаны незаконными. Перераспределение вновь созданной стоимости должно быть исключено.

7. Новая стоимость, создаваемая в сфере общественного производства, целиком и полностью распределяется между трудящимися этой сферы и государственным бюджетом.

8. Заработная плата трудящихся сферы общественного производства, являющаяся первой частью вновь созданной стоимости, не должна облагаться никакими налогами.<

9. Прибавочная стоимость, являющаяся второй частью вновь созданной стоимости, должна стать единственной формой налога, поступающего в государственный бюджет от сферы общественного производства.

10. Перераспределение доходов трудящихся и государства должно быть исключено.

11. Буржуазия, по определению, не принимает участия в процессе производства и не должна получать какую-либо долю от вновь созданной стоимости.

12. Капиталы буржуазии, в состав которых входят средства производства, финансы и запасы нереализованных товаров в торговле, являются необходимой частью инфраструктуры общественного производства.

13. Специфичность капиталов заключается в том, что их собственником является буржуазия, пользователем – трудовые коллективы, а распорядителем – органы государственного управления.

14. Развитие макроэкономики подразумевает рост стоимости, как средств производства, так и средств обращения.

15. Суммарный доход класса буржуазии складывается из прироста всех капиталов: финансов, стоимости основных фондов и стоимости товаров, находящихся в сфере обращения.

Доходы буржуазии в данном случае характеризуют увеличение национального богатства страны, т.е. образуются в интересах всего общества.

16. Национальный доход, определяемый по показателям сферы обращения, равен сумме стоимости, вновь созданной в сфере общественного

производства, и прироста национального богатства, ставшего доходом буржуазии.

Итак, национальный доход страны, создаваемый в сфере общественного производства, пройдя через сферу обращения, меняет свою количественную и структурную характеристики. Это создает необходимость исчисления указанных характеристик национального дохода до и после его прохождения через сферу обращения.

17. Динамическая характеристика доходов буржуазии (суммы доходов производственной, финансовой и торговой буржуазии) должна быть равной динамической характеристике вновь создаваемой стоимости.

18. Доходы буржуазии могут перераспределяться внутри этого класса в процессе денежного обращения.

В целом гипотеза теории равновесия подразумевает создание условий, при которых индивидуальные цели каждого субъекта микроэкономики будут полностью совпадать с общественной целью:

- рост производительности труда стимулируется соблюдением принципа оплаты по труду в сфере производства;
- производительность общественного труда, равно как и средний уровень жизни населения, определяется объемом производства товаров народного потребления, исчисленным в единицах стоимости, на душу населения;
- сумма стоимости, созданной в сфере производства, распределяется между этой сферой и государственным бюджетом пропорционально численности населения, получающего доходы в этих сферах;
- распределение доходов внутри сферы производства осуществляется пропорционально индивидуальной производительности труда каждого работника этой сферы;
- распределение доходов внутри бюджетной сферы осуществляется в соответствии с общественной оценкой результатов этого труда.

Модель экономического роста Харрода — модель, выявляющая механизм сбалансированного роста, опираясь на анализ психологических мотивов поведения предпринимателей и на уравнения, выражающие функциональные связи в экономике.

Модель Харрода разработана раньше (1939 г.), чем модель Домара. Харрод поставил задачу заложить основы общей теории экономического роста.

Р. Ф. Харрод в свою модель включил эндогенную функцию инвестиций (в отличие от экзогенно заданных инвестиций в модели Домара) на основе принципа акселератора и ожиданий предпринимателей.

Особое внимание Харрод уделяет темпу роста национального дохода, чтобы удовлетворить условию кейнсианской экономической теории:

$$\text{сбережения } (S_t) = \text{инвестиции } (I_t), (1)$$

где t — период времени.

В модели Харрода S_t зависит от национального дохода:

$$S_t = sY_t, (2)$$

где s — средняя склонность к сбережению и предельная склонность к сбережению,

Уравнение (2) означает, что сбережения в каждый данный период времени зависят от дохода этого же периода.

Инвестиции во времени I_t зависят от скорости изменения дохода от одного периода до следующего периода. Если доход в текущем периоде обозначим (Y_t) , а доход в предыдущем периоде (Y_{t-1}) , то

$$I_t = a(Y_t - Y_{t-1}), (3)$$

где a — акселератор.

При данных сбережениях и инвестициях условие равновесия, представленное в уравнении (1), может быть выражено таким образом:

$$\Delta Y_t / Y_t = s/a, (4)$$

где $Y_t = Y_t - Y_{t-1}$.

Левая часть выражения (4) показывает процентное изменение дохода. В правой части в числителе находится предельная склонность к сбережению, в знаменателе — акселератор. В связи с тем, что данное уравнение Харрод вывел из условия сохранения равновесия в каждый период времени, то он назвал скорость изменения дохода гарантированным темпом роста, при котором предприниматели удовлетворены своими решениями.

Уравнение (4) определяет гарантированный темп роста. Действительный темп роста определяется в модели темпом роста рабочей силы и темпом роста производительности. Допустим, что численность рабочей силы увеличивается со скоростью 2 %, а производительность труда — 4 %. Действительный достижимый темп роста национального дохода и производства равен, следовательно, 6 % в год.

Харрод вводит понятие естественного темпа роста как максимального темпа, допускаемого ростом активного населения и техническим прогрессом.

В том случае, когда естественный темп роста выше гарантированного, экономика отклоняется от гарантированного темпа роста, при этом доход увеличивается быстрыми темпами, выступая причиной долгосрочного подъема. Напротив, когда естественный темп роста ниже уровня гарантированного темпа, наблюдается долговременная стагнация.

Если действительный (фактический) темп роста равен гарантированному, и экономическая система развивается вполне удовлетворительно для предпринимателей, то такое положение нельзя назвать оптимальным, ибо, если гарантированный темп роста ниже естественного темпа роста, экономическое развитие в таких условиях оставляет часть трудовых ресурсов в состоянии вынужденной безработицы.

Идеальное развитие экономической системы достигается только при равенстве действительного (фактического), гарантированного и естественного темпов роста. Поскольку, такое положение никогда не достигается, то динамическое равновесие в условиях экономического роста

неустойчиво. Поэтому Е. Домар и Р. Харрод приходят к выводу о необходимости государственного вмешательства в регулирование экономики.

Неоклассическая модель Солоу

При анализе модели совокупного спроса и совокупного предложения (AD-AS), предполагалось, что единственным переменным фактором производства является труд, а капитал и технология рассматривались как неизменные. Эти предположения нельзя считать адекватными для долгосрочного анализа, поскольку в долгосрочной перспективе наблюдается как изменение запаса капитала, так и наличие технического прогресса. Таким образом, с изменением капитала и технологии, будет изменяться и уровень полной занятости, значит, будет сдвигаться кривая совокупного предложения, что неизбежно отразится на равновесном выпуске. Однако увеличение выпуска еще не означает, что население страны стало богаче, поскольку вместе с выпуском изменяется и население. Под экономическим ростом обычно понимают рост реального ВВП на душу населения.

Н. Калдор (в 1961г.), изучая экономический рост в развитых странах, пришел к выводу, что имеют место определенные закономерности в изменении выпуска, капитала и их соотношений в долгосрочной перспективе. Первый эмпирический факт состоит в том, что темп роста занятости меньше темпов роста капитала и выпуска или, иными словами, отношение капитала к занятости (фондовооруженность) и отношение выпуска к занятости (производительность труда) растут. С другой стороны, отношение выпуска к капиталу демонстрировало отсутствие значимого тренда, то есть, выпуск и капитал изменялись примерно одинаковыми темпами.

Калдор также рассматривал динамику отдачи на факторы производства. Было отмечено, что реальная заработная плата демонстрирует устойчивую тенденцию к росту, в то время как реальная ставка процента не имеет определенного тренда, хотя и подвержена непрерывным колебаниям. Эмпирические исследования также показывают, что темпы роста производительности труда значительно различаются между странами.

Вопрос о том, какие факторы влияют на экономический рост, остается одним из центральных вопросов макроэкономики, и дебаты по поводу источников экономического роста продолжаются и по сей день. Однако, большинство экономистов, следуя классической работе Роберта Солоу 1957 года, выделяют следующие ключевые факторы экономического роста: технический прогресс, накопление капитала и рост трудовых ресурсов.

Для того, чтобы описать вклад каждого из этих факторов в экономический рост, рассмотрим выпуск Y , как функцию от запаса капитала (K), используемых трудовых ресурсов (L):

$$Y=Y(K,L).$$

Объем производства зависит от запасов капитала и используемого труда. производственная функция обладает свойством постоянной отдачи от масштаба.

Для простоты соотнесем все величины с количеством работников.

$$Y/L = F(K/L, 1).$$

Это уравнение показывает, что объем производства в расчете на 1 рабочего является функцией капитала на 1 работника.

Обозначим:

$y = Y/L$ – выпуск продукции на 1 работника (производительность труда, выработка);

$k = K/L$ – капиталовооруженность труда.

$y = f(k)$.

В модели Солоу спрос на товары и услуги предъявляется со стороны потребителей и инвесторов. Т.е. продукция, произведенная каждым рабочим, делится между потреблением, приходящимся на 1 рабочего, и инвестициями в расчете на 1 рабочего:

$$y = c + i.$$

Модель предполагает, что функция потребления принимает простую форму:

$$c = (1 - s) * y,$$

где норма сбережения s принимает значения $0 - 1$.

Эта функция означает, что потребление пропорционально доходу.

Заменим величину c – величиной $(1 - s) * y$:

$$y = (1 - s) * y + i.$$

После преобразования получим: $i = s * y$.

Это уравнение показывает, что инвестиции (как и потребление) пропорциональны доходу. Если инвестиции равны сбережениям, то норма сбережения (s) также показывает, какая часть произведенного продукта направляется на капиталовложения.

Запасы капитала могут меняться по 2 причинам:

- инвестиции приводят к росту запасов;

- часть капитала изнашивается, т.е. амортизируется, что уменьшает запасы.

$$\Delta k = i - \sigma k,$$

изменение запасов капитала = инвестиции – выбытие,

σ - норма выбытия; Δk – изменение запасов капитала на 1 работника за год.

Если существует единственный уровень капиталовооруженности, при котором инвестиции равны величине износа, то в экономике достигнут такой уровень, который не будет меняться во времени. Это ситуация устойчивой капиталовооруженности.

Уровень накопления капитала, обеспечивающий устойчивое состояние с наивысшим уровнем потребления называется Золотым уровнем накопления капитала.

Золотое правило накопления Э. Фэлпса выполняется, когда предельный продукт за вычетом нормы выбытия равен нулю:

$$MPK - \sigma = 0.$$

Если экономика начинает развиваться с запасом капитала большим, чем по З.п., необходимо проводить политику, направленную на снижение нормы сбережений, чтобы уменьшить устойчивый уровень запаса капитала.

Это вызовет увеличение уровня потребления и снижение уровня инвестиций. Капиталовложения будут меньше, чем выбытие капитала. Экономика выходит из устойчивого состояния. Постепенно, по мере уменьшения запасов капитала, выпуск продукции, потребление и инвестиции также снизятся до нового устойчивого состояния. Уровень потребления при этом будет выше, чем ранее. И наоборот.

Модель Леонтьева "Затраты-выпуск" строится на основе схемы межотраслевого баланса в предположении о том, что каждая отрасль выпускает один и только свой продукт с использованием продуктов остальных отраслей и

посредством линейной технологии. Она помогает анализировать перетоки товаров между отраслями и отвечает на вопрос: можно ли в условиях данной технологии удовлетворить конечный спрос населения на товары? С помощью двойственных оптимизационных задач доказывалось существование равновесия, которое является частным случаем конкурентного равновесия Вальраса.

Модель Неймана является обобщением модели Леонтьева. Это линейная динамическая модель расширяющейся экономики, когда каждая отрасль выпускает не один, а несколько товаров. Процесс совместного выпуска формализуется как линейная комбинация исходных производственных процессов, функционирующих с единичными интенсивностями (базисных процессов). В случае сбалансированного (с одним и тем же темпом) роста производства всех товаров и сбалансированного снижения цен всех товаров модель Неймана описывает траекторию равновесного роста. Наиболее эффективное развитие экономики соответствует максимальному темпу сбалансированного роста производства. В этом случае равновесная траектория называется лучом Неймана или магистралью.

Тема 3. Модели и математические методы анализа микроэкономических процессов и систем

Модели поведение потребителей, модели поведение производителей, модели взаимодействия потребителей и производителей.

Микроэкономика исследует проблему рационального использования ресурсов с позиций обеспечения их эффективного использования при производстве отдельных благ, акцент делается на изучении поведения отдельных экономических агентов и условий, определяющих это поведение.

Макроэкономика исследует ту же проблему, но с позиций обеспечения эффективного применения ресурсов в экономике, делая упор на выявлении факторов, оказывающих влияние на экономический рост.

Все единицы экономики, принимающие экономические решения, называются хозяйствующими субъектами (экономическими агентами). *Экономические агенты* – субъекты экономических отношений, участвующие в производстве, распределении, обмене и потреблении экономических благ. Основными экономическими агентами являются индивиды (**домохозяйства**), фирмы (**бизнес**), **государство**. Современная экономическая теория исходит из предпосылки о **рациональном поведении агентов**.

Если экономическая деятельность в целом связана с осуществлением выбора варианта использования ограниченных ресурсов среди имеющихся альтернатив, то содержательная ее сторона связана с обеспечением наиболее полного удовлетворения потребностей при имеющимся ресурсах. В основе этой деятельности лежит экономическое поведение – процесс принятия решений в отношении распределения и использования ограниченных ресурсов для достижения поставленных целей.

Исследование экономического поведения отдельных экономических субъектов (домохозяйств и фирм) в данном аспекте представляет собой **область микроэкономического анализа**.

Назначение микроэкономического анализа заключается в том, чтобы выявить и понять факторы, которые оказывают влияние на принятие решений (выбор) экономическими агентами.

Предмет микроэкономики – это процесс разработки и реализации решений, принимаемых экономическими агентами для достижения своих целей.

Она базируется на априорно принимаемых логических умозаключениях, которые выстраиваются в соответствии с наблюдаемыми фактами реальной жизни.

Модели используются для установления функциональных взаимосвязей между вводимыми в них элементами. На основе интерпретации результатов этих взаимосвязей делаются выводы, которые служат для выдвижения гипотезы.

Гипотезы выражают какую-либо устойчивую связь между элементами модели или явлениями. Они носят прогнозный характер и требуют проверки выдвинутых в них положений на достоверность. Проверяемые путем сопоставления с фактами хозяйственной практики, гипотезы уточняются и принимают форму теории.

Теория выступает в качестве общепризнанного положения, верно объясняющего установленную взаимосвязь между явлениями реальной действительности и обладающего предсказательной силой. Микроэкономическая теория используя моделирование экономических процессов, позволяет объяснить закономерности поведения экономических агентов и предсказать вызванные ими последствия.

Принципы микроэкономического анализа.

1. Принцип экономического атомизма. Предполагает анализ поведения экономических агентов как независимых хозяйственных единиц. Действуя в рыночной системе эти агенты обладают полным суверенитетом. Принятие решений каждым экономическим агентом осуществляется независимо от других, а решения одного агента не влияют на решения другого.

2. Принцип экономического рационализма – экономические агенты стремятся к максимизации чистого выигрыша в виде разницы между затратами и выгодами. То есть рациональное поведение заключается в принятии решения на основе соизмерения потенциальных затрат и выгод, которые сопряжены с достижением поставленной цели.

3. Принцип «при прочих равных условиях» означает, что с целью выявления влияния выбранного фактора принимается допущение о неизменности всех других переменных модели, за исключением исследуемой переменной. Такой подход позволяет представить системные экономические процессы в формализованном виде и установить функциональные связи между включенными в модель переменными.

4. Принцип равновесного подхода означает, что экономические явления анализируются в условиях нахождения их в равновесии, когда у них отсутствуют внутренние мотивы к изменению сложившегося состояния.

Микроэкономика опирается на три метода анализа: предельный, функциональный и моделирование.

Предельный (маржинальный) анализ – это метод анализа экономических явлений, основанный на исследовании количественных изменений, которые возникают при единичном изменении какой-либо экономической переменной, влияющий на данное явление. Задача состоит в том, как будет изменяться общая величина (значение функции) при единичном изменении независимой переменной.

Функциональный анализ представляет собой метод исследования экономических явлений в аспекте установления взаимозависимостей между экономическими величинами. Содержание его состоит в том, чтобы

исследовать закономерности изменения одной экономической величины в зависимости от другой. Задача функционального анализа заключается в следующем: во-первых, выявить факторы, которые оказывают влияние на выделяемую в качестве зависимой переменной величину и во-вторых, установить способ связи между зависимой и независимой величинами.

Установление функциональных зависимостей осуществляется на основе сравнения экономических переменных во времени и пространстве. Описание таких изменений во времени проводится при помощи временных рядов, которые представляют собой статистические данные, относящиеся к последовательным периодам времени (например, изменения объема продаж по месяцам). Когда необходимо охарактеризовать зависимость между одними и теми же переменными, но в отношении разных экономических субъектов, используют пространственные выборки, которые представляют собой наборы показателей, измеряющие значения переменных для разных экономических единиц (домохозяйств, фирм) в один и тот же момент времени. Форма выражения временных и пространственных изменений может быть дана в графической или табличной форме.

Анализ временных рядов и пространственных выборок позволяет не только установить зависимость между переменными, но и определить характер долгосрочных изменений в виде долгосрочной тенденции, циклических, сезонных или случайных отклонений. Таким образом, он может использоваться, с одной стороны, для прогнозирования, с другой – для проверки выдвинутых гипотез.

Самое широкое применение в микроэкономическом анализе имеет моделирование экономических процессов. Моделирование представляет собой метод исследования реальных экономических процессов посредством анализа искусственно созданного теоретического построения, которое дает упрощенное отображение действительности. Задача моделирования заключается в том, чтобы исследовать влияние на явление изменений факторов и экономических условий, предсказать последствия этих изменений и дать теоретическое обоснование наблюдаемым зависимостям.

Модель – это теоретическое построение, представляющее собой в упрощенном виде описание эмпирически наблюдаемых реальных взаимосвязей.

Экономическая модель, ставящая своей целью объяснения влияния на явление внешних факторов и прогнозирование поведения, включает два типа переменных – экзогенные и эндогенные.

Эндогенные переменные – это внешние по отношению к модели параметры, которые вводятся в виде исходной информации и часто называются независимыми переменными. Эндогенные (зависимые) переменные представляют собой результат функционирования модели. То есть модель – это описание того, как экзогенные переменные влияют на эндогенные. Если модель дается в виде словесного описания, то она

называется вербальной. Когда взаимозависимость переменных выражается математически в виде уравнений, то такая модель называется аналитической. Модель может быть графической, если моделирование опирается на графическое представление функциональных зависимостей.

По типу модели различают:

- равновесные (описательные) , объясняют характер взаимосвязей, функционирования моделируемого процесса и его последствия.

- оптимизационные (нормативные) – выражают целевую функцию, при помощи которой можно принять оптимальное решение с учетом имеющихся ограничений, и служат для выявления наиболее эффективного пути достижения цели.

Различают два типа экономического анализа:

- позитивный анализ – направлен на установление зависимостей между переменными и имеет целью предсказание последствий изменения той или иной переменной;

- нормативный анализ связан с выработкой целевых установок и утверждений оценочного характера.

Потребители подвергаются всевозможным видам общественного и экономического воздействия, вынуждающего их иногда покупать ненужные товары, пользоваться дорогими услугами»,- считает профессор Чикагского университета Т. Веблен.

Поведение современного потребителя сложно подчинить каким-либо закономерностям извлечения выгоды, расчета и выбора покупки.

Помимо существующего функционального спроса, когда ведущую роль играют качества самого товара, есть нефункциональный спрос. К нему относятся различные психологические причины, которые в дальнейшем и определяют модели поведения потребителей.

Типы поведения покупателей

На выбор покупателя оказывают влияние множественные факторы: социальные, культурные, личностные и психологические. Учитывая все это, грамотный маркетолог способен определить степень заинтересованности покупателя и смоделировать свои действия.

Покупательское поведение очень сильно зависит от товара, который он желает приобрести. Покупка зубной щетки не вызовет дополнительных сложностей, а вот покупка автомобиля – уже дело серьезное. Требуется решение не одного члена семьи, и покупатель будет вести себя очень осторожно.

Исходя из степени вовлеченности и различия между торговыми брендами, маркетологи разработали типы поведения потребителей:

- Сложное поведение.
- Поисковое поведение.
- Неуверенное поведение.
- Привычное поведение.

Каждая указанная модель покупательского поведения потребителей, прежде всего, показывает степень отношения к покупке. И уже, исходя из вышесказанного, каждая торговая компания начинает строить свою маркетинговую политику.

Допустим, покупатель знаком с товаром, надо только его удержать. Если же покупатель постоянный, но всегда находится в активном поиске новой продукции, надо убедить его, что только ваша компания лучшая и любую новинку покупать следует только здесь.

Существующая в современном маркетинге теория потребительского поведения, рассматривает основные модели поведения потребителей и способы взаимодействия между спросом и потребностями. Основой любого спроса является решение отдельно взятого покупателя. И оно бывает продиктовано стремлением получить самую большую выгоду при ограниченных затратах.

Классификация моделей поведения потребителей

При разработке рекламы товара и планирования продаж, маркетологи должны учитывать все возможные факторы поведения покупателей, которые могут повлиять на решение о покупке. Существует несколько разновидностей, о которых и пойдет речь.

Самая известная классификация моделей поведения потребителей сформулирована Ж. Ф. Кролару. При составлении своей рекламной компании, он советует исследователям, учитывать такие потребности покупателей, как:

- **Безопасность.** Ее может обеспечить время гарантии эксплуатации изделия.
- **Привязанность.** Проявляется в верности покупателя определенной торговой марке. Чаще всего это результат привычки или проверенная временем уверенность в качестве покупаемого продукта.
- **Комфорт.** Удобство потребителя, которое он приобретает именно с этим товаром.
- **Гордость.** Такое качество поведения вызвано желанием выделиться, чем-нибудь отличиться от других покупателей.
- **Новизна.** Это как бы поиск новых ощущений, стремление внести перемены и обновления в существующий порядок вещей.

Учитывая все перечисленные факторы, управление поведением потребителей осуществить легко.

Модель поведения конечного потребителя

Модель поведения конечного потребителя была разработана и введена Ф. Хотлером. Она выглядит в виде нескольких этапов поведения потребителя:

- Осознание
- Поиски информации
- Принятие решения
- Оценка правильности действия

Моделируя такое поведение, в первую очередь выявляется причина потребности в покупке. Маркетологи исследуют спрос на товар и его полезность. После моделируется ситуация поиска, для чего используются разные источники информации.

Этот этап очень важен: покупатель должен выбрать товар быстро. Далее следует этап принятия решения о покупке. На это влияют многие факторы, как внутреннего (экономия, самоутверждение), так и внешнего (окружающее мнение, привычки, полезность) характера.

Кроме того, на управление поведением потребителя окажет влияние и цена, и место покупки, качество товара, обслуживание. Если какой-то фактор покажется покупателю давящим, покупка не состоится.

И, напоследок, потребитель оценивает правильность своего выбора. Оценка может быть как положительная, так и отрицательная. В первом варианте – интерес к изделию сохранится, во втором – пропадет.

Определять модель поведения потребителей на рынке очень важно. Изучая данный вопрос, маркетологи предоставляют производителям сведения о том, насколько важен их товар для покупателя, для каких потребностей он используется, куда потребители обращаются за информацией и так далее. Ориентируясь в этих вопросах, производитель может оказать влияние на покупку или услугу, оказываемую потребителю.

Модель Бетмана

Среди многообразия моделей покупательского поведения, следует выделить самую новую и современную. Называется она модель Бетмана. Ее основное отличие от существующих, в рассмотрении процесса выбора как процедуры повторяющейся, а не последовательной.

Мотивация и модель поведения потребителей по Бетману состоит из следующих элементов: переработка информации, мотивация, внимание, восприятие, оценка, вовлечение памяти. Кроме того, в ней учитываются ситуативные влияния и индивидуальные различия.

Все существующие модели поведения схожи и различаются только в наличии или отсутствии определенных компонентов процесса моделирования и факторов, оказывающих влияние на него. Все они несовершенны, но, все-таки важность разработки моделей потребительского поведения очевидна: осознание сложности и многоуровневости поведения покупателей на современном рынке торговли.

Теория поведения производителя. Оптимум производителя

Производственная функция отражает разные способы соединения факторов для производства определенного объема продукции. Информация, которую несет производственная функция, может быть представлена графически с использованием изоквант.

Изокванта представляет собой кривую, на которой расположены все сочетания производственных факторов, использование которых обеспечивает одинаковый объем выпуска (рис. 11.1).

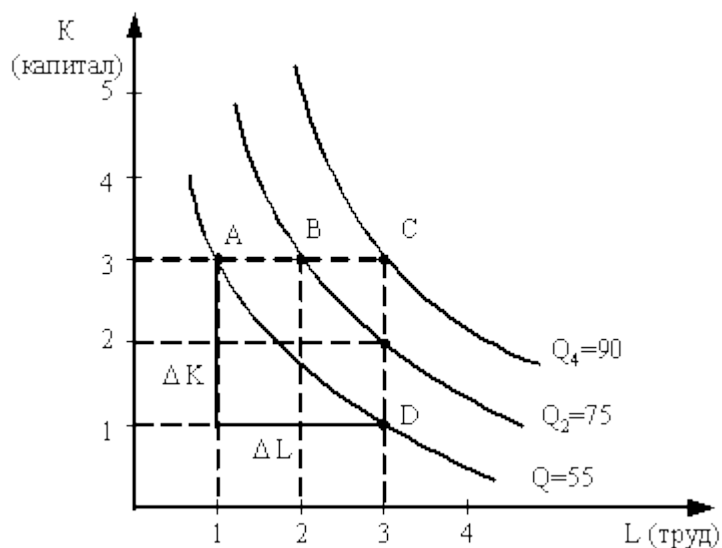


Рис. 11.1. График изоквант

В долгосрочном периоде, когда фирма может изменить любой фактор производства, производственная функция характеризуется таким показателем, как предельная норма технологического замещения факторов производства (MRTS)

$$MRTS = \frac{-\Delta K}{\Delta L},$$

где DK и DL – изменения капитала и труда для отдельной изокванты, т.е. для постоянного Q.

Фирма сталкивается с проблемой как достичь определенного объема производства с минимальными издержками. Предположим, что цена труда равна ставке заработной платы (w), а цена капитала равна арендной плате за оборудование (r). Издержки производства можно представить в виде изокост. *Изокоста* включает все возможные сочетания труда и капитала с равными валовыми издержками

$$NC = wL + rK.$$

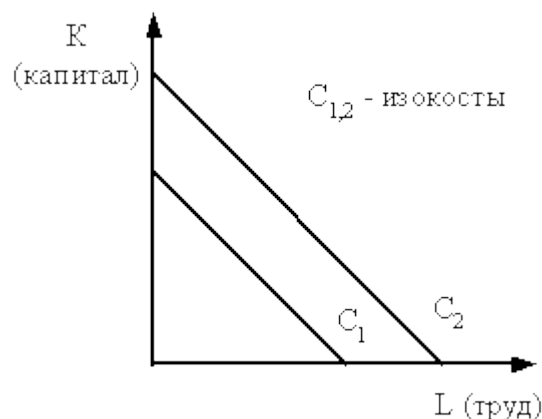


Рис. 11.2. График изокост

Перепишем уравнение валовых издержек, как уравнение для прямой линии, получим

$$K = \frac{TC}{r} - \left(\frac{w}{r}\right)L.$$

Из этого следует, что изокоста имеет угловой коэффициент, равный

$$\frac{\Delta K}{\Delta L} = -\frac{w}{r}$$

Он показывает, что, если фирма отказывается от единицы трудозатрат

и экономит w (у.е.), чтобы приобрести $\frac{w}{r}$ единицу капитала по цене r (у.е.) за единицу, то валовые издержки производства остаются неизменными.

Равновесие фирмы возникает тогда, когда она максимизирует прибыль на определенном объеме производства при оптимальном сочетании факторов производства, минимизирующих издержки (рис.11.3).

На графике равновесие фирмы отражает точка касания T изокванты с изокостой при Q_2 . Все другие сочетания факторов производства (A , B) могут дать меньший объем выпуска продукции.

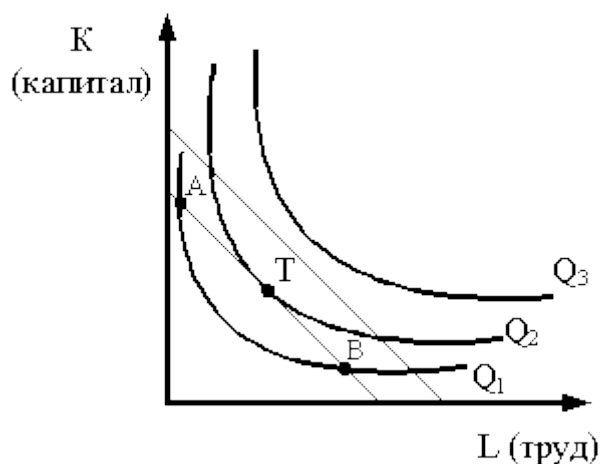


Рис. 11.3. Равновесие потребителя

Учитывая, что в точке T изокванта и изокоста имеют одинаковый наклон и что наклон изокванты измеряется $MRTS$, условие равновесия можно представить как

$$MRTS_{LK} = \frac{-\Delta K}{\Delta L} = \frac{w}{r}$$

Правая часть формулы отражает полезность для производителя каждой единицы фактора производства. Эта полезность измеряется предельным продуктом труда (MP_L) и капитала (MP_K)

$$MRTS_{LK} = \frac{MP_L}{MP_K} \rightarrow \frac{MP_L}{MP_K} = \frac{w}{r} \rightarrow \frac{MP_L}{w} = \frac{MP_K}{r}$$

Последнее равенство является равновесием производителя. Данное выражение показывает, что производитель находится в равновесии, если 1 рубль, вложенный в единицу труда, равен одному рублю, вложенному в капитал.

Модели взаимодействия потребителей и производителей.

Рассмотрим модели установления равновесной цены и модель Вальраса, в которой при определенных условиях можно достичь общего

конкурентного равновесия. Модели установления равновесной цены основаны на предположении, что изменение цены зависит от разности спроса и предложения: если спрос выше предложения, то цена возрастает, в противном случае убывает.

В модели Вальраса рассматривается экономическая система, в которой производится, распределяется и потребляется большое число товаров. Число производителей и потребителей так велико, что ни один из них не может влиять на цены. Можно доказать, что существуют цены конкурентного равновесия, при которых каждый потребитель максимизирует свою полезность, а каждый производитель – свою прибыль. Тем самым при установлении этих цен находит разрешение конфликт между потребителями и производителями.

Модели установления равновесной цены

Существует много моделей установления равновесной цены на рынке одного товара. Рассмотрим две наиболее известные модели: «паутинообразную» модель с дискретным временем и модель Эванса с непрерывным временем.

ПАУТИНООБРАЗНАЯ МОДЕЛЬ

Функция спроса на товар, полученная на основе теории полезности, является убывающей функцией цены. А функция предложения однопродуктовой фирмы, полученная при максимизации прибыли, является возрастающей функцией цены. Рассмотрим рынок с единственным продуктом, спрос на который характеризуется убывающей функцией совокупного спроса $\Phi(p)$, а предложение — возрастающей функцией совокупного предложения $\psi(p)$.

Естественно предположить, что эти функции определены и непрерывны для всех $p > 0$. Кроме того, будем считать, что

$$\begin{aligned} \lim_{p \rightarrow \infty} \Phi(p) = 0 & \quad \lim_{p \rightarrow 0} \Phi(p) = \infty \\ \lim_{p \rightarrow \infty} \psi(p) = \infty & \quad \lim_{p \rightarrow 0} \psi(p) = 0 \end{aligned}$$

Состояние равновесия характеризуется равенством спроса и предложения:

$$\Phi(p) = \psi(p) \quad (1)$$

причем в силу сделанных предположений уравнение (1) имеем единственное решение, так что состояние равновесия

$$\Phi(p^E) = \psi(p^E) = x^E$$

единственно. На рис.1 показаны графики функций спроса и предложения при сделанных предположениях.

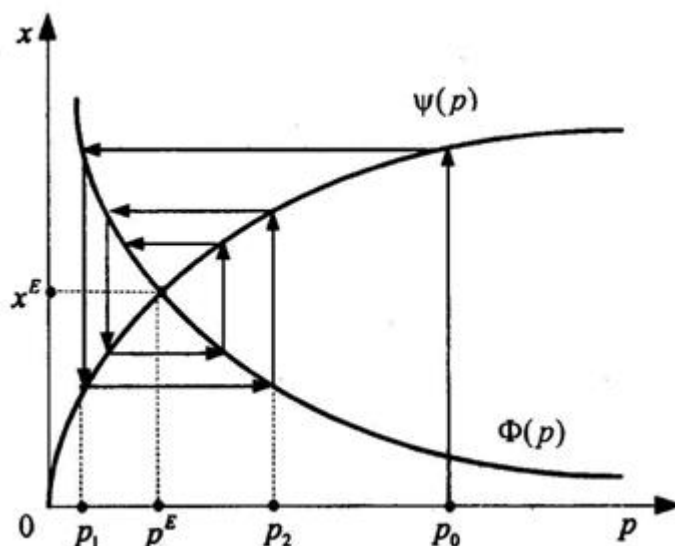


Рис.1 Графическое представление паутинообразной модели

Паутинообразная модель позволяет «нащупать» равновесную цену. Пусть в начальный момент времени установлена цена p_0 , причем спрос оказался меньше предложения.

$$\Phi(p_0) < \psi(p_0)$$

Тогда понижаем цену до уровня, при котором спрос равен предложению по первоначальной цене

$$\Phi(p_1) = \psi(p_0)$$

При новой цене p_1 спрос превышает предложение

$$\Phi(p_1) < \psi(p_1)$$

Поэтому повышаем цену до уровня p_2 , при котором

$$\Phi(p_2) = \psi(p_1)$$

И так далее. Таким образом как видно из рисунка процесс описываемый рекуррентным соотношением

$$\Phi(p_t) < \psi(p_{t-1})$$

сходится $t=1,2,\dots$ В модели рассматривается рынок одного товара. Время t считается непрерывным. Обозначим через

$$d = d(t) = \Phi[p(t)], \quad s = s(t) = \psi[p(t)]$$

совокупные спрос и предложение в момент t , а через $p = p(t)$ — цену товара в этот момент. В модели постулируется, что спрос и предложение являются линейными функциями цены:

$$\Phi(p) = a - bp, \quad a > 0, \quad b > 0$$

(спрос с ростом цены убывает);

$$\psi(p) = a + \beta p, \quad a > 0, \quad \beta > 0$$

(предложение с ростом цены растет).

Кроме того, естественно считать $a > 0$ (при нулевой цене спрос превышает предложение!). Основное предположение модели состоит в том, что изменение цены пропорционально превышению спроса над предложением:

$$\Delta p = \gamma(d - s)\Delta t, \quad \gamma > 0. \quad (2)$$

Согласно предположению (2) взаимодействие потребителей и производителей происходит таким образом, что отражающая это взаимодействие цена непрерывно приспосабливается к ситуации на рынке: в случае превышения спроса над предложением — возрастает, в противоположном случае — падает. Используя сделанные предположения, приходим к следующему дифференциальному уравнению относительно цены:

$$\frac{dp}{dt} = -(b + \beta)p + a - \alpha, \quad p(0) = p_0. \quad (3)$$

это уравнение имеет стационарную (равновесную) точку

$$p^E = \frac{a - \alpha}{b + \beta} > 0. \quad (4)$$

из (3) видно, что при

$$p_0 < p^E, \quad \frac{dp}{dt} > 0;$$

при

$$p_0 > p^E, \quad \frac{dp}{dt} < 0,$$

поэтому

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p(t) = p^E$$

(в первом случае цена достигает равновесного значения, возрастая, а во втором случае — убывая, при этом равновесная цена совершенно не зависит от начальной p_0). Равновесная цена — абсцисса точки пересечения прямых спроса и предложения, т. е. при такой цене спрос равен предложению. Эти выводы получены без непосредственного решения уравнения (3). Разумеется, они будут точно такими же, если напрямую использовать решение этого уравнения

$$p(t) = p_0 e^{-\gamma(b+\beta)t} + \frac{a-\alpha}{b+\beta} [1 - e^{-\gamma(b+\beta)t}].$$

Дискретный аналог модели Эванса представлен на рис.2. На этом рисунке изображены прямые совокупного спроса и предложения и показан

механизм возникновения последовательности, возрастающей от начальной цены p_0 , при которой спрос не равен предложению, к равновесной цене p^E , при которой спрос равен предложению. Все время разбито на интервалы длиной Δt , цена в момент $t = n$ равна

$$p_n = p_{n-1} + \gamma \Delta t \delta_{n-1}, \quad \delta_{n-1} = (a - \alpha) - (b + \beta) p_{n-1}.$$

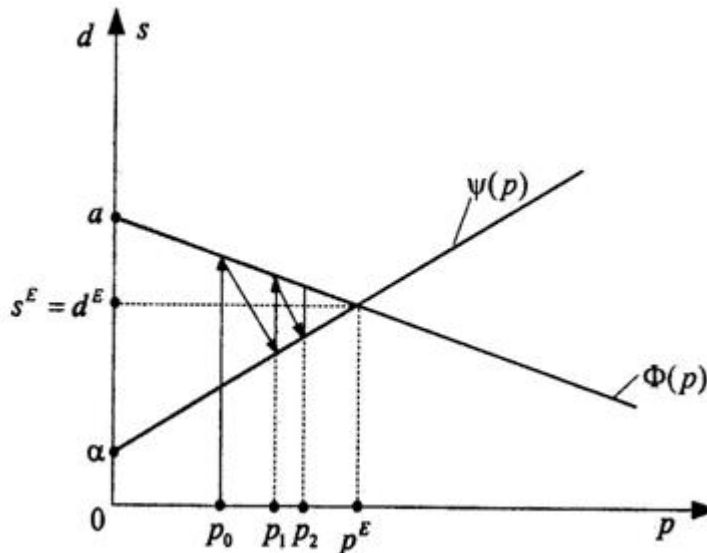


Рис.2. Спрос и предложение в модели Эванса

МОДЕЛЬ ВАЛЬРАСА

Леон Вальрас, профессор Лозаннского университета. Основной труд - "Элементы чистой политической экономии". Предельная полезность - основа ценности товара. Л. Вальрас считается основоположником современного макроэкономического моделирования. Он впервые создал математическую модель для выявления проблем существования равновесия экономической системы и придания этой системе стабильности. Он впервые характеризует не частное, а общее экономическое равновесие симметричных рынков. Поэтому он считается основоположником "Лозаннской школы" маржинализма. На рынке конечных продуктов и услуг равновесие будет означать, что производители максимизируют доходы, а потребители получают максимум полезности от покупаемой продукции. Достижение равновесия на рынке факторов производства предполагает, что все поступающие на него производственные ресурсы нашли своего покупателя, а предельный доход собственников ресурсов, формирующий спрос, равен предельному продукту каждого ресурса, формирующего предложение. Равновесие на денежном рынке характеризует такую ситуацию, при которой количество предлагаемых денежных средств равно количеству денег, которые желают иметь у себя население и предприниматели. Принципиальная возможность достижения общего равновесия в условиях совершенной конкуренции в математической форме впервые была высказана Л. Вальрасом. Выражая модель общего экономического равновесия системой уравнений, он доказал, что если все рынки за исключением одного находятся

в равновесии, то в таком же равновесном состоянии будет находиться и последний рынок.

В качестве такового в модели Л. Вальраса выступает рынок денег. В микроэкономической интерпретации модель общего экономического равновесия Л. Вальраса предполагает, что спрос и предложение уравниваются по каждому виду товаров, услуг и производственных ресурсов в уравнивание совокупного спроса и предложения. Иными словами, согласно закону Вальраса, если на каких-то рынках существует избыточный спрос, то на других - должно существовать избыточное предложение в таких же размерах. В итоге общая сумма избыточного спроса и предложения всегда равна нулю. В формализованном виде закон Вальраса выражается тождеством

$$\sum_{i=1}^{n+1} P_i S_i = \sum_{i=1}^{n+1} P_i D_i$$

Где $P_i S_i$ – предложения i -го товара, $P_i D_i$ – спрос на i -й товар, n – количество товара, а деньги выступают как $n + 1$ товар.

Достижение равновесия по Вальрасу предполагает не только наличие условий совершенной конкуренции, но и неизменность всех факторов спроса и предложения, кроме цен. Естественно, что такие предпосылки в реальной экономике не соблюдаются. Поэтому общее равновесие является не типичным, а мимолетным моментом, характеризующим идеальное состояние конкурентной экономики. Но изучение этой модели позволяет понять, к какому идеалу стремится конкурентная экономика, и выяснить причины, мешающие ей достичь его в конкретных экономических условиях.

Тема 4. Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики

Математика процентов, внутренняя процентная ставка (норма доходности), теория выбора портфеля, нормальная и логнормальная модели, теория производных финансовых инструментов, модели временной структуры процентных ставок, прикладные модели финансовых процессов, эконометрические модели финансовых временных рядов.

Финансовая математика — раздел прикладной математики, имеющий дело с математическими задачами, связанными с финансовыми расчётами. В финансовой математике любой финансовый инструмент рассматривается с точки зрения генерируемого этим инструментом некоторого (возможно случайного) денежного потока.

Основные направления:

- классическая финансовая математика или математика кредита (проведение процентных расчётов; вопросы, связанные с различными долговыми инструментами: векселями, депозитными сертификатами, облигациями; анализ потоков платежей, применяемый в банковском деле, кредитовании, инвестировании);
- стохастическая финансовая математика, включающая расчёт безарбитражной (или «справедливой») цены финансовых инструментов;
- проведение актуарных расчётов (составляющих математическую основу страхования);
- эконометрические расчёты, связанные с прогнозированием поведения финансовых рынков.

Задача классической финансовой математики сводится к сопоставлению денежных потоков от различных финансовых инструментов исходя из критериев временной ценности денег (с учётом фактора дисконтирования), оценка эффективности вложений в те или иные финансовые инструменты (включая оценку эффективности инвестиционных проектов), разработка критериев отбора инструментов. В классической финансовой математике по умолчанию предполагается детерминированность процентных ставок и потоков платежей.

Стохастическая финансовая математика имеет дело с вероятностными платежами и ставками. Основная задача состоит в получении адекватной оценки инструментов с учётом вероятностного характера рыночных условий и потока платежей от инструментов. Формально сюда можно отнести оптимизацию портфеля инструментов в рамках средне-дисперсионного анализа. Также на моделях стохастической финансовой математики основаны методы оценки финансовых рисков. При этом в стохастической финансовой математике возникает необходимость определить критерии оценки рисков в том числе для адекватной оценки финансовых инструментов.

Нарращение процентов

Расчётные процедуры финансовой математики основаны на принципах начисления процентов на вложенные средства. *Простые проценты* не предполагают реинвестирования получаемых процентов. Поэтому суммарная стоимость FV , получаемая за время t при вложении суммы PV , определяется линейно $FV_t = PV(1 + it)$.

Однако, чаще всего финансовая математика имеет дело со *сложными процентами*, когда учитывается реинвестирование (капитализация) получаемых процентов. В таком случае формула будущей стоимости принимает экспоненциальный вид:

$$FV_t = PV(1 + i)^t = PVe^{rt}, \quad r = \ln(1 + i)$$

где r — непрерывная или логарифмическая ставка. Последняя запись сложных процентов бывает удобна в аналитических целях.

В финансовой практике принято задавать **годовые** процентные ставки, начисление и капитализация при этом могут происходить чаще 1 раза в год. Если капитализация процентов происходит m раз в году, то формула будущей стоимости принимает вид

$$FV_t = PV(1 + i/m)^{mt} = PV(1 + i_e)^t$$

где $i_e = (1 + i/m)^m - 1$ — *эффективная годовая ставка процента*.

По эффективной ставке можно сравнивать различные варианты вложения средств с различными номинальными ставками и периодами капитализации процентов. При $m \rightarrow \infty$ имеем непрерывное начисление и формула принимает вид $FV_t = PVe^{rt}$. Эта формула эквивалентна вышеприведенной формуле для сложных процентов при ставке r равной логарифмической ставке.

Будущая и текущая стоимость [\[править\]](#) | [править вики-текст](#)

Базовое предположение в финансовой математике заключается в том, что в экономике существует возможность вложения любой суммы в некий (альтернативный) инструмент (по умолчанию — банковский депозит) под некоторую сложную ставку i . На основе принципов наращения сложных процентов по этой ставке i каждой денежной сумме (стоимости) в данный момент времени ставится в соответствие *будущая стоимость* на момент времени t (FV_t), а каждой сумме FV_t ставится в соответствие *текущая (приведенная, дисконтированная) стоимость* (PV):

$$FV_t = PV(1 + i)^t, \quad PV = \frac{FV_t}{(1 + i)^t} = FV_t(1 + i)^{-t}$$

Процесс приведения будущей стоимости к текущей называется *дисконтированием*. Ставку (доходность) альтернативного вложения i — ставкой дисконтирования.

Более обобщенно, сумме в момент времени t_1 можно поставить в соответствие сумму в момент времени t_2 :

$$S_{t_2} = S_{t_1}(1 + i)^{t_2 - t_1}$$

Причем данная формула справедлива как в случае $t_2 > t_1$, так и $t_2 < t_1$. Суммы, относящиеся или приведенные к одному моменту времени

сопоставимы. Исходя из этого возникает концепция временной стоимости (ценности) денег, сущность которой заключается в разной ценности одинаковых сумм в разные моменты времени. Дисконтирование этих сумм (приведение к одному моменту времени) по одинаковой ставке позволяет сопоставлять суммы для разных моментов времени (различные денежные потоки) между собой.

Если задан денежный поток $CF = (CF_{t_1}, \dots, CF_{t_k}, \dots, CF_{t_n})$, то будущая стоимость в момент времени $t > t_n$ вложений данного потока денег (в соответствующие моменты времени) будет суммой будущих стоимостей отдельных составляющих потока (предполагается, что денежный поток генерируется определенным финансовым инструментом или инвестиционным проектом или бизнесом в целом, и в то же время существует возможность вложить средства в альтернативный инструмент с фиксированной доходностью, равной ставке дисконтирования):

$$FV_t = \sum_{k=1}^n CF_{t_k} (1+i)^{t-t_k}$$

Данной сумме FV_t можно поставить в соответствие сумму в текущий момент времени в соответствии с общим правилом дисконтирования:

$$PV = FV_t / (1+i)^t = \sum_{k=1}^n CF_{t_k} (1+i)^{t-t_k} / (1+i)^t = \sum_{k=1}^n \frac{CF_{t_k}}{(1+i)^{t_k}}$$

В предельном случае следует рассматривать непрерывный денежный поток с плотностью $CF(t)$, тогда текущая стоимость непрерывного денежного потока будет равна следующему интегралу:

$$PV = \int_0^{\infty} CF(t) e^{-rt} dt$$

Таким образом, каждому денежному потоку ставится в соответствие его текущая (приведенная, дисконтированная) стоимость по ставке дисконтирования.

Для аннуитетов на основе формулы геометрической прогрессии получаем следующую формулу приведенной

стоимости $PV_i = a \frac{1 - (1+i)^{-t}}{i}$. Для вечного аннуитета (то есть при $t \rightarrow \infty$) получаем простое выражение $PV = a/i$. В случае бесконечного денежного потока с постоянным темпом роста получаем формулу

$$PV = \frac{CF_1}{i - g}$$

Гордона

Эффективная (внутренняя) доходность

Если финансовый инструмент имеет некую оценку стоимости, например, рыночную цену, цену покупки и т. д., то зная денежный поток от инструмента можно оценить его эффективную (внутреннюю) доходность как ставку дисконтирования, при которой приведенная стоимость будет равна фактической цене инструмента, то есть решение уравнения $P = PV(i)$ по ставке i . Данный показатель по разному может называться в зависимости от

рассматриваемой задачи и инструментов. Например, для облигаций — это доходность к погашению (YTM), для инвестиционных проектов — внутренняя ставка доходности (IRR).

Дюрация денежного потока

Значение приведенной стоимости является нелинейной функцией ставки дисконтирования. Соответственно полностью денежный поток характеризуется графиком приведенной стоимости по ставке дисконтирования. Чувствительность (эластичность) приведенной стоимости к изменению процентной ставки (логарифмическая производная по $1+i$) оказывается равной дюрации денежного потока — средневзвешенному сроку денежного потока (весами являются доли приведенных стоимостей отдельных составляющих потока в приведенной стоимости всего потока).

$$D = -\frac{\partial \ln PV}{\partial \ln(1+i)} = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{CF_{t_k} t_k}{(1+i)^{t_k}}}{\sum_{k=1}^n \frac{CF_{t_k}}{(1+i)^{t_k}}} = \bar{T}$$

В первом приближении в качестве дюрации можно использовать средневзвешенный срок денежного потока без учёта дисконтирования (то есть с нулевой ставкой дисконтирования). Дюрацию можно использовать для упрощенной оценки изменения текущей стоимости финансового инструмента при небольшом изменении ставки дисконтирования. Также дюрацию можно интерпретировать иначе — это приблизительно тот период, за который можно получить суммарную величину денежного потока, если вложить под ставку дисконтирования сумму, равную текущей стоимости этого денежного потока. В частном случае бескупонной облигации дюрация совпадает со сроком такой облигации. В случае вечного аннуитета дюрация равна $(1+i)/i$

Для уточнения оценки влияния изменения процентной ставки иногда наряду с дюрацией используют также поправку второго порядка — выпуклость. Она равна $\bar{T}^2 + \bar{T}$. В первом приближении можно принять ее равной $D^2 + D$.

Портфельная теория

Оптимизация портфеля обычно рассматривается в рамках средне-дисперсионного анализа. Впервые данный подход к формированию портфелей предложил Гарри Марковиц (впоследствии лауреат Нобелевской премии). В рамках данного подхода доходности инструментов предполагаются случайными величинами с некоторым средним уровнем (математическое ожидание), волатильностью (дисперсией) и ковариациями между доходностями инструментов. Дисперсия доходности является мерой риска вложений в данный инструмент или в портфель. Хотя формально подход применим при *любом* распределении доходностей, результаты могут быть лучше для нормального распределения, в связи с тем, что математическое ожидание и ковариационная матрица полностью характеризуют нормальное распределение.

Формулировки и решения задачи различаются в зависимости от тех или иных допущений, в частности, возможности отрицательных долей инструментов в портфеле (т. н. «короткие продажи»), наличия безрискового актива с нулевой дисперсией и корреляцией с другими активами и т. д. Задача может быть сформулирована как минимизация дисперсии портфеля при требуемой средней доходности и других ограничениях или же максимизацию доходности при заданном уровне риска (дисперсии). Также возможны иные формулировки, предполагающие максимизацию или минимизацию комплексных целевых функций, учитывающих и доходность и риск.

На основе портфельной теории Марковица в дальнейшем была разработана современная теория ценообразования финансовых активов — CAPM (Capital Assets Pricing Model).

Стохастические модели

Стохастические модели с дискретным временем

Базовая модель динамики цен финансовых инструментов — модель геометрического броуновского движения, согласно которой доходности (непрерывные, логарифмические) инструментов подчиняются процессу случайного блуждания:

$$r_t = \ln p_t - \ln p_{t-1} = \ln \frac{p_t}{p_{t-1}} = \varepsilon_t$$

где ε_t — белый шум

Данная модель удовлетворяет гипотезе эффективного рынка. В рамках данной гипотезы предполагается невозможность прогнозирования доходностей на будущие периоды на основании какой-либо информации, в том числе на основании информации о прошлых значениях доходностей.

В моделях ARIMA предполагается возможность прогнозирования доходностей на основе прошлых значений доходностей.

Модели GARCH предназначены для моделирования условной волатильности доходностей. Данные модели объясняют «толстые хвосты» распределения доходностей, а также кластеризацию волатильности, которые наблюдаются на практике. В некоторых моделях также учитывается возможность асимметрии уровня волатильности при снижении и при повышении рынка.

Имеются также иные подходы к моделированию волатильности — Модели стохастической волатильности.

Стохастические модели с непрерывным временем

- Модели, основанные на броуновском движении

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma S_t dW_t$$

где W_t стандартное броуновское движение (винеровский процесс)

- Диффузионные модели эволюции процентных ставок
- Модели ценообразования опционов
- Фрактальные модели

Лог-нормальная модель

Пусть S_t — случайная цена акции в периоде t , $t = 1, \dots, T$ — заданный интервал периодов. Вместо того, чтобы переходить к пределу в биномиальном процессе, можно напрямую предположить, что темп роста цены акции $\ln(S_t/S_{t-1})$ распределен нормально со средним μ и дисперсией σ^2 . (Заметим, что при переходе к пределу в биномиальном процессе нам не понадобилось такое предположение.) Если темпы роста цены независимы во времени, то величина $\ln(S_T/S_0)$ также распределена нормально со средним значением μT и дисперсией $\sigma^2 T$. Соответственно, S_T распределена лог-нормально со средним значением $S_0 \exp\{(\mu + \sigma^2/2)T\}$, а величина $(\ln(S_T/S_0) - \mu T) / \sigma \sqrt{T}$ распределена нормально со средним 0 и дисперсией 1.

При этих предположениях техника нейтральной риску оценки дает нам, что

$C = E(S_T) e^{-rT}$, где S_T — случайная цена колл-опциона на дату погашения. Но $E(S_T) = E(S_T | S_T > X) \cdot P(S_T > X)$.

($P(S_T > X)$ обозначает вероятность того, что $S_T > X$.)

Можно показать, что

$P(S_T > X) = N(d_1)$

$P(S_T > X) = N(d_2)$, $d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$ $P(S_T > X) = S_0 e^{-rT} N(d_1)$ Используя некоторые свойства

а логнормального распределения и нейтральной к риску оценки, можно получить формулу Блэка—Шоулза для цены опциона (Black—Scholes option pricing formula):

Производный финансовый инструмент — договор (контракт) реализации для его сторон прав и/или исполнение обязательств, связанных с изменением цены базового актива, лежащего в основе данного финансового инструмента, и ведущих к положительному или отрицательному финансовому результату для каждой стороны. Так, в основе дериватива лежит определённый базовый актив, которым могут являться товар, ценная бумага, процентные ставки, валюта, статистические данные и многое другое.

Согласно российскому законодательству, к производным финансовым инструментам относятся фьючерсы, форварды, опционы и свопы. Различают биржевые и внебиржевые деривативы. Так, к биржевым деривативам относят опционы и фьючерсы, к внебиржевым — форварды и свопы.

Представим определение каждого из инструментов:

- фьючерс — биржевой контракт, обязывающий его владельца осуществить (или принять) поставку товара определенного вида, качества и количества по определенной цене в оговоренный момент времени в будущем

- форвард — это контракт на совершение сделки купли-продажи базового актива в будущем по заранее оговорённой цене, обращается на внебиржевом рынке, составляется на договорной основе, базовый актив при этом не стандартизирован

- опцион — это контракт, который даёт право, но не налагает обязательства, его покупателю на покупку (в случае, если это опцион-колл) либо на продажу (в случае, если это опцион-пут) определённого базового актива у продавца (надписанта) опциона в течение оговоренного срока исполнения контракта (до даты экспирации) по заранее оговоренной цене (цене-страйк) с уплатой за это право продавцу премии (цены контракта)

- своп — это соглашение между сторонами, заключающееся в обмене платежами; по сути это несколько форвардных контрактов, обязательства по которым возникают с определённой периодичностью

Рассмотрим основные стратегии использования данных инструментов, а именно спекуляцию, хеджирование и арбитраж.

Спекуляция — это совершение сделок с целью получения прибыли от изменения рыночной стоимости инструмента. Спекулянты обеспечивают ликвидность рынка, однако готовы принять все риски на себя. Срочный рынок привлекателен для спекулянта большими возможностями ввиду того, что в сущность данных инструментов заложен механизм кредитного плеча. Так, для открытия позиции на срочном биржевом рынке необходимо внести лишь маржу или премию, поэтому деривативы позволяют игрокам совершать сделки на гораздо большую сумму по сравнению с той, которой располагает инвестор.

Однако соотношение доходности и риска говорит о том, что чем выше потенциально возможный доход, тем выше и риск. Поэтому целесообразно отметить, что вложения в биржевые деривативы несут в себе очень высокие риски, так как в случае движения рынка в обратном направлении участник сделки может понести немалые убытки.

Таким образом, вложение денег в производные финансовые инструменты является очень интересным и весьма доходным способом инвестирования, который, при условии правильного обращения с ним, способен значительно увеличить первоначальный капитал. При этом желательно обладать хотя бы минимальными знаниями, связанными с законами инвестирования, и понимать законы рынка

Второй стратегией использования деривативов является хеджирование рисков. Обратимся к понятию хеджирования.

Хеджирование — это страхование, снижение риска от потерь, обусловленных неблагоприятными для продавцов или покупателей изменениями рыночных цен на товары в сравнении с теми, которые учитывались при заключении договора

Многие компании, работающие с иностранными поставщиками по системе отсрочки платежа, часто сталкиваются с риском потерь от колебаний валютного курса. Это так же характерно и для организаций, специализирующихся на товарах, цены на которые обладают высокой волатильностью как внутреннем, так и на внешних рынках (например, сельскохозяйственная продукция, металлы, нефть и нефтепродукты). Для

компенсации этого вида риска в частности политикой многих западных компаний предусматривается использование хеджирования

Суть хеджирования состоит в том, что на срочном рынке заключается сделка, доходность по которой будет отрицательно коррелирована с доходностью базового актива. Любое изменение цены принесёт продавцу и покупателю выигрыш на одном рынке и проигрыш на другом. Таким образом, хеджирование позволяет зафиксировать цену в будущем

Фьючерсы могут торговаться с премией (ситуация контанго), могут со скидкой (ситуация бэквордэйшн), поэтому зачастую есть возможность не только захеджировать позицию по базовому активу, но и получить прибыль в размере базиса за вычетом издержек. Важно отметить, что при хеджировании фьючерсами финансовый результат хеджера будет одинаковый в случае движения цены базового актива в любом направлении

В случае с покупкой опциона (колл или пут) сумма, которую необходимо будет временно затратить на хеджирование, будет определяться премией по выбранной цене-страйк. По сравнению с фьючерсами опционы являются менее затратными и рискованными.

Фьючерсы желательно применять тогда, когда есть уверенность в прогнозах относительно будущего развития событий на рынке. Однако условия такого контракта требуют обязательного исполнения сделки и при ошибочных прогнозах возможны потери. Поэтому, чтобы ограничить риск хеджирования определенной суммой, целесообразнее применять опционы.

Стоит отметить, что фьючерсные и опционные контракты являются срочными и стандартизированными, и довольно сложно найти такие контракты, которые смогли бы захеджировать риск, как того желает инвестор.

Однако помимо стандартизированных контрактов на рынке широкое распространение получили внебиржевые деривативы — форварды и свопы, которые позволяют эффективно хеджировать базисный риск и имеют большую гибкость относительно условий заключения контракта.

Внебиржевые инструменты хеджирования заключаются на договорной основе и позволяют учесть любые условия срочной сделки. Однако не всегда легко найти контрагента по сделке ввиду низкой ликвидности внебиржевых деривативов.

Хеджирование форвардными контрактами подразумевает использование внебиржевых срочных сделок купли/продажи активов. Заключаемые контракты могут быть заключены на условиях полной поставки активов обоими сторонами (поставочные) или поставки одним контрагентом разницы между рыночной ценой на базовый актив на момент исполнения сделки и ценой контракта (индексные)

Своп-контракт также широко используется в хеджировании валютных, процентных, товарных рисков. Сфера применения данного финансового инструмента колоссальна. Так, к примеру, товарный своп позволяет

зафиксировать покупателю и продавцу соответственно цены покупки и продажи базового актива в будущем на протяжении долгого периода времени.

Таким образом, предназначение хеджирования в том, чтобы устранить неопределенность будущих денежных потоков (как отрицательных, так и положительных), что позволит иметь полное представление о будущих доходах и расходах, возникающих в процессе финансовой или коммерческой деятельности

Третьей стратегией применения производных финансовых инструментов является арбитраж. Арбитраж — извлечение фиксированной прибыли за счёт открытия противоположных позиций на один и тот же базовый актив, но на различных рынках. Так как существует рынок деривативов носит производный характер, то это даёт возможность совершения арбитражных операций.

Так, если цена на базовый актив и цена на срочном рынке, приведённые к одному и тому же периоду времени, будут отличаться, то это даёт возможность проведения арбитражной сделки.

Помимо рассмотренных выше стратегий, есть ещё множество возможностей, которые предлагают финансовому рынку производные финансовые инструменты. Так, деривативы широко используются при формировании инновационных финансовых продуктов, внедряемых посредством финансового инжиниринга в различные сферы экономической деятельности.

Таким образом, производные финансовые инструменты предлагают современному рынку большие возможности, связанные с хеджированием рисков, проведением спекулятивных и арбитражных сделок, внедрением инновационных продуктов на финансовый рынок. Развитие рынка производных финансовых инструментов и использование его возможностей будет способствовать совершенствованию деятельности различных субъектов финансового рынка.

Во многих простых теориях и моделях, оперирующих процентными ставками, предполагается независимость этих ставок от сроков заимствования. Любые рассматриваемые изменения процентной ставки также предполагаются одинаковыми, и зависимость ставки от срока заимствования представляется как прямая линия,двигающаяся вверх или вниз. Однако такое предположение противоречит наблюдаемой действительности. Даже далекие от экономики люди могут уверенно сказать, что процент на банковские вклады зависит, как правило, положительно от срока вклада, а кредитная ставка для предприятий, при прочих равных условиях, увеличивается с периодом заимствования. С развитием рынка активов с фиксированным доходом и теории их оценки, а также с увеличением роли процентных ставок в макроэкономической политике, временная структура процентных ставок, пути ее определения и управления

становятся все более важными вопросами в экономической теории и финансах.

Временная структура процентных ставок – это последовательность значений процентных ставок, упорядоченная по сроку погашения в определенный момент времени. Это функция процентной ставки по займу от времени до погашения, графическую презентацию которой называют кривой доходности. Природа процентных ставок определяет природу временной структуры, и в зависимости от типа ставок могут быть построены различные типы кривой доходности: кривая доходности к погашению, кривая бескупонной доходности, кривая форвардной ставки и мгновенной форвардной ставки¹.

Типичной формой кривой доходности является монотонно восходящая линия, которая характерна для большинства развитых стран в периоды стабильной макроэкономической ситуации или роста. Такую кривую часто называют нормальной кривой доходности. Однако на практике также встречается инвертированная (убывающая) кривая доходности, когда ставки по долгосрочным займам ниже ставок по краткосрочным займам; выпуклая форма (с горбом) – когда среднесрочные ставки выше долгосрочных и краткосрочных; U-форма – противоположность выпуклой форме; и S-форма – аналог U-формы, где долгосрочные ставки убывают со сроком погашения. Графики возможных форм кривой доходности представлены на рисунке 1.

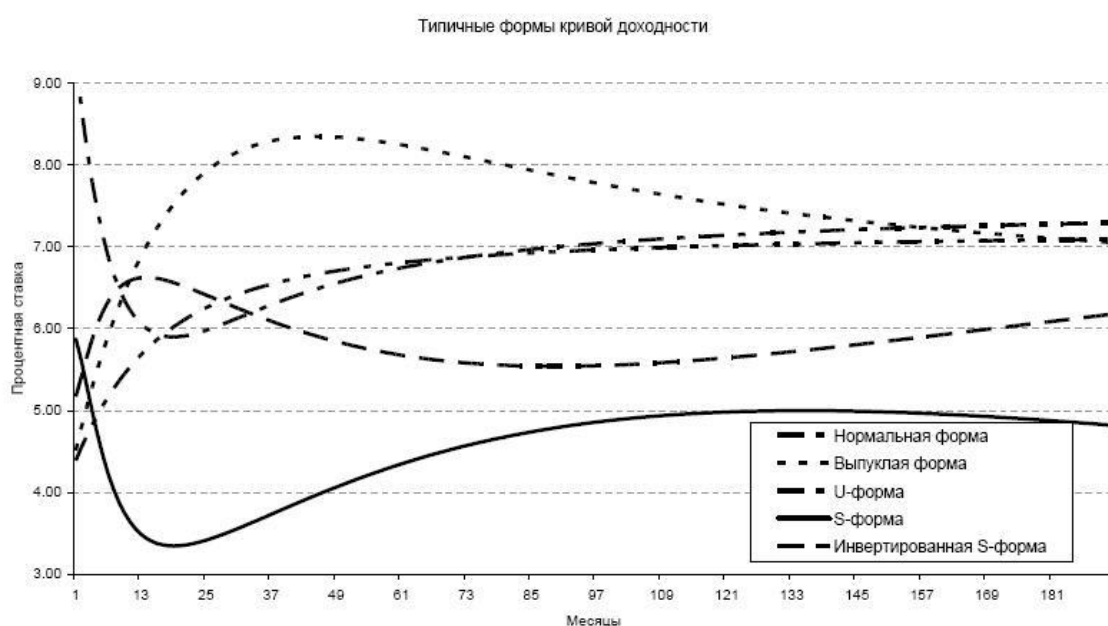


Рис.1. Кривые доходности процентных ставок

¹ Бригхем Ю., Гапенски Л. Финансовый менеджмент: Полный курс: В 2 т. . - СПб.: Экономическая школа, 2004. – с. 418.

Для дальнейшего анализа временной структуры процентных ставок необходимо определить различные ставки, а также другие понятия и обозначения, используемые в дальнейшем в работе.

Спот ставка $r(0, t)$ представляет собой ставку, под которую можно инвестировать средства в нулевой период времени на срок t . Спот ставки наблюдаемы и, например, для бескупонных облигаций равны доходностям к погашению².

Через спот ставку может быть определена непрерывно начисляемая форвардная ставка:

$$F(0, t, T) = \frac{Tr(0, T) - tr(0, t)}{T - t} \quad (1)$$

Форвардная ставка – это ставка по займам, которые осуществляются в будущем периоде t на срок $T - t$. Также может быть определена мгновенная форвардная ставка:

$$f(0, t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} F(0, t, t + \Delta t) \quad (2)$$

Между ставкой спот и мгновенной форвардной ставкой существует следующая зависимость:

$$r(0, t) = \frac{1}{t} \int_0^t f(0, \tau) d\tau \quad (3)$$

То есть спот ставка равна средней мгновенной форвардной ставке. Кривая мгновенной форвардной ставки пересекает кривую спот ставок в точке максимума последней. Из-за отсутствия развитых форвардных рынков форвардные ставки являются ненаблюдаемыми, и возможна лишь оценка подразумеваемых форвардных ставок на основе данных по существующим финансовым инструментам, например по спот ставкам облигаций.

Далее будут использованы обозначения $r(t) = r(0, t)$ для спот ставки и $f(t) = f(0, t)$ для мгновенной форвардной ставки, которые будут определяться в текущий (нулевой) момент времени.

Цена облигации равна сумме дисконтированных по спот ставке денежных потоков от облигации – купонных выплат и номинала:

$$B = \sum_{i=1}^N C_i e^{-r(t_i)t_i} + P e^{-r(t_M)t_M} \quad (4)$$

где N - количество купонов, C_i - i -ый купон, выплачиваемый в момент времени t_i , P - номинал облигации, выплачиваемый на дату погашения t_M . Как правило $t_N = t_M$.

² Дробышевский М.П. Обзор теорий временной структуры. - М.: ИЭПП, 2006. - с. 142.

Бескупонная доходность (zero-coupon yield, ZCY) – доходность к погашению бескупонной облигации, по которой предусмотрена только одна выплата в дату погашения облигации. Она может быть вычислена по формуле:

$$B = Pe^{-ZCY(t_M)t_M} \quad (5)$$

Дюрация облигации – средний срок выплат по облигации, взвешенный по величине платежа:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N t_i C_i e^{-YTM^* t_i} + t_M P e^{-YTM^* t_M}}{B} \quad (6)$$

Дюрация бескупонной облигации равна сроку до ее погашения.

Значение кривой безрисковой доходности и временной структуры процентных ставок можно оценить с точки зрения эмитента-государства, Центрального банка и участников финансового рынка³.

Для государства определение временной структуры ставок позволяет определить стоимость заимствований, эффективно управлять структурой долга и оптимизировать стоимость его обслуживания.

Для центрального банка как органа денежного регулирования временная структура ставок позволяет оценить ожидания рынка относительно будущих процентных ставок и уровня инфляции.

Индикатором ожиданий среднесрочных процентных ставок могут быть форвардные ставки, которые определяются по спот ставкам. Долгосрочный сегмент кривой доходности может служить индикатором инфляционных ожиданий. Кривая доходности отражает номинальные ставки, которые разбиваются (уравнение Фишера) на реальные ставки и инфляцию. Используя прогноз реальных процентных ставок или предположение об их неизменном значении, можно оценить долгосрочные прогнозы рынка относительно инфляции.

Участниками финансового рынка кривая доходности может быть использована для анализа рынка облигаций и оценки стоимости активов.

Безрисковый характер ставок кривой доходности позволяет оценить специфические премии (за риск, ликвидность, структуру выплат) по корпоративным облигациям и провести сравнительный анализ спредов доходностей этих бумаг к кривой доходности. Такой анализ позволяет выявить недооцененные или переоцененные облигации и использовать арбитражные возможности (например, при значительной разнице спредов бумаг с одинаковым кредитным качеством). Также анализ спредов позволяет оценить планируемую доходность размещаемых облигаций, что помогает корпоративным эмитентам определить оптимальную структуру купонных выплат для привлечения желаемого объема средств.

При оценке активов, например справедливой цены компании, кривая доходности позволяет оценить будущую стоимость заемного капитала.

³ Дробышевский М.П. Обзор теорий временной структуры. - М.: ИЭПП, 2006. – с. 148

Предполагая постоянство спреда между доходностями существующих выпусков облигаций компании и кривой доходности, или используя значения спреда компаний с одинаковым кредитным качеством, можно оценить форвардные ставки для конкретной компании, которые затем использовать как показатель стоимости заемного капитала.

Теории временной структуры процентных ставок

Научное объяснение формы временной структуры процентных ставок предлагается тремя альтернативными теориями: теорией чистых ожиданий (pure expectations theory), теорией сегментации рынка (market segmentation theory) и теорией временных предпочтений (preferred habitat theory). Согласно теории чистых ожиданий все различия в значениях спот-ставок для различных сроков вложений обусловлены рыночными ожиданиями уровней краткосрочных процентных ставок, которые установятся в будущем. Она включает два основных положения:

1. Для любого срока вложений m ожидаемые доходности вложений во все бескупонные облигации равны соответствующей спот-ставке $s(m)$:

$$\frac{\ln E_0^m P(n-m) - \ln P(n)}{m} = s(m) \quad \forall m, n \geq m, \quad (7)$$

где $E_0^m P(n-m)$ – цена бескупонной облигации со сроком до погашения $n-m$, которая, как ожидается рынком в начальный момент времени, установится через период времени m , $P(n)$ – цена бескупонной облигации со сроком до погашения n в начальный момент времени.

2. Для любого срока вложений m ожидаемые доходности всех возможных стратегий последовательного реинвестирования денежных средств в краткосрочные бескупонные облигации равны соответствующей спот-ставке $s(m)$:

$$\frac{s(\tau)\tau + E_0^\tau s(m-\tau)(m-\tau)}{m} = s(m) \quad \forall m, \tau \in (0; m), \quad (8)$$

где $E_0^\tau s(m-\tau)$ – спот-ставка для срока вложений $m-\tau$, которая, как ожидается рынком в начальный момент времени, установится через период времени τ .

Выполнение равенств (7) и (8) обеспечивается в результате торговли между инвесторами, не учитывающими процентный риск при принятии решений. Как предполагается в рамках теории чистых ожиданий, участники рынка готовы к мгновенному перемещению денежных средств в финансовый инструмент с наибольшей ожидаемой доходностью для заданного срока вложений, вне зависимости от уровня процентного риска, связанного с этой операцией. В результате ожидаемые доходности всех возможных вариантов вложений на заданный срок уравниваются. При этом спот-ставки для различных сроков вложений могут принимать различные значения, но все

расхождения между ними определяются исключительно рыночными ожиданиями будущих изменений краткосрочных процентных ставок⁴.

Если операторы рынка придерживаются предположения, что текущий уровень краткосрочной процентной ставки сохранится и в будущем, временная структура имеет вид горизонтальной прямой. Если они полагают, что в дальнейшем краткосрочная ставка будет возрасти, временная структура приобретает положительный наклон. Предположение о формировании понижательного тренда краткосрочных процентных ставок, принятое большинством инвесторов, влечет превышение текущих краткосрочных процентных ставок над долгосрочными.

Теория чистых ожиданий позволяет объяснить сколь угодно сложную форму временной структуры. В частности, локальный максимум спот-ставок при сроке вложений t объясняется предположением инвесторов о росте краткосрочной ставки в течение периода t и последующем снижении ее уровня. Однако теория чистых ожиданий не может объяснить, почему большую часть времени долгосрочные процентные ставки выше краткосрочных, что ставит под сомнение ее адекватность практике большинства финансовых рынков.

Если рынок корректно описывается теорией чистых ожиданий, то текущая временная структура процентных ставок позволяет определить рыночные ожидания уровней спот-ставок для различных будущих периодов времени. Оценки будущих спот-ставок, полученные в предположении выполнения условий теории чистых ожиданий, получили название форвардных процентных ставок (forward rates). Форвардная ставка, соответствующая будущему периоду $(t, t+\tau)$, определяется по формуле

$$f(t, t + \tau) = \frac{s(t + \tau)(t + \tau) - s(t)t}{\tau}. \quad (8)$$

Мгновенная форвардная ставка $f(t)$ определяется в результате предельного перехода

$$f(t) = \lim_{\tau \rightarrow 0} f(t, t + \tau) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{s(t + \tau)(t + \tau) - s(t)t}{\tau} = \lim_{\tau \rightarrow 0} \left(s(t + \tau) + t \frac{s(t + \tau) - s(t)}{\tau} \right) = s(t) + t \frac{\partial s}{\partial t}. \quad (9)$$

Радикальной альтернативой теории чистых ожиданий выступает теория сегментации, согласно которой определяющую роль на рынке играют не спекулянты, испытывающие нейтральное отношение к процентному риску и стремящиеся максимизировать прибыль, используя собственные прогнозы динамики процентных ставок, а хеджеры, стремящиеся минимизировать уровень процентного риска при помощи точной балансировки портфелей своих активов и обязательств. Как утверждают сторонники теории сегментации, форму временной структуры процентных ставок можно объяснить исходя из интересов крупных институциональных инвесторов, выступающих владельцами большей части облигаций. Коммерческие банки, ведущие расчетные счета и привлекающие средства на короткие сроки,

⁴ Дробышевский М.П. Обзор теорий временной структуры. - М.: ИЭПП, 2006. - с. 184.

предъявляют спрос главным образом на краткосрочные инструменты. Компании по страхованию ответственности и имущественных рисков заинтересованы прежде всего в среднесрочных объектах вложений, а пенсионные фонды и компании по страхованию жизни формируют основной спрос на долгосрочные облигации. Переток средств между сегментами рынка ограничен и может произойти лишь в случае существенной деформации временной структуры процентных ставок.

Поскольку эмитент облигаций заинтересован в увеличении сроков заимствования, а спектр интересов институциональных инвесторов смещен в сторону краткосрочных инструментов, в большинстве случаев равновесие на рынке устанавливается при превышении долгосрочных процентных ставок над краткосрочными. Усиление позиций долгосрочных инвесторов – страховых компаний и пенсионных фондов – способно деформировать временную структуру процентных ставок, существенно уменьшив тангенс угла ее наклона.

Таким образом, теория сегментации рынка объясняет форму временной структуры процентных ставок не характером прогнозов большинства инвесторов, а соотношением спроса и предложения долговых инструментов различной срочности, рынки которых независимы друг от друга. Поэтому она не позволяет вывести оценки будущих изменений рыночной конъюнктуры из текущей временной структуры процентных ставок⁵.

Теория чистых ожиданий и теория сегментации рынка основаны на весьма жестких и нереалистичных предпосылках, несовместимых между собой. Компромисс между утверждениями, выступающими фундаментом этих концепций, достигается в рамках теории временных предпочтений. Согласно теории временных предпочтений, инвесторам присуще стремление к устранению процентного риска, которое у большинства из них, впрочем, не носит абсолютного характера. Принятие определенного уровня риска считается допустимым, если оно компенсируется адекватным приращением ожидаемой доходности вложений.

В результате равновесная временная структура процентных ставок определяется как рыночными ожиданиями, так и временными предпочтениями инвесторов. Эффект временных предпочтений находит выражение в феномене временной премии (*term or liquidity premium*), которая определяет расхождение между процентными ставками для различных сроков вложений, не обусловленное рыночными ожиданиями будущих изменений конъюнктуры, а также размер вознаграждения за риск, связанный с размещением средств в финансовые инструменты, сроки платежа по которым не совпадают со сроками вложений инвесторов.

Анализ реакции временной структуры процентных ставок на динамику экономической активности в рамках делового цикла дает косвенное подтверждение адекватности теории временных предпочтений. В начале

⁵ Окулов В. Оценка временной структуры процентных ставок на рынке облигаций// Рынок ценных бумаг. - 2002. - N 4. - С. 75.

делового цикла временная структура характеризуется положительным наклоном. По мере того, как экономика отдаляется от нижней точки делового цикла, временная структура поднимается параллельно вверх, отражая рост спроса на кредитные ресурсы. Однако при переходе от фазы восстановления к фазе расширения форма временной структуры процентных ставок начинает изменяться.

Краткосрочные ставки продолжают расти, в то время как долгосрочные ставки несколько уменьшаются. Инвесторы понимают, что через какое-то время спрос на кредитные ресурсы перестанет расти, а пик краткосрочных ставок будет пройден. Это приводит к частичному инвертированию временной структуры, когда среднесрочные процентные ставки начинают превышать долгосрочные. Процесс продолжается вплоть до достижения пика делового цикла, когда вся временная структура процентных ставок на некоторое время приобретает отрицательный наклон. Здесь ожидания падения краткосрочных ставок чрезвычайно сильны, и они доминируют над временными предпочтениями инвесторов.

После прохождения пика долгосрочные процентные ставки поднимаются, а краткосрочные ставки практически не меняются, поэтому временная структура процентных ставок выравнивается. По мере распознавания симптомов спада происходит смягчение денежно-кредитной политики, и краткосрочные ставки резко падают. Долгосрочные ставки, в меньшей степени подверженные воздействию денежной политики, тоже снижаются, но на гораздо меньшую величину. Дело в том, что инвесторы предвосхищают наступление периода подъема следующего делового цикла, когда спрос на кредитные ресурсы и краткосрочные процентные ставки начнут подниматься. После прохождения нижней точки делового цикла процентные ставки достигают своего минимума, а временная структура вновь приобретает четко выраженный положительный наклон.

Поскольку большинство инвесторов осуществляют краткосрочные операции, их временные предпочтения смещены в сторону коротких инструментов. Поэтому на большинстве фаз делового цикла долгосрочные ставки превышают краткосрочные ставки.

Теория временных предпочтений обладает двумя важными достоинствами, которые позволяют отдать ей предпочтение перед теориями чистых ожиданий и сегментации рынка. Во-первых, ее предсказания согласуются с практикой большинства финансовых рынков (что не выполняется для теории чистых ожиданий). Во-вторых, она позволяет получать оценки будущих изменений процентных ставок на основе информации о временной структуре (что не выполняется для теории сегментации рынка). Поэтому при решении теоретических и прикладных проблем управления процентным риском портфеля государственных облигаций целесообразно использовать теорию временных предпочтений, а не ее альтернативы.

Реакция цены облигации на сдвиг временной структуры процентных ставок во многом определяется собственными параметрами облигации. Как показал Б.Малкиел, изменчивость цены облигации зависит от ее срока до погашения, купонной ставки и частоты выплаты купонов. Согласно теореме Хопвелла–Кауфмана, изменчивость цены облигации прямо пропорциональна ее дюрации Маколей.

Показатель дюрации (duration) был предложен американским экономистом Ф.Маколеем для измерения эффективной срочности финансовых инструментов с фиксированным доходом. Дюрация рассчитывается как средний срок до получения денежных выплат инвестору, взвешенный по их приведенной стоимости. В качестве ставки дисконтирования Маколей использовал внутреннюю норму доходности финансового инструмента, или его доходность к погашению.

При непрерывном начислении процентов доходность к погашению y_j определяется как решение уравнения

$$P_j = \sum_i CF_{ji} e^{-y_j t_i}, \quad (10)$$

где P_j – текущая рыночная цена финансового инструмента j , CF_{ji} – денежный платеж по финансовому инструменту j через период времени t_i .

Тогда формула дюрации Маколей записывается как

$$D_j^M = \frac{\sum_i CF_{ji} e^{-y_j t_i} t_i}{P_j}. \quad (11)$$

Как свидетельствует уравнение (11), дюрация бескупонной облигации совпадает с ее сроком до погашения. Дюрация купонной облигации меньше ее срока до погашения, причем это расхождение возрастает по мере увеличения срочности облигации, а также размера выплачиваемых купонов.

Существенной особенностью дюрации Маколей является ее жесткая привязка к внутреннему параметру финансового инструмента – доходности к погашению – и относительная независимость от сложившейся рыночной конъюнктуры. Какой бы ни была форма временной структуры процентных ставок, все денежные поступления от одного финансового инструмента дисконтируются по одной и той же ставке, равной его доходности к погашению. В то же время одновременные денежные платежи по финансовым инструментам с одинаковым уровнем кредитного риска, но с различной доходностью к погашению, дисконтируются по различным ставкам. Сам Маколей осознавал этот недостаток предложенного показателя, но полагал, что практическое осуществление корректной процедуры дисконтирования невозможно в связи с непреодолимостью трудностей, связанных с построением временной структуры процентных ставок.

Продифференцировав цену облигации по ее доходности к погашению, М.Хопвелл и Г.Кауфман показали, что для заданного изменения доходности к погашению процентное изменение цены облигации прямо пропорционально ее дюрации:

$$\frac{\Delta P_j}{P_j} \approx -D_j^M \Delta y_j \quad (12)$$

Дюрация позволяет приближенно оценивать реакцию цены облигации на изменение доходности к погашению, используя простое линейное уравнение. Чем больше значение показателя дюрации, тем выше чувствительность цены облигации к изменению доходности к погашению и тем существеннее потери инвестора в случае неблагоприятного сдвига временной структуры процентных ставок.

Однако функциональная зависимость между ценой облигации и ее доходностью к погашению не является линейной: цена облигации более чувствительна к снижению доходности к погашению, нежели к ее увеличению, а облигации с одинаковой дюрацией по-разному реагируют на большие изменения доходности к погашению. С.Диллер и Р.Даттатрейя проиллюстрировали эти эффекты при помощи разложения в ряд Тейлора функции зависимости цены облигации от ее доходности к погашению:

$$P_j(y_j + \Delta y_j) - P_j(y_j) \approx \frac{\partial P_j}{\partial y_j}(y_j) \Delta y_j + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P_j}{\partial y_j^2}(y_j) (\Delta y_j)^2 \quad (13)$$

Отсюда

$$\frac{P_j(y_j + \Delta y_j) - P_j(y_j)}{P_j(y_j)} \approx -D_j^M \Delta y_j + \frac{1}{2} C_j (\Delta y_j)^2, \quad (14)$$

где выпуклость (convexity) облигации C_j определяется из условия

$$C_j = \frac{\sum_i CF_{ji} e^{-y_j t_i} t_i^2}{\sum_i CF_{ji} e^{-y_j t_i}} \quad (15)$$

Чем больше выпуклость облигации, тем меньше потери инвестора в случае роста процентных ставок и тем больше его выигрыш в случае падения процентных ставок. Облигации с большой выпуклостью обладают чертами опциона: они позволяют ограничить размер потерь при неблагоприятном изменении рыночной конъюнктуры, сохраняя при этом возможность получения прибыли при благоприятном сдвиге временной структуры.

Модели кривой доходности

На протяжении более чем тридцати лет исследований структуры процентных ставок было предложено множество моделей ее оценки на основе рыночных данных. Всё множество подходов к построению кривой доходности можно разделить на функциональные модели и модели, основанные на сплайнах, которые отличаются различным соотношением между качеством приближения к реальным данным и гладкостью.

Функциональный подход предполагает представление кривой доходности как единой функции для всех сроков погашения. Вид функции может быть получен из моделей поведения процентных ставок и отвечать теоретическим предпосылкам экономических моделей, или может

использоваться класс аппроксимирующих функций, например экспоненциальные или полиномиальные функции.

Функция кривой доходности может быть получена из стохастических моделей процентных ставок, например из модели Васичека. В этой модели изменение краткосрочных процентных ставок задается уравнением:

$$dr(t) = \lambda (r(\infty) - r(t))dt + \sigma dz(t), \quad (16)$$

где $z(t)$ - стандартное броуновское движение. При отсутствии случайного члена, то есть $\sigma = 0$, решением является экспоненциальная функция:

$$r(t) = r(\infty) - (r(\infty) - r(0))e^{-\lambda t} \quad (17)$$

Величины $r(\infty)$ и $r(0)$ равны равновесной краткосрочной ставке и некоторой начальной краткосрочной ставке. Масштабирующий параметр λ характеризует скорость приближения текущего значения ставки к равновесному уровню.

Кривая доходности в стохастической модели Васичека задается формулой:

$$r(t) = r(\infty) - (r(\infty) - r(0)) * \left(\frac{1 - e^{-\lambda t}}{\lambda t} \right) + \frac{\sigma^2 t}{4\lambda} \left(\frac{1 - e^{-\lambda t}}{\lambda t} \right)^2 \quad (18)$$

Кривая доходности Васичека может быть прямой линией, возрастающей или убывающей, однако данная функция не позволяет кривой доходности иметь S-форму, горб (среднесрочные ставки выше как краткосрочных, так и среднесрочных), или, наоборот, U-форму⁶.

Кроме модели Васичека для получения функции кривой доходности могут быть использованы другие стохастические модели краткосрочных ставок, например модели Хала-Уайта, Кокса-Ингерсолла-Росса, Хо-Ли. Однако использование более сложных моделей, несмотря на свою теоретическую обоснованность, приводит к получению сложных многопараметрических функций кривой доходности, которые плохо приближаются к рыночным данным.

Модель Нельсона-Сигеля (Nelson-Siegel, 1987) является одной из наиболее часто применяемых моделей на практике. В их работе «Parsimonious Modeling of Yield Curve» («Простое моделирование кривой доходности») было отмечено, что класс функций, легко представляющий типичные формы кривой доходности, связан с решением дифференциальных Уравнений. Кроме того, «теория ожиданий временной структуры процентных ставок дает эвристическую мотивацию для исследования этого класса функций, так как если спот ставки задаются дифференциальным уравнением, то форвардные ставки, являясь прогнозами (ожиданий), будут решениями этих уравнений».

Эксперименты с классом функций, являющихся решением линейного дифференциального уравнения второго порядка с действительными и неравными корнями характеристического уравнения, показали плохое

⁶ Дробышевский М.П. Обзор теорий временной структуры. - М.: ИЭПП, 2006. - с. 217.

приближение к реальным данным и отсутствие сходимости оценок, что является признаком избыточного количества параметров. Авторами было сделано предположение о равенстве корней характеристического уравнения, что дает более простое выражение для мгновенной форвардной процентной ставки:

$$f(t) = a_0 + a_1 e^{-\lambda t} + a_2 \lambda_1 t e^{-\lambda t} \quad (19)$$

Интегрирование функции (19) от 0 до t дает выражение для спот ставок в данной модели:

$$r(t) = a_0 + a_1 \frac{1 - e^{-\lambda t}}{t \lambda} + a_2 \left(\frac{1 - e^{-\lambda t}}{t \lambda_1} - e^{-\lambda_1 t} \right) \quad (20)$$

Кривая доходности Нельсона-Сигеля может принимать любые формы: монотонно возрастающую или убывающую, выпуклую (с горбом), U-форму и S-форму, которые встречаются на практике. Кроме того, каждое слагаемое в функции спот ставок оказывает наибольшее влияние на кратко-, средне- и долгосрочный сегмент кривой доходности, что добавляет гибкости модели.

Данная модель хорошо зарекомендовала себя на рынках как развитых, так и развивающихся стран. Она хорошо подходит для описания временной структуры ставок при малом количестве ценных бумаг, на основе доходностей которых строится кривая доходности, а также позволяет получить гладкую форму кривой, которую можно использовать в макроэкономических исследованиях и оценке финансовых инструментов.

Модель Свенссона (Svensson, 1994) является модификацией модели Нельсона-Сигеля. В этой модели в формулу (19) добавляется еще одно слагаемое, которое позволяет получить еще один горб у кривой доходности:

$$f(t) = a_0 + a_1 e^{-\lambda t} + a_2 \lambda_1 t e^{-\lambda t} + a_3 \lambda_2 t e^{-\lambda_2 t} \quad (21)$$

Исследуя структуру форвардных ставок Швеции, Свенссон обнаружил недостаточную гибкость модели Нельсона-Сигеля при описании отдельных сегментов кривой доходности. Добавление слагаемого позволяет более точно оценить специфическую структуру ставок в отдельные промежутки времени, как правило, на краткосрочном сегменте кривой доходности. При оценке параметров модели Свенссона иногда используют значения четырех коэффициентов, полученные при оценке модели Нельсона-Сигеля, а затем проверяют значимость дополнительного слагаемого. Если модификация приводит к значительному улучшению приближения оцененной кривой к рыночным данным, и коэффициент a_2 оказывается значимым, то используют модель Свенссона, в противном случае используют базовую модель Нельсона-Сигеля. Такой метод используется в оценке кривой бескупонной доходности Национальным банком Бельгии.

Сплайновые модели основываются на кусочном приближении индивидуальных сегментов кривой доходности сплайновыми функциями, которые гладко соединяются в узловых точках. На ограниченном интервале любая непрерывная функция может быть приближена произвольной полиномиальной функцией, и точность приближения увеличивается с ростом степени полинома. Однако использование единственной

полиномиальной функции высокой степени для приближения кривой доходности для всех сроков погашения часто отличается недостаточной сглаженностью полученной кривой доходности. Для решения этой проблемы полиномиальные функции высоких порядков приближаются последовательностью полиномов низких порядков. Как правило, в качестве сплайновых функций используются квадратичные или кубические полиномы, аппроксимирующие кривую доходности на отдельных сегментах между узловыми точками, в которых значения ставок определяются из рыночных данных. Гладкое соединение сплайнов обеспечивается путем подбора параметров соседних сплайнов таким образом, чтобы их значения и значения первой производной (квадратичные сплайны), или значения первой и второй производной (кубические сплайны), совпадали в узловых точках.

При очень большом количестве узловых точек кривизна каждого сплайна может быть любой и кривая доходности в таком случае может быть негладкой, значительно изменяясь на отдельных сегментах при изменении значений ставок в узловых точках. В 1995 году Fisher, Nychka и Zervos разработали метод сглаживающих сплайнов (smoothing splines), который позволяет получить гладкое приближение кривой доходности с использованием сплайнов, сохраняя качество приближения. В их методе изначально задается максимальное количество узловых точек, что приводит к разделению кривой доходности на множество участков и появлению большого числа параметров, задающих каждый сплайн. Затем определяется оптимальное число узловых точек путем минимизации отношения суммы квадратов ошибок к количеству параметров всей кривой доходности. Таким образом удастся исключить некоторую часть узловых точек и параметров, которые не вносят существенный вклад в улучшение качества приближения модели.

Выбор модели для приближения кривой доходности на конкретном рынке определяется несколькими факторами. Важным фактором является количество торгуемых облигаций, на основе данных по которым оценивается кривая доходности. Функциональные модели хорошо подходят для экстраполяции – они позволяют достаточно точно оценить ставки для тех сроков погашения, близко к которым не погашается ни одна бумага. Также они позволяют получить адекватные оценки ставок между сроками погашения торгуемых бумаг, если существуют большие разрывы данных. Сплайновые модели дают хорошие результаты при большом количестве торгуемых бумаг, достаточно равномерно распределенных по срокам погашения. Однако их можно использовать только для интерполяции – для оценки ставок на сроках в диапазоне между минимальным и максимальным сроком среди торгующихся бумаг. За этими пределами полиномиальные сплайны без ограничений на абсолютное значение и значения производных стремятся к бесконечности.

Другим критерием, тесно связанным с первым, является ликвидность рынка. Большое число сделок и большие объемы торгов минимизируют

возможность нерыночного ценообразования и появления случайных скачков цен и доходностей, связанных с единичными сделками. В таком случае выбор модели может зависеть от целей анализа. Если определение временной структуры ставок требуется для макроэкономического анализа, оценки ожиданий ставок и инфляции, то функциональные модели имеют преимущество за счет своей гладкости, экстраполирующих возможностей и простоты оценки. Если же определение структуры ставок требуется для оценки финансовых активов, например для определения стоимостей торгуемых облигаций, и выявления арбитражных возможностей, то сплайновые модели имеют преимущество. При выполнении первого ограничения на значительное количество одновременно торгуемых ценных бумаг, сплайновые модели позволяют оценить особенности каждого временного участка кривой доходности и получить более точные оценки справедливых стоимостей ценных бумаг. Если рынок низколиквидный, и по некоторым бумагам в день проходят единичные сделки, или сделки отсутствуют, то это чревато появлением значительных случайных выбросов данных, из-за чего сплайновые модели могут дать необоснованный изгиб на определенных участках. Функциональные модели благодаря своей сравнительной жесткости позволяют сгладить такие выбросы, добавляя кривым доходности преемственности, которая предполагает возможность сравнения кривых, построенных в разные моменты времени (торговые дни).

Тема 5. Математические методы и модели анализа и прогнозирования развития социально-экономических процессов

Разработка вариантов, сценарий, обобщение и упорядочение с помощью эконометрических, имитационных, оптимизационных и др. моделей.

Социально-экономическое предвидение основных направлений общественного развития предполагает использование специальных вычислительных и логических приемов, позволяющих определить параметры функционирования отдельных элементов производительных сил в их взаимосвязи и взаимозависимости. Систематизированное научно обоснованное прогнозирование развития социально-экономических процессов на основе специализированных осуществляется с первой половины 50-х годов, хотя некоторые методики прогнозирования были известны и ранее. К ним относятся: логический анализ и аналогия, экстраполяция тенденций, опрос мнения специалистов и ученых.

В развитии методологии прогнозирования социально-экономических процессов большую роль сыграли научные разработки отечественных и зарубежных ученых А.Г. Аганбегяна, И.В. Бестужева-Лады, Л. Клейна, В. Гольдберга. В работах этих ученых рассматривается значение, сущность и функции прогнозирования, его роль и место в системе планирования, исследуются вопросы методологии и организации экономического прогнозирования, показываются особенности научного прогнозирования. Развитие работ, освещающих вопросы прогнозирования, осуществляются по таким основным направлениям: углубление теоретических и прикладных разработок нескольких групп методик, отвечающих требованиям разных объектов и разных видов работ по прогнозированию; разработка и реализация на практике специальных способов и процедур использования различных методических приемов в ходе конкретного прогнозного исследования; поиск путей и способов алгоритмизации методик прогнозирования и реализация их с использованием ЭВМ.

Под методами прогнозирования следует понимать совокупность приемов и способов мышления, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, экзогенных (внешних) и эндогенных (внутренних) связей объекта прогнозирования, а также их измерений в рамках рассматриваемого явления или процесса вывести суждения определенной достоверности относительно его (объекта) будущего развития.

По оценкам отечественных и зарубежных ученых, в настоящее время насчитывается свыше 20 методов прогнозирования, однако число базовых значительно меньше (15-20). Многие из этих методов относятся скорее к отдельным приемам и процедурам, учитывающим нюансы объекта прогнозирования. Другие представляют собой набор отдельных приемов, отличающихся от базовых или друг от друга количеством частных приемов и последовательностью их применения.

В существующих источниках представлены различные классификационные принципы методов прогнозирования. Одним из наиболее важных классификационных признаков методов прогнозирования является степень формализации, которая достаточно полно охватывает прогностические методы. Вторым классификационным признаком можно назвать общий принцип действия методов прогнозирования, третьим - способ получения прогнозной информации. На рис. 1.1 представлена классификационная схема методов прогнозирования.

Как свидетельствует схема, представленная на рис. 1.1, по степени формализации (по первому классификационному признаку) методы экономического прогнозирования можно разделить на *интуитивные* и *формализованные*. Интуитивные методы прогнозирования используются в тех случаях, когда невозможно учесть влияние многих факторов из-за значительной сложности объекта прогнозирования. В этом случае используются оценки экспертов. При этом различают *индивидуальные* и *коллективные* экспертные оценки.

В состав индивидуальных экспертных оценок входят: метод «интервью», при котором осуществляется непосредственный контакт эксперта со специалистом по схеме «вопрос - ответ»; аналитический метод, при котором осуществляется логический анализ какой-либо прогнозируемой ситуации, составляются аналитические докладные записки; метод написания сценария, который основан на определении логики процесса или явления во времени при различных условиях.

Классификационная схема методов прогнозирования

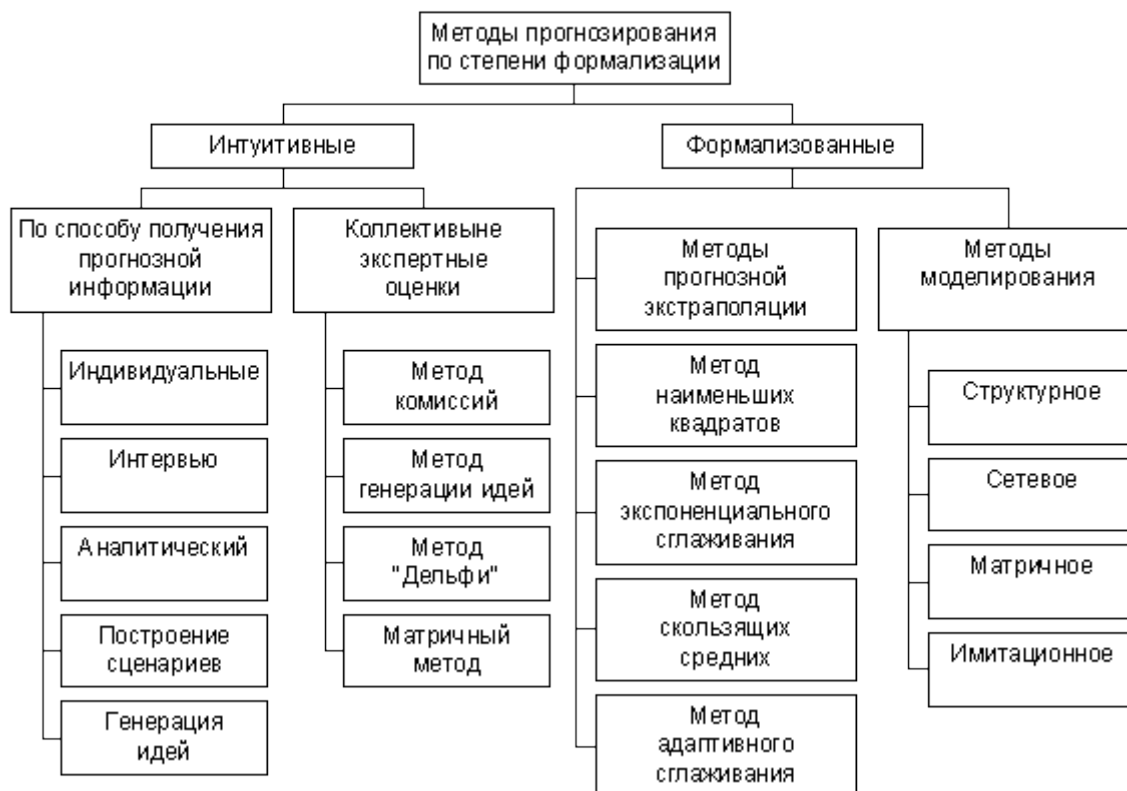


Рис. 1.1

Методы коллективных экспертных оценок включают в себя метод «комиссий», «коллективной генерации идей» («мозговая атака»), метод «Дельфи», матричный метод. Эта группа методов основана на том, что при коллективном мышлении, во-первых, выше точность результата во-вторых, при обработке индивидуальных независимых оценок, выносимых экспертами, по меньшей мере могут возникнуть продуктивные идеи.

В группу формализованных методов входят две подгруппы: экстраполяции и моделирования. К первой подгруппе относятся методы: наименьших квадратов, экспоненциального сглаживания, скользящих средних. Ко второй - структурное, сетевое и матричное моделирование.

Рассмотренные классы интуитивных и формализованных методов схожи по своему составу с экспертными и фактографическими методами. Фактографические методы основаны на фактически имеющейся информации об объекте прогнозирования и его прошлом развитии, экспертные базируются на информации, полученной по оценкам специалистов-экспертов.

В класс экспертных методов прогнозирования входит метод эвристического прогнозирования (эвристика - наука, изучающая продуктивно творческое мышление). Это аналитический метод, суть которого заключается в построении и последующем усечении «дерева поиска» экспертной оценки с использованием какой-либо эвристики. При этом методе осуществляется специализированная обработка прогнозных экспертных оценок, получаемых путем систематизированного опроса высококвалифицированных специалистов. Он применяется для разработки прогнозов научно-технических проблем и объектов, анализ развития которых либо полностью, либо частично не поддается формализации.

В изученной литературе представлено значительное количество классификационных схем по методам прогнозирования. Основная погрешность таких схем - нарушение принципов классификации, к числу которых относятся: достаточная полнота охвата методов прогнозирования, единство классификационного признака на каждом уровне членения (при многоуровневой классификации), непересекаемость разделов классификации, открытость классификационной схемы (т. е. Возможность дополнения новыми методами).

В большинстве классификационных схем методы прогнозирования разделяются на три основных класса: методы экстраполяции, экспертных оценок и моделирования. При таком разделении методам экстраполяции противопоставляются как самостоятельный класс методы моделирования.

С одной стороны, построение моделей преследует цель вскрыть закономерность развития изучаемого объекта или процесса на некотором ретроспективном участке. И если модель построена правильно и адекватно отражает связи и свойства реального объекта, она может служить основой для экстраполяции, т. е. Для перенесения некоторых выводов о поведении

модели на объект. Это и есть прогнозирование поведения объекта путем экстраполяции тенденций, выявляемых на модели.

С другой стороны, методы экстраполяции - не что иное, как использование теоретических и эмпирических моделей для нахождения переменных вне ретроспективного участка наблюдений по данным зависимостей между ними на ретроспективном участке. Таким образом, применение экстраполяции в прогнозировании всегда предполагает использование каких-либо моделей. Поэтому любое моделирование является основой для экстраполяции.

Конструктивная классификация позволяет наглядно изобразить совокупность методов прогнозирования в виде иерархического дерева и охарактеризовать каждый уровень своим классификационным признаком. (рис. 1.2)

На первом уровне все методы по признаку «информационное основание метода» делятся на три класса: фактографические, комбинированные и экспертные.

Фактографические базируются на фактической информации об объекте прогнозирования и его прошлом развитии. В экспертных методах используется информация, которую доставляют специалисты-эксперты в процессе систематизированных процедур выявления и обобщения их мнений. В свою очередь, классы экспертных и фактографических методов подразделяются на подклассы по методам обработки информации.

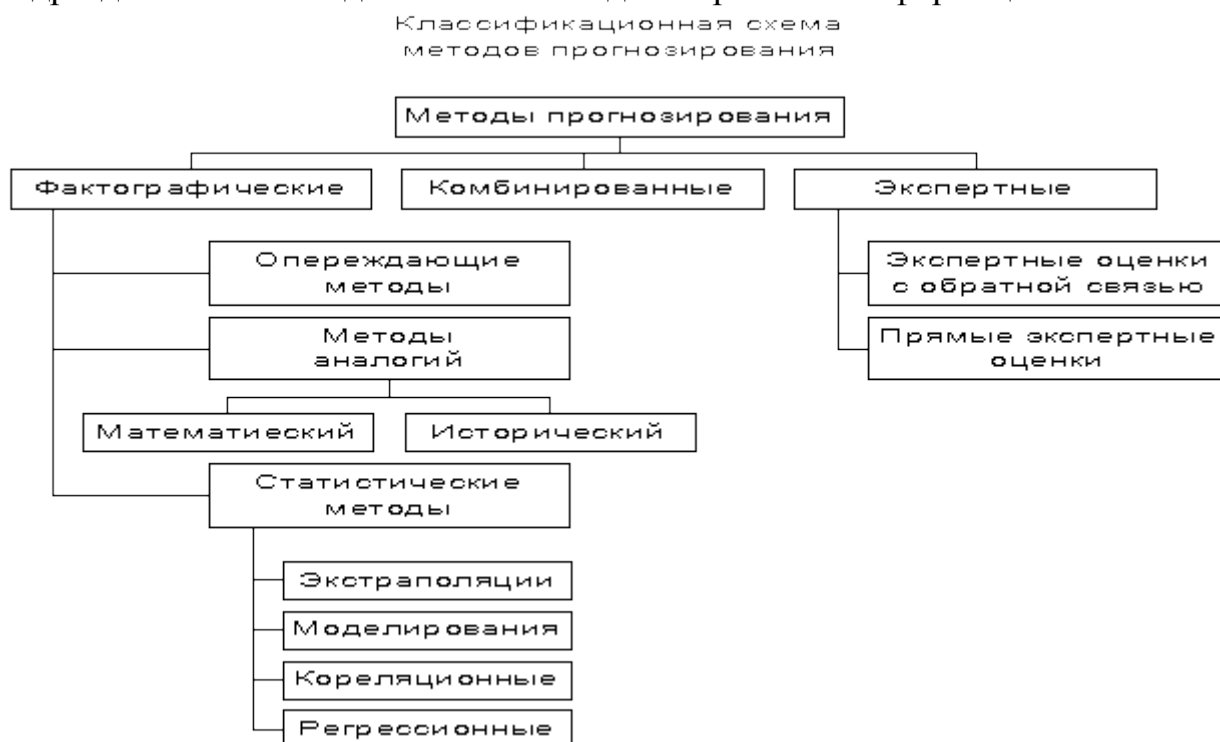


Рис. 1.2

Экспертные методы разделяются на два подкласса. Прямые экспертные оценки строятся по принципу получения и обработки независимого обобщенного мнения коллектива экспертов (или одного из них) при

отсутствии воздействия на мнение каждого эксперта мнения другого эксперта и всего коллектива. Экспертные оценки с обратной связью в том или ином виде реализуют принцип обратной связи на основе воздействия на оценку экспертной группы (одного эксперта) мнениями, полученными ранее от этой группы (или от одного из экспертов).

Класс фактографических методов объединяет следующие три подкласса: методы аналогий, опережающие и статистические методы.

Методы аналогий направлены на выявление сходства в закономерностях развития различных процессов. К ним относятся методы математических и исторических аналогий. Методы математических аналогий в качестве аналога для объекта используют объекты другой физической природы, других областей науки и техники, имеющие математическое описание процесса развития, совпадающие с объектом прогнозирования.

Опережающие методы прогнозирования основаны на определенных принципах специальной обработки научно-технической информации, учитывающих ее свойство опережать прогресс науки и техники. К ним относятся методы исследования динамики научно-технической информации, использующие построение динамических рядов на базе различных видов такой информации, анализа и прогнозирования на этой основе развития соответствующего объекта (например, метод огибающих). К опережающим методам можно отнести также методы исследования и оценки уровня техники, основанные на использовании специальных методов анализа количественной и качественной научно-технической информации для определения характеристик уровня качества существующей и проектируемой техники.

Статистические методы представляют собой совокупность методов обработки количественной информации об объекте прогнозирования, объединенной по принципу выявления содержащихся в ней математических закономерностей изменения характеристик данного объекта с целью получения прогнозных моделей.

Сложность выбора наиболее эффективного метода экономического прогнозирования заключается в определении относительно классификации методов прогнозирования характеристик каждого метода, перечня требований к ретроспективной информации и прогнозному фону.

В связи с этим возникает необходимость подробнее остановиться на основных классах методов экономического прогнозирования.

В случаях чрезвычайной сложности системы, его новизны, неопределенности формирования некоторых существенных признаков, недостаточной полноты информации, наконец, невозможности полной математической формализации процесса решения поставленной задачи приходится обращаться к рекомендациям компетентных специалистов. Их решение задачи, аргументация, подход, формирование количественных оценок результатов, обработка последних формальными методами получили название метода экспертных оценок. Этот метод включает три

составляющие: интуитивно-логический анализ задачи или ее фрагмента; решение и выдачу количественной или качественной характеристики (оценка, результат решения); обработку результатов решения - полученных от экспертов - оценок.

Одной из разновидностей метода экспертных оценок является метод коллективной генерации идей («мозговая атака»), позволяющей определять возможные варианты развития объекта прогнозирования за короткий период времени. Методы «мозговых атак» можно классифицировать по признаку наличия или отсутствия обратной связи между руководителем и участниками «мозговой атаки» в процессе решения некоторой проблемной ситуации. Создавшаяся ситуация потребовала разработать метод «мозговой атаки» - деструктивной отнесенной оценки (ДОО), способный качественно и достаточно быстро проводить оценку вариантов, не ограничивая при этом их числа.

Сущность этого метода состоит в актуализации творческого потенциала специалистов при «мозговой атаке» проблемной ситуации, реализующей вначале генерацию идей и последующее деструктурирование (разрушение, критику) этих идей с формированием контридей. Работа с методом ДОО предполагает реализацию следующих шести этапов.

Первый этап - формирование группы участников «мозговой атаки» (по численности и составу). Оптимальная численность группы участников находится эмпирическим путем: наиболее продуктивными признаны группы в 10-15 человек. Состав группы участников предполагает их целенаправленный подбор: 1) из лиц примерно одного ранга, если участники знают друг друга; 2) из лиц разного ранга, если участники не знакомы друг с другом (в этом случае следует нивелировать каждого из участников присвоением ему номера с последующим обращением к участнику по номеру).

Второй этап - составление проблемной записки участника мозговой атаки. Она составляется группой анализа проблемной ситуации и включает описание метода ДОО и описание проблемной ситуации.

Третий этап - генерация идей. Продолжительность мозгового штурма рекомендуется не менее 20 минут и не более 1 часа в зависимости от активности участников. Запись высказываемых идей целесообразно вести на магнитофон, чтобы не «пропустить» ни одну идею и иметь возможность систематизировать их для следующего этапа.

Четвертый этап - систематизация идей, высказанных на этапе генерации. Систематизацию идей группа анализа проблемной ситуации осуществляет в такой последовательности: составляется номенклатурный перечень всех высказанных идей; каждая из идей формулируется в общеупотребительных терминах; определяются дублирующие и дополняющие идеи; дублирующие и (или) дополняющие идеи объединяются и формируются в виде одной комплексной идеи; выделяются признаки по которым идеи могут быть объединены; идеи объединяются в группы

согласно выделенным признакам; составляется перечень идей по группам (в каждой группе идеи записываются в порядке их общности от более общих к частным, дополняющим или развивающим более общие идеи).

Пятый этап - деструктурирование (разрушение) систематизированных идей (специализированная процедура оценки идей на практическую реализуемость в процессе мозговой атаки, когда каждая из них подвергается всесторонней критике со стороны участников мозговой атаки).

Основное правило этапа деструктурирования - рассматривать каждую из систематизированных идей только с точки зрения препятствий на пути к ее осуществлению, т. е. участники атаки выдвигают выводы, отвергающие систематизированную идею. Особенно ценным является то обстоятельство, что в процессе деструктурирования может быть генерирована контридея, формулирующая имеющиеся ограничения и выдвигающая предположение о возможности снятия этих ограничений.

Шестой этап - оценка критических замечаний и составление списка практически применимых идей.

Метод коллективной генерации идей апробирован на практике и позволяет находить групповое решение при определении возможных вариантов развития объекта прогнозирования, исключая путь компромиссов, когда единое мнение нельзя считать результатом беспристрастного анализа проблемы.

В 1970-1980 гг. созданы отдельные методики, позволяющие в определенной мере организовать статистическую обработку мнений экспертов-специалистов и достигнуть более или менее согласованного мнения. Метод «Дельфи» - один из наиболее распространенных методов экспертной оценки будущего, т. е. экспертного прогнозирования. Этот метод разработан американской исследовательской корпорацией РЭНД и служит для определения и оценки вероятности наступления тех или иных событий.

Метод «Дельфи» построен на следующем принципе: в неточных науках - мнения экспертов и субъективные суждения в силу необходимости должны заменить точные законы причинности, отражаемые естественными науками.

Метод «Дельфи» позволяет обобщать мнения отдельных экспертов в согласованное групповое мнение. Ему присущи все недостатки прогнозов, построенных на основе экспертных оценок. Однако проводимые корпорацией РЭНД работы по совершенствованию этой системы значительно повысили гибкость, быстроту и точность прогнозирования. Метод «Дельфи» характеризуется тремя особенностями, которые отличают его от обычных методов группового взаимодействия экспертов. К таким особенностям относятся: а) анонимность экспертов; б) использование результатов предыдущего тура опроса; в) статистическая характеристика группового ответа.

Анонимность заключается в том, что в ходе проведения процедуры экспертной оценки прогнозируемого явления, объекта участники экспертной группы неизвестны друг другу. При этом взаимодействие членов группы при

заполнении анкет полностью устраняется. В результате такой постановки автор ответа может изменить свое мнение без публичного объявления об этом.

Статистическая характеристика группового ответа предполагает обработку полученных результатов с помощью следующих методов измерения: ранжирование, парное сравнение, последовательное сравнение и непосредственная оценка.

В развитии метода «Дельфи» применяется перекрестная коррекция. Будущее событие представляется как огромное множество связанных и переходящих друг в друга путей развития. При введении перекрестной корреляции значение каждого события за счет введенных определенных связей будут изменяться либо в положительную, либо в отрицательную сторону, корректируя тем самым вероятности рассматриваемых событий. С целью будущего соответствия модели реальным условиям в модель могут быть введены элементы случайности.

Недостатком данного метода является то, что проблема коррелирующих научно-технических сдвигов является очень сложной, так как в реальной жизни величину корреляции очень трудно измерить, корреляционные связи нечетки и варьируют в широких пределах в зависимости от рассматриваемых достижений.

Сущность методов прогнозной экстраполяции заключается в изучении динамики изменения экономического явления в предпрогнозном периоде и перенесения найденной закономерности на некоторый период будущего. Обязательным условием применения экстраполяционного подхода в прогнозировании следует считать познание и объективное понимание природы исследуемого процесса, а также наличие устойчивых тенденций в механизме развития.

$$Y_i + L = f(Y_i^k, L) \quad (1)$$

Однако степень реальности такого рода прогнозов и соответственно мера доверия к ним в значительной мере обуславливаются аргументированностью выбора пределов экстраполяции и стабильностью соответствия «измерителей» по отношению к сущности рассматриваемого явления. Следует обратить внимание на то, что сложные объекты, как правило, не могут быть охарактеризованы одним параметром.

где $Y_i + L$ – экстраполируемое значение уровня,

L – период утреждения,

Y_i^k – уровень, принятый за базу экстраполяции

Операцию экстраполяции в общем виде можно представить как определение значений функции [4, с. 71] Простейшим способом прогнозирования считается подход, формирующий прогнозную оценку от фактически достигнутого уровня при помощи среднего прироста или темпа роста.

$$t = N + k: [4, c.71] \text{ В соответствии с ним прогноз } k \text{ шагов вперед на}$$

$$Y_p(N+k) = Y(N) + k * d; \quad (2)$$

$$d = (Y(N) - Y(1)) / (N - 1),$$

момент времени *где d – средний абсолютный прирост*

Этот способ обладает определенными достоинствами, среди которых незначительна трудоемкость вычислительного алгоритма, универсальные расчетные схемы. Кроме указанных достоинств, он имеет несколько существенных недостатков. Во-первых, все фактические наблюдения являются результатом закономерности и случайности, следовательно, основываться на последнем наблюдении неправомерно. Во-вторых, нет возможности оценить правомерность использования среднего прироста в каждом конкретном случае. В-третьих, данный подход не позволяет сформировать интервал, в который попадает прогнозируемая величина. В связи с этим метод экстраполяции не дает точных результатов на длительных срок прогноза, потому что данный метод исходит из прошлого и настоящего, и тем самым погрешность накапливается. Этот метод дает положительные результаты на ближайшую перспективу прогнозирования тех или иных объектов - на 5-7 лет.

Для повышения точности экстраполяции используются различные приемы. Один из них состоит, например, в том, чтобы экстраполируемую часть общей кривой развития (тренда) корректировать с учетом реального опыта развития отрасли-аналога исследований или объекта, опережающий в своем развитии прогнозируемый объект.

Распространенной методикой прогнозирования тех или иных процессов и явлений служит моделирование. Моделирование считается достаточно эффективным средством прогнозирования возможного явления новых или будущих технических средств и решений. Впервые для целей прогнозирования построение операционных моделей было предпринято в экономике. Модель конструируется субъектом исследования так, чтобы операции отображали характеристики объекта, существенные для цели исследования. Поэтому вопрос о качестве такого отображения - адекватности модели объекту - правомерно решать лишь относительно определенной цели. Конструирование модели на основе предварительного изучения и выделения его существенных характеристик, экспериментальный и теоретический анализ модели, сопоставление результатов с данными объекта, корректировка модели, составляют содержание метода моделирования.

Одним из методов моделирования является метод математического моделирования. Под экономико-математической моделью понимается методика доведения до полного описания процесса получения, обработки исходной информации и оценки решения рассматриваемой задачи в достаточно широком классе случаев. Использование математического аппарата для описания моделей (включая алгоритмы и их действия) связано с преимуществами математического подхода к многостадийным процессам обработки информации, использованием идентичных средств формирования

задач, поиска метода их решения, фиксации этих методов и их преобразования в программы, рассчитанные на применение средств вычислительной техники.

Применение математических методов является необходимым условием для разработки и использования методов прогнозирования, обеспечивающим высокие требования к обоснованности, действенности и временности прогнозов.

Важное прикладное значение в прогнозировании принадлежит методам регрессионного анализа. Регрессионный анализ используется для исследования форм связи, устанавливающих качественные соотношения между случайными величинами изучаемого случайного процесса. Иными словами, связь между случайной и неслучайной величинами называется регрессионной, а метод анализа таких связей - регрессионным анализом. Достоинством регрессионного метода следует считать его универсальность, широкий выбор функциональных зависимостей, возможность включения в статистическую модель в качестве самостоятельной переменной фактора времени.

Специфическим методом прогнозирования является сценарный прогноз - это своего рода метод описания логически последовательного процесса, события исходя из сложившейся ситуации. Описание сценариев ведется с учетом временных оценок. Основное назначение сценария - определение генеральной цели развития прогнозируемого объекта, явления и формулирование критериев для оценки верхних уровней «дерева целей». Сценарии обычно разрабатываются на основе данных предварительного прогноза и исходных материалов по развитию прогнозного объекта. К исходным материалам следует отнести технико-экономические характеристики и показатели основных процессов производственной и научной базы для решения поставленной цели.

Сценарий - это картина, отображающая последовательное детальное решение задачи, выявление возможных препятствий, обнаружение серьезных недостатков, с тем чтобы предрешить вопрос о возможном прекращении начатых или завершении проводимых работ по прогнозируемому объекту. Сценарий, по которому должен составляться прогноз развития объекта или процессов, должен содержать в себе вопросы развития не только науки и техники, но и экономики, внешней и внутренней политики. Поэтому сценарии должны разрабатываться высококвалифицированными специалистами соответствующего профиля прогнозируемого объекта. Сценарий по своей описательности является аккумулятором исходной информации, на основе которой должна строиться вся работа по развитию прогнозируемого объекта. Поэтому сценарий в готовом виде должен быть подвергнут тщательному анализу.

Следовательно, в процессе систематизированного научно обоснованного прогнозирования развития социально-экономических процессов происходило развитие методологии прогнозирования, как

совокупности методов, приемов и способов мышления, позволяющих на основе анализа ретроспективных данных, экзогенных и эндогенных связей объекта прогнозирования, а также их измерений в рамках рассматриваемого явления или процесса вывести суждения определенной достоверности относительно его будущего развития.

Исследование различных классификационных схем методов прогнозирования позволяет выделить в качестве основных классов фактографические, экспертные и комбинированные методы, специализация которых обусловлена спецификой целей и задач, количеством и качеством исходной информации, периодом упреждения прогноза. В следующей главе будут рассмотрены проблемы выбора адекватных методов прогнозирования и их применение в странах с развитой экономикой.

Существуют три основных класса эконометрических моделей, которые применяются в прогнозировании:

1) *модели временных рядов*, предназначенные для прогнозирования экономической динамики;

2) *регрессионные модели с одним уравнением* (в них зависимая переменная y представляется в виде функции $y = f(x_1, \dots, x_n)$, где (x_1, \dots, x_n) – независимые (объясняющие) переменные. Модели делятся на линейные и нелинейные);

3) *системы эконометрических уравнений* (описываются системами одновременных уравнений, состоящих из тождеств и регрессионных уравнений, каждое из которых может, кроме объясняющих переменных, включать также объясняемые переменные из других уравнений системы).

Процесс эконометрического моделирования и прогнозирования можно разделить на семь основных этапов:

1) *постановочный* (на этом этапе формируется цель исследования, определяется набор участвующих в модели экономических переменных);

2) *априорный* (проводится анализ экономической сущности изучаемого объекта, формирование и формализация известной до начала исследования (априорной) информации);

3) *параметризация* (осуществляется непосредственно моделирование, т.е. выбор общего вида модели, в том числе состава переменных и формы их связи);

4) *информационный* (собирается необходимая статистическая информация – наблюдаемые значения экономических переменных);

5) *идентификация модели* (на этом этапе проводится статистический анализ модели и оценка ее параметров);

6) *верификация модели* (проверяется истинность, адекватность модели, т.е. соответствие моделируемому реальному экономическому объекту);

7) *разработка точечных и интервальных прогнозов* на основе эконометрической модели.

От проблемы идентификации модели (которая заключается в выборе и реализации методов статистического оценивания ее неизвестных параметров)

следует отличать проблему ее *идентифицируемости*, т.е. проблему возможности получения однозначно определенных параметров модели, заданной системой одновременных уравнений.

Логические методы прогнозирования включают несколько групп методов, применяющихся в самых различных сферах и отраслях экономической деятельности. Наиболее часто используемый практически тип логического прогнозирования – *прогнозирование по аналогии*. Он может применяться при всех типах менеджмента – традиционном, системном, ситуационном и социально-этическом. Наиболее часто этот тип прогнозирования применяется при традиционном менеджменте. Прогнозирование по аналогии корректно только тогда, когда установлена, доказана аналогия между объектами управления, типами менеджмента, реакциями внешней и внутренней среды в случае, имевшем место на практике, и конкретном случае прогнозирования. Этот метод нельзя использовать при прогнозировании явлений, не имеющих аналогов, т.е. принципиально новых объектов, процессов, ситуаций.

Экспертные (интуитивные) методы прогнозирования как научный инструмент решения сложных неформализуемых проблем позволяют получить прогнозную оценку состояния развития объекта в будущем независимо от информационной обеспеченности. Их сущность заключается в построении рациональной процедуры интуитивно-логического мышления человека в сочетании с количественными методами оценки и обработки полученных результатов. При этом обобщенное мнение экспертов принимается как решение проблемы. В случае применения *методов экспертных оценок* для предвидения результатов развития экономических объектов преимущественно реализуется качественный подход к прогнозному процессу.

К комбинированным методам, по нашему мнению, следует отнести группу методов прогнозирования, основанных на совокупности приемов мыслительной деятельности, а также операций по сбору, анализу, обработке, хранению и использованию информации. На рисунке 2.5 эта группа получила название *эвристических методов*, которые предназначены для реализации полезных функций системы, устранения или ослабления отрицательного эффекта излишних функций, обеспечения эффективного управления экономическими объектами. Согласно энциклопедическому словарю, эвристические методы – это специальные методы, используемые в процессе открытия нового. Для этих методов характерны синтез фактографической и экспертной информации и возможность использования нестандартных технологий прогнозирования.

Посредством применения методов решаются основные задачи прогнозирования: выявление перспектив ближайшего или более отдаленного будущего в исследуемой области на основе реальных социально-экономических процессов, выработка оптимальных тенденций и

перспективных планов с учетом составленного прогноза и оценки принятого решения с позиций его последствий в прогнозируемом периоде.

Тема 6. Системы поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях

Определение понятий. Логико-эвристические и экспертные методы и модели. Диалоговые процедуры.

Повышать эффективность и качество управленческой деятельности— значит спроектировать рациональную организационную структуру предприятия, объединения и входящих в них подразделений и производственных единиц технологию управленческих работ в аппарате управления, вплоть до отдельных процедур и операции совершенствовать механизм различных методов управляющего воздействия (экономических, организационных, правовых, социально-психологических) повышать культуру управления, внедрять прогрессивный стиль руководства повышать уровень квалификации кадров аппарата управления. Все это предполагает всестороннее выявление организационных резервов повышения эффективности и качества процессов управления и их использования в ходе комплексной рационализации управленческого аппарата предприятия, объединения.

Глубокие и качественные изменения, происходящие в объектах непосредственного управления, неизбежно приводят к перестройке организационных структур и органов управления. Совершенствование организационных структур управления не терпит косности. Нельзя приспособлять динамичный, развивающийся объект управления (хозяйство) к устоявшимся, привычным формам. Наоборот, формы должны приводится в соответствие с изменяющимися экономическими задачами. Кроме того, следует иметь в виду, что субъект управления развивается, с одной стороны, под воздействием общих социально-экономических процессов, происходящих в данной стране, с другой, - под воздействием некоторой территориальной общности людей, имеющих совместный локальный интерес.

Организационную структуру управления необходимо совершенствовать с учетом конкретных задач развития экономики и хозяйственного механизма их выполнения. Исходными требованиями к совершенствованию структуры управления являются следующие:

- организационная структура должна отвечать общим закономерностям управления, соответствовать его современным задачам и| быть основой последующего развития;

- улучшение организационной структуры должно происходить одновременно с изменениями экономического механизма хозяйствования и других объективных процессов развития;

- соблюдение преемственности в использовании оправдавших себя принципов, методов и форм организации управления.

Важнейшими факторами, вызывающими необходимость проведения структурной перестройки фирмы, являются следующие:

- ускорение разработки новых видов продуктов под воздействием научно-технического прогресса в условиях обостряющейся конкуренции;
- интенсивное внедрение наиболее передовых технологий;
- систематическое внедрение новых методов организации и управления производством на базе активного использования компьютерной техники.

Можно выделить следующие основные направления перестройки организационных структур управления на современном этапе.

В принципах управления: периодическое изменение соотношения между централизацией и децентрализацией в управлении в связи с изменением стратегических приоритетов, активизацией или ослаблением эффективности взаимодействия между подразделениями; усиление программно-целевого управления для консолидации ресурсов фирмы на наиболее передовых направлениях научно-технических исследований или на разработке и выполнении крупномасштабных проектов, требующих объединения специалистов одного профиля в одном подразделении.

В аппарате управления: перегруппировка подразделений, изменение взаимосвязей между ними, характера взаимодействия, распределения полномочий и ответственности; реорганизация внутренних структур в результате поглощения других фирм или продажи производственных предприятий, в нее не вписывающихся; выделение в самостоятельные хозяйственные подразделения программно-целевых проектных групп венчурного характера или создание на их базе новых подразделений; изменение характера межфирменных связей путем частичного взаимопроникновения многоотраслевых концернов в структуру управления путем участия в акционерном капитале; усиление интеграции формально независимых небольших фирм в научно-производственные комплексы крупных корпораций; усиление активности в реорганизации научно-производственных комплексов наукоемких отраслей; создание в аппарате управления все большего числа промежуточных управленческих звеньев - специализированных подразделений, курирующих производственные подразделения, в которых не растет объем продаж продукции и прибыль и у которых возникают проблемы взаимодействия с другими хозяйственными подразделениями и административными службами.

В функциях управления: усиление стратегического планирования и прогнозирования, опирающихся на разработку долгосрочной экономической и технической политики; усиление контроля за качеством продукции на всех этапах от разработки продукта до его серийного выпуска; придание приоритетного значения информатике и экономическому анализу деятельности фирмы на основе совершенствования учета и отчетности на базе всестороннего применения вычислительной техники; придание большего, чем раньше, значения вопросам производства и управления персоналом; привлечение работников к участию в акционерном капитале

фирмы путем приобретения акций, участия в решении вопросов на заседании совета директоров и правления; поощрение работников за разработку новых идей в области совершенствования технологии производства, создания и внедрения новой продукции, усиления внимания к социально-психологическим аспектам управления; усиление внимания к маркетинговой деятельности, к разработке мероприятий, форм и методов для достижения конечных результатов, намечаемых в программе маркетинга по продукту и по производственному отделению, к укреплению хозяйственных взаимосвязей с другими подразделениями компании и с функциональными службами; повышение эффективности затрат на проведение маркетинговой деятельности.

В хозяйственной деятельности: изменение технологического процесса; применение гибких автоматизированных технологий, широкое использование роботов, станков с числовым программным управлением; углубление межфирменного сотрудничества на международном уровне в области специализации и кооперирования производства, выполнение крупных совместных программ и соглашений об экономическом и научно-техническом сотрудничестве; создание совместных производственных предприятий не только в области разработки природных ресурсов развивающихся стран, но, в особенности, в наукоемких перспективных отраслях развитых стран.

Анализ организационной структуры, выявление неэффективных звеньев и несоответствия их выполняемым функциям. Особенности анализа, рассматриваемые варианты, основы для выбора и подхода могут быть различными, но основной метод анализа один и тот же. Он состоит из пяти обязательных этапов.

На первом этапе выясняются задачи фирмы, возможные перспективы и альтернативные пути ее развития. Нередко можно дать ясный и недвусмысленный ответ на подобный вопрос для отдельных подразделений организации, но выявить задачу фирмы в целом бывает весьма трудно. В период изменения производственного профиля, характера выпускаемой продукции и рыночной конъюнктуры точное определение задач становится затруднительным.

На втором этапе анализа организационной структуры определяются те факторы, которые значительно влияют на выполнение поставленных задач. На этом этапе анализируются экономическая и техническая структура фирмы и ее основные компоненты. Здесь необходим также анализ внешних условий, в которых функционирует фирма или планируется ее функционирование. Считается, что исследование этих двух тесно связанных областей - внешней и внутренней - приводит к определению ключевых решений.

На третьем этапе анализа изучаются цели и планы предприятия, выясняется соответствие текущих целей главной задаче и согласованность планов с ключевыми факторами успешного функционирования предприятия.

В этом случае принимается во внимание различное соотношение между эффективностью производства и нововведениями, между объемом рынка сбыта и качеством продукции, между краткосрочным и долгосрочным планированием. Намечаемые направления и плановые параметры деятельности фирмы становятся принципиальной основой для принятия необходимых решений при проектировании организации.

На четвертом этапе оценивают, насколько структура организации отвечает задачам и факторам, от которых зависит успешность функционирования, целям и планам. Для этого необходимо тщательно изучить существующую “формальную” структуру, определить все ее сильные и слабые стороны, а при изучении неформальной структуры - выяснить, какие недостатки общей схемы структуры управления компенсируют неформальные элементы и насколько эффективно.

На пятом этапе анализа изучают основные процессы управления - планирование, распределение ресурсов, оперативный контроль, для того, чтобы определить, насколько они способствуют выполнению задач, целей и стратегических программ. Одним словом, проводимый анализ требует огромного объема информации, который необходимо оценить так, чтобы можно было принять решение о структуре, что является конечным этапом аналитического процесса.

Принципиальное значение для оценок эффективности системы управления имеет выбор базы для сравнения или определения уровня эффективности, принимаемого за нормативный.

Показатели, используемые при оценке эффективности аппарата управления и его организационной структуры, могут быть разбиты на три группы, взаимосвязанные между собой.

1. Группа показателей, характеризующих эффективность системы управления и отдельных ее звеньев, выражается через конечные результаты деятельности фирмы и затраты на управление. При оценке эффективности на основе показателей, характеризующих конечные результаты деятельности организации, в качестве эффекта, обусловленного функционированием или развитием системы управления могут рассматриваться объем (увеличение объема) выпуска продукции, прибыль (увеличение прибыли), себестоимость (снижение себестоимости), объем капиталовложений (экономия на капитальных вложениях), качество продукции, сроки внедрения новой техники и т.п.

2. Группа показателей, характеризующих содержание и организацию процесса управления, в том числе непосредственные результаты и затраты управленческого труда. В качестве затрат на управление учитываются текущие расходы на содержание аппарата управления, эксплуатацию технических средств, содержание зданий и помещений, подготовку и переподготовку кадров управления, а также единовременные расходы на исследовательские и проектные работы в области создания и совершенствования систем управления, на приобретение

вычислительной техники и других технических средств, которые используются в управлении, затраты на строительство.

При оценке эффективности процесса управления используются показатели, которые могут оцениваться как количественно, так и качественно. Эти показатели приобретают нормативный характер и могут использоваться в качестве критериев эффективности и ограничений, когда организационная структура изменяется в направлении улучшения одного или группы показателей эффективности без изменения (ухудшения) остальных. К нормативным характеристикам аппарата управления могут быть отнесены следующие: производительность, экономичность, адаптивность, гибкость, оперативность, надежность.

Производительность аппарата управления может определяться, в частности, количеством произведенной организацией конечной продукции (или объема выработанной в процессе управления информации), приходящейся на одного работника в аппарате управления.

Под **экономичностью** аппарата управления понимаются относительные затраты на его функционирование, соизмеренные с объемами или результатами производственной деятельности. Для анализа и оценки экономичности могут использоваться такие показатели, как удельный вес затрат на содержание аппарата управления в стоимости реализованной продукции, удельный вес управленческих работников в численности промышленно-производственного персонала, стоимость выполнения единицы объема отдельных видов работ.

Адаптивность системы управления определяется ее способностью эффективно выполнять заданные функции в определенном диапазоне изменяющихся условий. Чем относительно шире этот диапазон, тем более адаптивной считается система.

Гибкость структуры управления характеризует свойство органов аппарата управления изменять в соответствии с возникающими задачами свои роли в процессе принятия решений и налаживать новые связи, не нарушая присущей данной структуре упорядоченности отношений. В принципе гибкость структуры управления может оцениваться по многообразию форм взаимодействия управленческих органов, по номенклатуре решаемых подразделениями задач, по уровню централизации ответственности и другим признакам.

Оперативность принятия управленческих решений характеризует своевременность выявления управленческих проблем и такую скорость их решения, которая обеспечивает максимальное достижение поставленных целей при сохранении устойчивости налаженных производственных и обеспечивающих процессов.

Надежность аппарата управления в целом характеризуется его безотказным (соответствующим поставленным целям) функционированием. Если считать качество определения целей и постановки и постановки проблем достаточным, то надежность аппарата управления может

относительно полно характеризоваться его исполнительностью, т.е. способностью обеспечивать выполнение плановых заданий в рамках установленных сроков и выделенных ресурсов. Для оценки исполнительности аппарата управления и его подсистем могут использоваться такие показатели, как уровень выполнения плановых заданий и соблюдение утвержденных нормативов, отсутствие отклонений при исполнении директивных указаний, нарушений административно-правового и технологического регламента и другие показатели.

3. Группа показателей, характеризующих рациональность организационной структуры и ее технико-организационный уровень, которые могут использоваться в качестве нормативных при анализе эффективности проектируемых вариантов организационных структур.

К таким показателям относятся звенность систем управления, уровень централизации функций управления, принятые нормы управляемости, сбалансированность распределения прав и ответственности, уровень специализации и функциональной замкнутости подсистем и т.п.

Для оценки эффективности управления важное значение имеет определение соответствия системы управления и ее организационной структуры объекту управления.

Это соответствие выражается сбалансированностью состава функций и целей управления, содержательной полнотой и целостностью процессов управления, соответствием численности и состава работников объему и сложности работ, полнотой обеспечения производственно-технологических процессов требуемой информацией, обеспеченностью процессов управления техническими средствами с учетом их номенклатуры, мощности и быстродействия.

Важными требованиями, которые должны быть реализованы при формировании системы показателей для оценки эффективности организационной структуры, являются обеспечение структурно-иерархического соответствия показателей системы целей организации, способность адекватного отражения динамичности управляемых процессов, сбалансированность и непротиворечивость показателей.

При оценке отдельных мероприятий по совершенствованию системы управления и ее организационной структуры допускается использование не связанных в единую систему частных показателей. Основным требованием к их выбору является максимальное соответствие каждого показателя целевой ориентации проводимого мероприятия и полнота отражения достигаемого эффекта.

Пути совершенствования организационных структур управления фирмой. Отсутствие гибкости в иерархических (бюрократических) структурах управления ослабляет внешние связи и координацию внутренних подразделений, а упор на строгое соблюдение правил ведет к полному нарушению способности организации генерировать новые идеи и быстро

откликаться на изменения как внешней рыночной, так и внутренней ситуации.

Если в условиях индустриальной эры, с присущим ей сравнительно медленным эволюционным развитием, с этим можно было еще как-то мириться, то в информационную эру, когда чуть ли не ежедневно происходят революционные изменения в технике и технологии производства, в рыночной конъюнктуре, бюрократические структуры управления стали оковами прогресса.

Нужно было искать выход, чтобы фирмы получили возможность оперативно реагировать на изменения окружающей среды, внедрять новую технику и технологию, ус-пешно отвечать на вызов, бросае-мый конкурентами на рынке. Так появились **адаптивные организационные структуры**, которые можно было легко модифицировать в соответствии с изменением внутренних и внешних условий. Поскольку по своей приспособляемости они оказались в чем-то похожими на живые организмы, то получили второе название - **органические**.

Конечно, на практике органические структуры далеко не всегда оказываются более эффективными, чем бюрократические, поэтому современные западные фирмы совмещают в себе в той или иной пропорции признаки обеих. Например, одни подразделения строятся по бюрократическому принципу, другие - по органическому.

Принято различать два основных типа органических структур: **проектные и матричные**.

Любой руководитель современной фирмы или ее подразделения обычно одновременно отвечает за огромное количество дел и вынужден “разрываться” между ними. До всего руки так и не доходят, и это может в конце концов привести к крупным неприятностям. И здесь на помощь приходит **проектная организация**. Последняя представляет собой временную структуру, создаваемую для решения конкретной, обычно крупной задачи в установленный срок и с заданным качеством. Для этого собирается команда наиболее квалифицированных специалистов, которая после выполнения работы распускается - кто-то возвращается на прежнее место, кого-то “бросают” на новый проект, а иные вовсе покидают фирму.

За исполнение проекта отвечает специальный руководитель, и начальнику подразделения или президенту фирмы уже нет необходимости следить за всем и вся, что делает их работу более эффективной. Таким образом, взаимодействие между проектами и основными структурными подразделениями основывается на двойном подчинении и балансе власти, что не дает сосредоточивать ее в слишком больших количествах в одном измерении.

Но проекты в чистом виде представляют собой в миниатюре самостоятельные организации, которым требуется выделять довольно-таки

большие ресурсы, что для малых, да и средних фирм зачастую бывает не под силу, особенно, если учитывать временный характер таких проектов.

Выходом из затруднительного положения стала **матричная организация**. В ней члены группы (проекта) подчиняются как ее руководителю, так и руководителю структурного подразделения, в котором постоянно работают. Руководители “проектов” обладают довольно большой властью и отвечают за интеграцию всех видов деятельности и ресурсов, которые передаются в их распоряжение до завершения работ, за планирование проекта, составление графика его исполнения, контроль за затратами, соблюдением основных качественных, количественных и временных показателей.

Руководители подразделений со своей стороны обеспечивают проекты материальными ресурсами, кадрами, информацией, осуществляют их финансовое обслуживание, определяют, где должна быть выполнена та или иная конкретная задача, осуществляют общий контроль. Зачастую отношения “проектов” и подразделений строятся на возмездной основе: руководители проектов закупают или арендуют у руководителей подразделений все необходимое для работы, и им же потом продают ее результаты.

Условиями внедрения матричной организации являются: наличие нескольких одинаково важных направлений в деятельности фирмы или подразделения, что характерно при очень высокой организационной сложности; повышенная информационная перегрузка системы управления, вызываемая рыночной неопределенностью, а также острый дефицит квалифицированных специалистов, потребность в которых возникает то на одном, то на другом участке работы.

В сущности матричная организация - не столько структурное, сколько поведенческое образование. Она представляет собой смешанную форму, где на обычную совокупность вертикальных коммуникаций, полномочий, влияния накладываются горизонтальные коммуникации, что позволяет успешно интегрировать разнородные виды деятельности.

Матричная организация обладает немалыми преимуществами:

Во-первых, она дает возможность экономить на масштабах деятельности, поскольку никаких дополнительных ресурсов для ее функционирования не требуется - происходит лишь временное перераспределение существующих.

Во-вторых, обеспечивается целевая ориентация системы, характерная для чисто продуктовых или проектных организаций.

В-третьих, извлекаются преимущества из мобильности и приспособляемости, присущие небольшим командам междисциплинарного и межфункционального типа, что ускоряет разработку и внедрение новшеств.

В-четвертых, высшее руководство получает дополнительную опору при разработке долгосрочных стратегий и хорошее средство борьбы с ведомственностью.

В-пятых, люди, работающие в такой организации, ощущают себя более причастными к конечным результатам своего труда, а следовательно, более приверженными фирме и своей работе.

Матричная организация обеспечивает наиболее совершенную форму горизонтальной координации деятельности людей. Возможность постоянного перераспределения работников, привлекаемых из различных служб, позволяет ей обеспечить гибкость, не достижимую для обычных функциональных структур. В ней нет постоянного “ядра”, но она гибка, чувствительна к изменениям, хотя и не очень устойчива.

Гибкие оргструктуры “не срабатывают”, если без изменений остаются действовавшие ранее системы планирования, контроля, распределения ресурсов, не вводятся новые условия материального стимулирования участников, не меняется стиль руководства и не поддерживается стремление работников к самовыражению и саморазвитию.

Эта связь наглядно прослеживается при анализе использования еще одной разновидности органического типа структур, получившей название *бригадной*. Ее основу составляет бригадная форма организации труда и производства, давно известная во всем мире, в том числе и в нашей стране.

Принципы, на которых она строится, практически полностью разрушают основы командно-контрольных структур управления. Назовем главные:

- автономная работа бригады;
- самостоятельное принятие решений и координация деятельности по горизонтали;
- замена жестких связей бюрократического типа гибкими связями;
- привлечение для разработки и решения задач сотрудников из других подразделений.

Переход к командным и бригадным структурам требует значительной подготовки. Прежде всего, это связано с распределением всего персонала по группам (бригадам), число членов в которых невелико (обычно 10-15 человек).

Сочетание коллективной и индивидуальной ответственности за качество работы и ее конечный результат резко снижает необходимость в жестком контроле извне и в промежуточном учете выработки.

Теория принятия решений — область исследования, вовлекающая понятия методы математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии с целью изучения закономерностей выбора людьми путей решения разного рода задач, а также способов поиска наиболее выгодных из возможных решений.

Принятие решения — это процесс рационального или иррационального выбора альтернатив, имеющий целью достижение осознаваемого результата.

Различают нормативную теорию, которая описывает рациональный процесс принятия решения и дескриптивную теорию, описывающую практику принятия решений.

Система поддержки принятия решений (СППР) ([англ. Decision Support System, DSS](#)) — [компьютерная автоматизированная система](#), целью которой является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности. СППР возникли в результате слияния управленческих [информационных систем](#) и [систем управления базами данных](#).

Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы. Это могут быть: [информационный поиск](#), [интеллектуальный анализ данных](#), [поиск знаний в базах данных](#), [рассуждение на основе прецедентов](#), [имитационное моделирование](#), [эволюционные вычисления](#) и [генетические алгоритмы](#), [нейронные сети](#), ситуационный анализ, [когнитивное моделирование](#) и др. Некоторые из этих методов были разработаны в рамках [искусственного интеллекта](#). Если в основе работы СППР лежат методы [искусственного интеллекта](#), то говорят об *интеллектуальной СППР*. Близкие к СППР классы систем — это [экспертные системы](#) и [автоматизированные системы управления](#).

С точки зрения рационализации организационных структур СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ – это комплекс математических и эвристических методов и моделей, объединенных общей методикой формирования альтернатив управленческих решений в организационных системах, определения последствий реализации каждой альтернативы и обоснования выбора наиболее приемлемого решения.

Каждая система поддержки принятия решений носит сугубо индивидуальный характер, поскольку определяется конкретным содержанием решаемой управленческой проблемы и особенностями процедуры принятия решений в той или иной организации. Если процедуры принятия решений регулярны, устойчивы, например периодическое планирование производственной деятельности, то состав и последовательность функционирования системы поддержки принятия решений закрепляются в качестве нормативных методик, использующих преимущественно формальные модели и методы при незначительном использовании диалоговых процедур. При решении периодически возникающих проблемных ситуаций с высокой степенью неопределенности и, как правило, не имеющих полных аналогов в прошлом, системы поддержки принятия решений *разрабатываются индивидуально под каждую проблему, в их состав включают преимущественно логико-эвристические и экспертные методы и модели, главную роль начинают играть диалоговые процедуры*.

Эвристика — отрасль знания, изучающая творческое, неосознанное мышление человека.

Эвристика связана с психологией, физиологией высшей нервной деятельности, кибернетикой и другими науками, но сама как наука ещё полностью не сформировалась.

Эвристическими методами называются логические приемы и методические правила научного исследования и изобретательского творчества, которые способны приводить к цели в условиях неполноты исходной информации и отсутствия четкой программы управления процессом решения задачи.

В узком смысле слова под эвристикой понимают интуитивные (неосознанные) методы решения задач, в том числе:

- систему обучения, берущую свои истоки от сократовской майевтики (т. н. сократические беседы),
- эвристические методы проектирования,
- методы инженерного (изобретательского) творчества,
- эвристический алгоритм, представляющий совокупность приёмов в поиске решения задачи, которые позволяют ограничить перебор.

В настоящее время разработано и эффективно используется несколько десятков эвристических методов. Универсальных среди них нет, и в каждой конкретной ситуации рекомендуют пробовать применять ряд методов, поскольку основное их предназначение заключается в активизации творческой деятельности. Это достигается следующими мерами:

- преодоление психологической инерции, обусловленной привычным образом мышления и типовыми методами решения задач определенного класса. Замечено, что около 80 % нововведений вначале специалистами отрицается как нереальные. Инерцию развивают и усиливают:
- рецептурное обучение и проектирование по аналогии;
- подсознательная вера в то, что каждая вещь и явление служат строго определенной цели;
- (техническая) терминология. Ф.Энгельс писал: «В науке каждая новая точка зрения влечет за собою революцию в технических терминах»;
- мобилизация подсознания.
- расширение перспектив видения, чему препятствует чрезмерная специализация образования и узкопрактический подход. Необходимо применение разнообразных методов, расширение области поиска новых идей и увеличение их количества.

Эвристика как наука занимается построением эвристических моделей процесса поиска оригинального решения задачи. Существуют следующие типы таких моделей:

- модель слепого поиска, которая опирается на метод проб и ошибок;
- лабиринтная модель, в которой решаемая задача рассматривается как лабиринт, а процесс поиска решения — как блуждание по лабиринту;

- структурно-семантическая модель, которая исходит из того, что в основе эвристической деятельности по решению задачи лежит принцип построения системы моделей, которая отражает семантические отношения между объектами, входящими в задачу.

Эвристические методы и моделирование присущи только человеку и отличают его от искусственных интеллектуальных (мыслящих) систем. В настоящее время к сфере человеческой деятельности относят:

- постановку задачи;
- выбор методов её решений и построение (разработка) моделей и алгоритмов, выдвижение гипотез и предположений;
- осмысление результатов и принятие решений.

Стоит отметить, что важной особенностью именно человеческой деятельности является наличие в ней элемента случайности: необъяснимые поступки и сумасбродные решения часто лежат в основе оригинальных и неожиданных идей.

Однако с развитием вычислительной техники выполнение всё большего числа функций берут на себя автоматические системы, при этом выполняя работу быстрее и эффективнее человека. Задача человека как *homo sapiens*, прежде всего, совершенствоваться в эвристических процедурах, а не в выполнении алгоритмизированных операций, чтобы впоследствии не оказаться вытесненным «разумной» техникой.

Экспертные методы в исследовании систем управления

Наиболее широко в исследовании СУ, как правило, используются экспертные методы. Как научный способ экспертный метод был разработан сравнительно недавно и впервые он получил название "Дельфи". В дальнейшем были разработаны другие аналогичные методы, имеющие в своей основе экспертные оценки. Сначала экспертные методы использовались, в основном, для решения задач, связанных с прогнозированием в области науки и техники, а затем они стали применяться в других областях, в том числе в управлении.

Сущность экспертных методов, как при решении задач исследования СУ, так и при использовании их в практике принятия решений в других областях науки, техники, управления, заключается в усреднении различными способами мнений (суждений) специалистов-экспертов по рассматриваемым вопросам.

Наиболее распространенными экспертными методами при классификации по признаку оценки предпочтений в настоящее время при принятии решений по управлению являются следующие:

- метод рангов;
- метод непосредственного оценивания;
- метод сопоставлений.

Последний метод включает две его разновидности: парного сравнения и последовательного сопоставления.

В принципе каждый из них имеет много общего, а отличие, в основном, только в том, что оценивание (измерение) изучаемых объектов системного управления осуществляется различными способами. Причем каждый из методов обладает определенными достоинствами и недостатками.

Общность каждого из методов заключается в последовательности проведения процедур их использования. К ним следует отнести:

- организацию экспертного оценивания;
- проведение сбора мнений экспертов;
- обработку результатов мнений экспертов.

Практика показывает, что уменьшение субъективности и соответственно повышение объективности результатов использования экспертных методов существенно зависит от соблюдения правил организации, подготовки и проведения экспертных работ. Особенно это зависит, в первую очередь, от организации экспертного оценивания, назначения ответственного за организацию и проведение работ по экспертной оценке, а также от формирования экспертных комиссий.

Для общего руководства экспертными работами следует назначать председателя экспертной комиссии. В составе комиссии организуют две группы: рабочую и экспертную.

Рабочую группу возглавляет ее руководитель (организатор). В его подчинение входят технические работники, осуществляющие технические работы по подготовке материалов к работе экспертов, отработку результатов работы экспертов и т.п.

В экспертную группу входят эксперты - специалисты по решаемым проблемам.

Формирование экспертной осуществляет руководитель (организатор) рабочей группы. При этом выполняется ряд последовательных мероприятий:

- постановку проблемы и определение области деятельности группы;
- составление предварительного списка экспертов - специалистов в рассматриваемой области деятельности;
- анализ качественного состава предварительного списка экспертов и уточнение списка;
- получение согласия эксперта для участия в работе;
- составление окончательного списка экспертной группы.

Количество экспертов в экспертной группе зависит от множества факторов и условий. В частности, от важности решаемой проблемы, располагаемых возможностей и т.п. В большинстве случаев определяется минимально необходимое количество экспертов, что часто становится важнейшим условием установления числа приглашаемых экспертов.

Подбор конкретных экспертов проводится на основе анализа качества каждого из предлагаемых экспертов. Используются для этой цели разнообразные способы:

- оценка кандидатов в эксперты на основе статистического анализа результатов прошлой деятельности в качестве экспертов по проблемам оргпроектирования;
- коллективная оценка кандидата в эксперты как специалиста в данной области;
- самооценка кандидата в эксперты;
- аналитическое определение компетентности кандидатов в эксперты.

Очень часто применяют одновременно несколько способов. Например, способы самооценки и коллективной оценки качества предлагаемого эксперта. Такой подход позволяет достаточно обоснованно подобрать экспертов с необходимыми качествами. Однако, следует признать, что способ оценок прошлой деятельности представляется более объективным, чем способы самооценок и коллективной оценки.

Независимо от избранного способа оценки качества кандидатов эксперты должны удовлетворять во всех случаях таким требованиям как:

- профессиональной компетентности в области проектирования организационных систем;
- креативности (умению решать творческие задачи);
- научной интуицией;
- заинтересованности в объективных результатах экспертной работы;
- деловитости (собранный, умению переключаться с одного вида деятельности на другой, коммуникативности, независимости суждений, мотивированности действий);
- объективности;
- нонконформизма.

Проведение сбора мнений экспертов предполагает решение следующих вопросов:

- определение места и времени сбора мнений;
- определение формы и методики сбора мнений;
- определение количества туров сбора мнений;
- определение состава и содержательной части документации;
- определение порядка занесения результатов мнений экспертов в документы.

Очень важным является определение формы сбора мнений экспертов. Среди всех известных форм сбора мнений можно отметить индивидуальные, коллективные и смешанные, т.е. указанные формы различаются прежде всего по фактору участия экспертов в работе (индивидуальное или коллективное). Каждая из этих форм имеет ряд разновидностей:

- анкетирование;
- интервьюирование;
- дискуссия;
- мозговой штурм;
- совещание;
- деловая игра.

Все они обладают своими достоинствами и недостатками. Во многих случаях оргпроектирования каждая из этих разновидностей используются совместно, что дает нередко большой эффект и объективность. Такой подход к сбору мнений экспертов, то есть когда используется смешанная форма, применяется в случаях некоторой неясности проблемы, разногласиях индивидуальных мнений или разногласиях экспертов при коллективном обсуждении.

Вместе с тем, наиболее часто в практике проектирования оргсистем используется анкетирование, которое позволяет с меньшими трудозатратами экспертов собрать их мнение, но по времени сбор мнений при использовании этого вида более длительный.

Обычно процесс разработки анкеты включает:

- определение формы и содержания обращения к эксперту;
- выбор типа вопросов;
- формулировку вопросов;
- изложение необходимых для эксперта информации;
- разработку формы анкеты.

Представляет интерес выбор типов вопросов, среди которых наиболее употребляемыми в последние годы стали, так называемые, веерный, закрытый и открытый типы (веерный - предполагает один ответ из представленного заранее в анкете ряда ответов; закрытый - "да", "нет", "не знаю"; открытый - вопрос, ответ на который может быть дан в произвольной форме).

Очень важно при анкетировании экспертов правильно, просто и однозначно, кратко и в то же время с необходимой полнотой сформулировать вопросы в анкетах, а в тексте пояснительной записки указать, что конкретно требуется от эксперта.

Для ответов на вопросы, то есть для принятия решения каждым экспертом, проводятся объективные и (или) субъективные измерения рассматриваемого объекта в явном или неявном виде. При субъективном измерении эксперты, как правило, применяют один из указанных ранее наиболее употребляемых при этом методов (рангов, непосредственного оценивания, сопоставлений).

По методу рангов эксперт осуществляет ранжирование (упорядочение) исследуемых объектов организационной системы в зависимости от их относительной значимости (предпочтительности). При этом обычно наиболее предпочтительному объекту присваивается ранг 1, а наименее предпочтительному - последний ранг, равный по абсолютной

величине числу упорядочиваемых объектов. Более точным такое упорядочение становится при меньшем количестве объектов исследования и наоборот.

Таким образом, этот метод позволяет определить место исследуемого объекта среди других объектов СУ. Достоинством метода рангов является его простота. Недостатками являются:

- невозможность с достаточной точностью ранжировать количество объектов, количество которых превышает 15-20;
- не отвечает на вопрос как далеко по значимости находятся исследуемые объекты друг от друга.

Данный метод применяется в практике исследования СУ несмотря на свою простоту, довольно редко.

Метод непосредственного оценивания представляет собой упорядочение исследуемых объектов (например, при отборе параметров для составления параметрической модели) в зависимости от их важности путем приписывания баллов каждому из них. При этом наиболее важному объекту приписывается (дается оценка) наибольшее количество баллов по принятой шкале. Диапазон шкалы оценок наиболее распространенным бывает от 0 до 1, 0 до 5, 0 до 10, 0 до 100. В простейшем случае оценка может быть 0 или 1. Иногда оценивание осуществляется в словесной форме. Например, "очень важный", "важный", "маловажный", и т.п., что тоже иногда для большого удобства обработки результатов опроса переводится в балльную шкалу (соответственно 3, 2, 1).

Использование указанного метода используется только при уверенности полной информированности экспертов об исследуемых свойствах объекта, чего нередко не бывает.

Метод сопоставления осуществляется, как уже указывалось ранее, парным сравнением и последовательным сопоставлением.

При парном сравнении эксперт сопоставляет исследуемые объекты по их важности попарно, устанавливая в каждой паре объектов наиболее важный. Все возможные пары объектов эксперт представляет в виде записи каждой из комбинаций (объект 1 - объект 2, объект 2 - объект 3 и т.д.) или в форме матрицы.

В результате сравнения объектов в каждой паре эксперт высказывает мнение о важности того или иного объекта, то есть отдает одному из них предпочтение. Иногда эксперты приходят к выводу об эквивалентности каждого из объектов пары. Упорядочение в каждой паре объектов, безусловно, не дает сразу упорядочения всех рассматриваемых объектов, поэтому необходима последующая обработка результатов сравнения. Наиболее удобно осуществлять парные сравнения и их обработку, используя в качестве инструмента матрицы.

В отдельных случаях при большом количестве исследуемых объектов на результаты парного сравнения оказывают влияние психологические факторы, то есть предпочтение порой получает не тот объект, который

действительно предпочтителен перед другими, а тот, который в перечне пар записан первым или находится по расположению в матрице выше сравниваемого. Поэтому иногда для исключения психологического влияния проводят двойное парное сравнение, то есть еще раз осуществляют парное сравнение, но только при обратном расположении объектов и соответственно объектов в каждой паре.

Метод парных сравнений очень прост и он позволяет исследовать большее количество объектов (по сравнению, например, с методом рангов) и с большей точностью.

Сущность метода последовательного сопоставления состоит в следующем. Эксперт располагает все исследуемые объекты в порядке их важности (как метод рангов). Предварительно каждому из объектов приписывается определенное количество баллов, например, по шкале от 0 до I (как метод оценивания). Причем самому важному объекту дается балл равный I, а всем остальным в порядке уменьшения их значимости, то есть от I до 0. Далее эксперт решает вопрос будет ли важность объекта, имеющего ранг I, больше суммы балльных оценок всех остальных объектов. Если будет, то величина балльной оценки первого объекта увеличивается до соблюдения этого условия, а если нет, то эксперт уменьшает эту величину до такого числового значения, чтобы она стала меньше суммы оценок всех остальных объектов.

Величины оценок второго, третьего и последующих объектов по важности определяются последовательно аналогично оценке первого наиболее важного объекта.

Метод последовательного сопоставления для экспертов наиболее трудоемок. Особенно это начинает ощущаться при количестве исследуемых объектов более шести-семи.

Обработка собранных мнений экспертов проводится как количественная (численных данных), так и качественная (содержательной информации). При этом используются различные способы. Необходимо отметить, что при наличии численных данных для решения вопросов, имеющих достаточный информационный материал, в основном, применяются методы усреднения экспертных суждений. Однако, даже при имеющихся численных данных, но при недостаточности информации по решаемому вопросу (что нередко бывает при проектировании СУ) используются наряду с количественными методами обработки экспертных данных также и методы качественного анализа и синтеза.

При использовании рассмотренных экспертных методов (рангов и др.) мнения экспертов часто совпадают не полностью. Поэтому необходимо количественно оценивать меру согласованности мнений экспертов и определение причин несовпадения суждений. Мера согласованности, естественно, определяется на основе статистических данных всей группы экспертов.

Для оценки меры согласованности мнений экспертов используются, как правило, коэффициенты конкордации - дисперсионный и энтропийный.

Дисперсионный коэффициент конкордации принимает значения от 0 до 1. При 0 - нет согласованности между мнениями экспертов, при 1 - согласованность полная. Если дисперсионный коэффициент конкордации больше 0,5, то обычно согласованность считается достаточной.

Энтропийный коэффициент конкордации (иначе его называют коэффициентом согласия) также изменяется от 0 до 1 и также при большей величине коэффициента согласия - большая мера согласованности.

В случаях, когда мнения экспертов различаются незначительно, то указанные выше коэффициенты примерно дают одинаковую меру согласованности. Однако, если имеются существенные различия в мнениях экспертов, то величины коэффициентов будут существенно отличаться. Таким образом, совместный анализ коэффициентов позволяет объективно определить меру согласованности мнений экспертов.

Применение всех рассмотренных экспертных методов, несмотря на их недостатки, показывает их эффективность при исследованиях и проектировании СУ. Причем, наибольший эффект достигается при одновременном использовании нескольких методов.

К разновидности экспертного метода можно отнести социологический, который основывается на опросе, сборе и анализе мнений респондентов (например, фактических или потенциальных потребителей). Такой опрос и сбор мнений производится обычно в письменной форме - распространением анкет или устно (на конференциях, аукционах, выставках, в учебных заведениях и т.п.). При использовании этого метода также следует применять научно-обоснованные способы опроса, математические принципы сбора и обработки информации.

Обработка экспертных и социологических данных и расчеты мер согласованности требуют трудоемких вычислений. Поэтому следует шире использовать при проведении сбора и обработке результатов экспертной и социологической информации компьютерную технику. Возможности для этого есть, так как автоматизация проведения и обработки результатов подобного рода данных стала предметом создания ряда продуктов программного обеспечения.

Тема 7. Методы и средства аккумуляции знаний о развитии экономической системы и использование искусственного интеллекта при выработке управленческих решений

Определение понятий. Представление знаний. Извлечение знаний, решатель, объяснение решения.

В последнее десятилетие широко используется термин “аккумуляция знаний” (лат. *accumulatio* - накопление). Под этим термином понимается не только накопление знаний, но и их структурирование и формализация, так как аккумуляировать можно только формализованные знания (неформализованные знания можно аккумуляировать только в человеческом сознании). Аккумуляция знаний связана с их сохранением, для накопления знаний их необходимо записать на информационный носитель. Таким образом, под “аккумуляцией знаний” понимается процесс накопления формализованных знаний на информационных носителях. Информация и знания, обрабатываемые в СППР регионального уровня, представлены сложной совокупностью информационных потоков, циркулирующих в информационном поле. Чтобы обеспечить интеграцию информационных ресурсов, возможность проведения анализа и выработки стратегических решений, необходимо создание единого информационного пространства.

Искусственный интеллект (ИИ, англ. *Artificial intelligence, AI*) —

1) наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ;

2) свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека, например, выбирать и принимать оптимальные решения на основе ранее полученного опыта и рационального анализа внешних воздействий.

ИИ связан со сходной задачей использования компьютеров для понимания человеческого интеллекта, но не обязательно ограничивается биологически правдоподобными методами.

Речь идет, в первую очередь, о системах, в основу которых положены принципы обучения, самоорганизации и эволюции при минимальном участии человека, но привлечении его в качестве учителя и партнёра, гармоничного элемента человеко-машинной системы.

Переработка информации в любых интеллектуальных системах основывается на использовании фундаментального процесса – обучения. Образы обладают характерными объективными свойствами в том смысле, что разные распознающие системы, обучающиеся на различном материале наблюдений, большей частью одинаково и независимо друг от друга классифицируют одни и те же объекты. Именно эта объективность образов позволяет людям всего мира понимать друг друга. *Обучением* обычно называют процесс выработки в некоторой системе специфической реакции на группы внешних идентичных сигналов путем многократного воздействия на распознающую систему сигналов внешней корректировки. Механизм

генерации этой корректировки, которая чаще всего имеет смысл *поощрения* и *наказания*, практически полностью определяет алгоритм обучения. Самообучение отличается от обучения тем, что здесь дополнительная информация о верности реакции системе не сообщается.

Интеллектуальные информационные системы могут использовать "библиотеки" самых различных методов и алгоритмов, реализующих разные подходы к процессам обучения, самоорганизации и эволюции при синтезе систем ИИ. Поскольку к настоящему времени нет ни обобщающей теории искусственного интеллекта, ни работающего образца полнофункциональной ИИ-модели, то нельзя сказать, какой из этих подходов является правильным, а какой ошибочным: скорее всего они способны гармонично дополнять друг друга.

Искусственный интеллект реализуется с использованием четырех подходов: логического, эволюционного, имитационного и структурного. Все эти четыре направления развиваются параллельно, часто взаимно переплетаясь.

Логический подход

Основой для логического подхода служит булева алгебра и ее логические операторы (в первую очередь, знакомый всем оператор IF ["если"]). Свое дальнейшее развитие булева алгебра получила в виде исчисления предикатов, в котором она расширена за счет введения предметных символов, отношений между ними, кванторов существования и всеобщности. Практически каждая система ИИ, построенная на логическом принципе, представляет собой машину доказательства теорем. При этом исходные данные хранятся в базе данных в виде аксиом, а правила логического вывода – как отношения между ними.

Для большинства логических методов характерна большая трудоемкость, поскольку во время поиска доказательства возможен полный перебор вариантов. Поэтому данный подход требует эффективной реализации вычислительного процесса, и хорошая работа обычно гарантируется при сравнительно небольшом размере базы данных. Примером практической реализации логических методов являются деревья решений, которые реализуют в концентрированном виде процесс "обучения" или синтеза решающего правила.

Добиться большей выразительности логическому подходу позволяет такое сравнительно новое направление, как нечеткая логика. После основополагающих работ Л. Заде термин *fuzzy* (англ. *нечеткий, размытый*) стал ключевым словом. В отличие от традиционной математики, требующей на каждом шаге моделирования точных и однозначных формулировок закономерностей, нечеткая логика предлагает совершенно иной уровень мышления, благодаря которому творческий процесс моделирования происходит на более высоком уровне абстракции, при котором постулируется лишь минимальный набор закономерностей. Например, правдивость логического высказывания может принимать в нечетких

системах, кроме обычных "да / нет" (1 / 0), еще и промежуточные значения: "не знаю" (0.5), "пациент скорее жив, чем мертв" (0.75), "пациент скорее мертв, чем жив" (0.25) и т.д. Данный подход больше похож на мышление человека, который редко отвечает на вопросы только "да" или "нет". Теоретические основы и прикладные аспекты интеллектуальных систем оценивания и прогнозирования в условиях неопределенности, основанные на теории нечетких множеств, подробно изложены в литературных источниках [Аверкин с соавт., 1986; Борисов с соавт., 1989; Нетрадиционные модели..., 1991; Васильев, Ильясов, 1995].

Методы самоорганизации и эволюционный подход

Под термином "самоорганизация" понимается "процесс самопроизвольного (спонтанного) увеличения порядка, или организации в системе, состоящей из многих элементов, происходящий под действием внешней среды".

Можно отметить следующие принципы самоорганизации математических моделей:

- принцип **неокончателных решений** (предложен Д. Габором [1972] и заключается в необходимости сохранения достаточной "свободы выбора" нескольких лучших решений на каждом шаге самоорганизации),
- принцип **внешнего дополнения** (базируется на теореме К. Геделя [Нагель, Ньюмен, 1970] и заключается в том, что только внешние критерии, основанные на новой информации, позволяют синтезировать истинную модель объекта, скрытую в зашумленных экспериментальных данных);
- принцип **массовой селекции** (предложен А.Г. Ивахненко и указывает наиболее целесообразный путь постепенного усложнения самоорганизующейся модели, с тем чтобы критерий ее качества проходил через свой минимум).

Для возникновения самоорганизации необходимо иметь исходную структуру, механизм случайных ее мутаций и критерии отбора, благодаря которому мутация оценивается с точки зрения полезности для улучшения качества системы. Т.е. при построении этих систем ИИ исследователь задает только исходную организацию и список переменных, а также критерии качества, формализующие цель оптимизации, и правила, по которым модель может изменяться (самоорганизовываться или эволюционировать). Причем сама модель может принадлежать самым различным типам: линейная или нелинейная регрессия, набор логических правил или любая другая модель.

Можно выделить следующие подклассы самоорганизующихся моделей:

- модели, реализующие полиномиальные алгоритмы, обобщением которых явился *метод группового учета аргументов (МГУА)*;

- модели, основанные на вероятностных методах самоорганизации и грамматике конечных стохастических автоматов;
- исследование структуры сложной системы и решение задач восстановления уравнений (физических законов), описывающих разомкнутый объект по небольшому количеству экспериментальных точек.

Самоорганизующиеся модели служат, в основном, для прогнозирования поведения и структуры экосистем, так как по самой логике их построения участие исследователя в этом процессе сведено к минимуму.

В математической кибернетике различают два вида итеративных процессов развития систем:

- *адаптация*, при которой экстремум (цель движения системы) остается постоянной;
- *эволюция*, при которой движение сопровождается изменением и положения экстремума.

Если самоорганизация связана только с адаптационными механизмами подстройки реакций системы (например, изменением значений весовых коэффициентов), то понятие *эволюции* связано с возможностью *эффектора* (термин, введенный С. Лемом [1968]) изменять свою собственную структуру, т.е. количество элементов, направленность и интенсивность связей, настраивая их оптимальным образом относительно поставленных задач в каждый конкретный момент времени. В процессе эволюции в условиях сложной и меняющейся среды эффектор способен приобрести принципиально новые качества, выйти на следующую ступень развития [Гаазе-Рапопорт, Поспелов, 1987]. Например, в процессе биологической эволюции возникли чрезвычайно сложные и вместе с тем удивительно продуктивно функционирующие живые организмы.

Эволюционное моделирование представляет собой существенно универсальный способ построения прогнозов макросостояний системы в условиях, когда полностью отсутствует апостериорная информация, а априорные данные задают лишь предысторию этих состояний. Общая схема алгоритма эволюции выглядит следующим образом:

- задается исходная организация системы (в эволюционном моделировании в этом качестве может фигурировать, например, конечный детерминированный автомат Мили; см.
- проводят случайные "мутации", т.е. изменяют случайным образом текущий конечный автомат;
- отбирают для дальнейшего "развития" ту организацию (тот автомат), которая является "лучшей" в смысле некоторого критерия, например, максимальной точности предсказания последовательности значений макросостояний экосистемы.

Критерий качества модели в этом случае мало чем отличается, например, от минимума среднеквадратической ошибки на обучающей последовательности метода наименьших квадратов (со всеми вытекающими

отсюда недостатками). Однако, в отличие от адаптации, в эволюционном программировании структура решающего устройства мало меняется при переходе от одной мутации к другой, т.е. не происходит перераспределения вероятностей, которые бы закрепляли мутации, приведшие к успеху на предыдущем шаге. Поиск оптимальной структуры происходит в большей степени случайным и нецеленаправленным, что затягивает процесс поиска, но обеспечивает наилучшее приспособление к конкретным изменяющимся условиям.

Еще один широко используемый подход к построению систем ИИ – *имитационный* [Емельянов, Ясиновский, 1998]. Данный подход является классическим для кибернетики с одним из ее базовых понятий – "черным ящиком" – устройством, информация о внутренней структуре и содержании которого отсутствует полностью, но известны спецификации входных и выходных сигналов. Объект, поведение которого имитируется, как раз и представляет собой такой "черный ящик". Нам не важно, что у него и у модели внутри и как он функционирует, главное, чтобы наша модель в аналогичных ситуациях вела себя точно так же. Таким образом, здесь, после обучения и самоорганизации, моделируется еще одно свойство человека – способность копировать то, что делают другие, не вдаваясь в подробности, зачем это нужно. Основным недостатком имитационного подхода также является низкая информационная способность большинства моделей, построенных с его помощью.

Структурный подход и нейросетевое моделирование

Под *структурным подходом* подразумеваются попытки построения систем ИИ путем моделирования структуры человеческого мозга. В последние десять лет впечатляет феномен взрыва интереса к структурным методам самоорганизации – *нейросетевому моделированию*, которое успешно применяется в самых различных областях – бизнесе, медицине, технике, геологии, физике, т.е. везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации или управления.

В основе всего нейросетевого подхода лежит идея построения вычислительного устройства из большого числа параллельно работающих простых элементов – формальных нейронов. Эти нейроны функционируют независимо друг от друга и связаны между собой однонаправленными каналами передачи информации. Ядром нейросетевых представлений является идея о том, что каждый отдельный нейрон можно моделировать довольно простыми функциями, а вся сложность мозга, гибкость его функционирования и другие важнейшие качества определяются связями между нейронами. Предельным выражением этой точки зрения может служить лозунг: "*структура связей – все, свойства элементов – ничто*".

Нейронные сети (НС) – очень мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости, *нелинейные* по своей природе. Как правило, нейронная сеть используется тогда, когда неизвестны предположения о виде связей между

входами и выходами (хотя, конечно, от пользователя требуется какой-то набор эвристических знаний о том, как следует отбирать и подготавливать данные, выбирать нужную архитектуру сети и интерпретировать результаты).

На вход нейронной сети подаются представительные данные и запускается *алгоритм обучения*, который автоматически анализирует структуру данных и генерирует зависимость между входом и выходом. Для обучения НС применяются алгоритмы двух типов: управляемое ("обучение с учителем") и неуправляемое ("без учителя").

Простейшая сеть имеет структуру многослойного персептрона с прямой передачей сигнала (см. рис. 2.5), которая характеризуется наиболее устойчивым поведением. Входной слой служит для ввода значений исходных переменных, затем последовательно обрабатывают нейроны промежуточных и выходного слоев. Каждый из скрытых и выходных нейронов, как правило, соединен со всеми элементами предыдущего слоя (для большинства вариантов сети полная система связей является предпочтительной). В узлах сети активный нейрон вычисляет свое *значение активации*, беря взвешенную сумму выходов элементов предыдущего слоя и вычитая из нее пороговое значение. Затем значение активации преобразуется с помощью функции активации (или передаточной функции), и в результате получается выход нейрона. После того, как вся сеть отработает, выходные значения элементов последнего слоя принимаются за выход всей сети в целом.

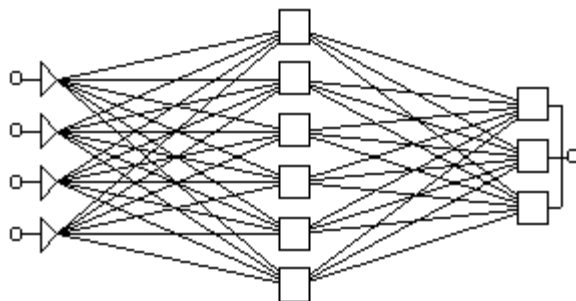


Рис. 2.5. Пример нейронной сети – трехслойного персептрона с прямым распространением информации

Наряду с моделью многослойного персептрона, позднее возникли и другие модели нейронных сетей, различающихся по строению отдельных нейронов, по топологии связей между ними и по алгоритмам обучения. Среди наиболее известных сейчас вариантов можно назвать НС с обратным распространением ошибки, основанные на радиальных базисных функциях, обобщенно-регрессионные сети, НС Хопфилда и Хэмминга, самоорганизующиеся карты Кохонена, стохастические нейронные сети и т.д. Существуют работы по *рекуррентным сетям* (т.е. содержащим обратные связи, ведущие назад от более дальних к более ближним нейронам), которые могут иметь очень сложную динамику поведения. Начинают эффективно использоваться самоорганизующиеся (растущие или эволюционирующие)

нейронные сети, которые во многих случаях оказываются более предпочтительными, чем традиционные полносвязные НС.

Для моделей, построенных по мотивам человеческого мозга, характерны как легкое распараллеливание алгоритмов и связанная с этим высокая производительность, так и не слишком большая выразительность представленных результатов, не способствующая извлечению новых знаний о моделируемой среде. Попытаться в явном виде (например, в виде полинома 2.6) представить результаты нейросетевого моделирования – довольно неблагоприятная задача. Поэтому основной удел этих моделей, являющихся своеобразной "вещью в себе", – прогнозирование.

Важным условием применения НС, как и любых статистических методов, является объективно существующая связь между известными входными значениями и неизвестным откликом. Эта связь может носить случайный характер, искажена шумом, но она должна существовать. Известный афоризм "*garbage in, garbage out*" ("*мусор на входе – мусор на выходе*") нигде не справедлив в такой степени, как при использовании методов нейросетевого моделирования. Это объясняется, во-первых, тем, что итерационные алгоритмы направленного перебора комбинаций параметров нейросети оказываются весьма эффективными и очень быстрыми лишь при хорошем качестве исходных данных. Однако, если это условие не соблюдается, число итераций быстро растет и вычислительная сложность оказывается сопоставимой с экспоненциальной сложностью алгоритмов полного перебора возможных состояний. Во-вторых, сеть склонна обучаться прежде всего тому, чему проще всего обучиться, а, в условиях сильной неопределенности и зашумленности признаков, это – прежде всего артефакты и явления "ложной корреляции".

Отбор информативных переменных в традиционной регрессии и таксономии осуществляют путем "взвешивания" признаков с использованием различных статистических критериев и пошаговых процедур, основанных, в той или иной форме, на анализе коэффициентов частных корреляций или ковариаций. Для этих целей используют различные секвенциальные (последовательные) процедуры, не всегда приводящие к результату, достаточно близкому к оптимальному. Эффективный автоматизированный подход к выбору значимых входных переменных может быть реализован с использованием генетического алгоритма. В связи с этим, в общей схеме статистического моделирования методами ИИ рекомендуется [Нейронные сети..., 2001] последовательное выполнение двух разных процедур:

- с помощью эволюционных методов в бинарном пространстве признаков ищется такая минимальная комбинация переменных, которая обеспечивает незначительную потерю информации в исходных данных,
- полученная на предыдущем этапе минимизированная матрица данных подается на вход нейронной сети для обучения.

Мы подробно рассмотрим несколько алгоритмов искусственного интеллекта и версий нейронных сетей при изложении главы 9, где приведем примеры их использования в гидробиологии.

Представление знаний — вопрос, возникающий в [КОГНИТОЛОГИИ](#) (науке о мышлении), в [информатике](#) и в исследованиях [ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА](#). В когнитологии он связан с тем, как люди хранят и обрабатывают информацию. В информатике — с подбором представления конкретных и обобщённых [знаний](#), сведений и фактов для накопления и обработки информации в [ЭВМ](#). Главная задача в искусственном интеллекте (ИИ) — научиться хранить [знания](#) таким образом, чтобы программы могли осмысленно обрабатывать их и достигнуть тем подобия человеческого [интеллекта](#).

Под термином «представление знаний» чаще всего подразумеваются способы представления знаний, ориентированные на автоматическую обработку современными [компьютерами](#), и, в частности, представления, состоящие из явных [объектов](#) ('класс всех слонов', 'Клайд — индивид') и из [суждений](#) или утверждений о них ('Клайд — слон', 'все слоны серые'). Представление знаний в подобной явной форме позволяет компьютерам делать [дедуктивные выводы](#) из ранее сохранённого знания ('Клайд — серый').

Исследователи ИИ используют теории представления знаний из когнитологии. Такие методы, как [фреймы](#), [правила вывода](#) и [семантические сети](#) пришли в ИИ из теорий обработки информации человеком. Поскольку знание используется для достижения разумного поведения, фундаментальной целью дисциплины представления знаний является поиск таких способов представления, которые делают возможным процесс логического вывода, то есть создание знания из знаний.

Некоторые вопросы, которые возникают в представлении знаний с точки зрения ИИ:

- Как люди представляют знания?
- Какова природа знаний и как мы их представляем?
- Должна ли схема представления связываться с частной областью знаний, или она должна быть общецелевой?
- Насколько выразительна данная схема представления?
- Должна ли быть схема декларативной или процедурной?

Было очень немного скрупулёзного, нисходящего обсуждения вопросов представления знаний, и исследования в данной области так по сути и не продвинулись за последние годы. Есть хорошо известные проблемы, такие как «spreading activation» (задача навигации в сети узлов), [категоризация](#) (это связано с выборочным наследованием; например, вездеход можно считать специализацией (особым случаем) автомобиля, но он наследует только некоторые характеристики) и [классификация](#). Например, [помидор](#) можно считать как фруктом, так и овощем.

Решение сложных задач часто может быть упрощено правильным выбором метода представления знаний. Определенный метод может сделать какую-либо область знаний легко представимой. Например, диагностическая экспертная система MYCIN использовала схему представления знаний, основанную на правилах. Неправильный выбор метода представления затрудняет обработку. В качестве аналогии можно взять вычисления в индо-арабской или римской записи. Деление в столбик проще в первом случае и сложнее во втором. Аналогично, не существует такого способа представления, который можно было бы использовать во всех задачах, или сделать все задачи одинаково простыми.

Экспертная система (ЭС, англ. *expert system*) — компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации.

Экспертные системы применяются для решения только трудных практических (не игрушечных) задач. По качеству и эффективности решения экспертные системы не уступают решениям эксперта-человека. Решения экспертных систем обладают "*прозрачностью*", т.е. могут быть объяснены пользователю на качественном уровне. Это качество экспертных систем обеспечивается их способностью рассуждать о своих знаниях и умозаключениях. Экспертные системы способны пополнять свои знания в ходе взаимодействия с экспертом. Необходимо отметить, что в настоящее время технология экспертных систем используется для решения различных типов задач (интерпретация, предсказание, диагностика, планирование, конструирование, контроль, отладка, инструктаж, управление) в самых разнообразных проблемных областях, таких, как финансы, нефтяная и газовая промышленность, энергетика, транспорт, фармацевтическое производство, космос, металлургия, горное дело, химия, образование, целлюлозно-бумажная промышленность, телекоммуникации и связь и др.

Типичная статическая ЭС состоит из следующих основных компонентов (рис. 1.):

- решателя (интерпретатора);
- рабочей памяти (РП), называемой также базой данных (БД);
- базы знаний (БЗ);
- компонентов приобретения знаний;
- объяснительного компонента;
- диалогового компонента.

База данных (рабочая память) предназначена для хранения исходных и промежуточных данных решаемой в текущий момент задачи. Этот термин совпадает по названию, но не по смыслу с термином, используемым в информационно-поисковых системах (ИПС) и системах управления базами данных (СУБД) для обозначения всех данных (в первую очередь долгосрочных), хранимых в системе.

База знаний (БЗ) в ЭС предназначена для хранения долгосрочных данных, описывающих рассматриваемую область (а не текущих данных), и правил, описывающих целесообразные преобразования данных этой области.

Решатель, используя исходные данные из рабочей памяти и знания из БЗ, формирует такую последовательность правил, которые, будучи примененными к исходным данным, приводят к решению задачи.

Компонент приобретения знаний автоматизирует процесс наполнения ЭС знаниями, осуществляемый пользователем-экспертом.

Объяснительный компонент объясняет, как система получила решение задачи (или почему она не получила решение) и какие знания она при этом использовала, что облегчает эксперту тестирование системы и повышает доверие пользователя к полученному результату.

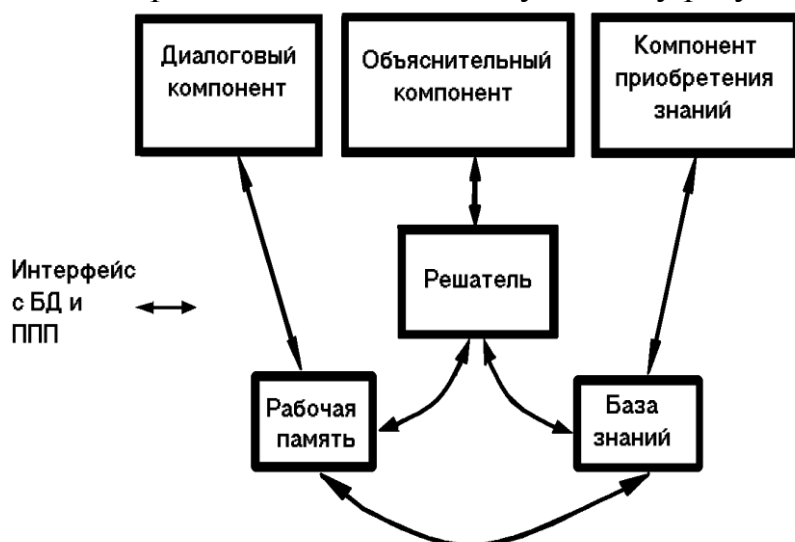


Рис.1. Структура статической ЭС.

Диалоговый компонент ориентирован на организацию дружественного общения с пользователем как в ходе решения задач, так и в процессе приобретения знаний и объяснения результатов работы.

Тема 8. Моделирование конфликтов в финансово-экономической сфере

Определение понятий. Методы и модели теории игр.

Конфликт – это неотъемлемая часть повседневной жизни людей. Осуществляя свою практическую деятельность, люди часто оказываются в ситуациях, когда им приходится взаимодействовать при обстоятельствах, в которых каждый старается достичь своей цели своим способом, но никто полностью не влияет на ход событий, то есть исход лишь частично зависит от действий каждого. Таким образом, в конфликтной ситуации имеются несколько заинтересованных сторон, каждая из которых старается получить максимальный выигрыш.

Теория игр – это раздел математики, в котором исследуются конфликтные ситуации и вырабатываются оптимальные правила (стратегии) поведения для каждого из участников конфликта. Разрешение противоречий с помощью теории игр возможно лишь после проведения математического моделирования ситуаций в виде игры. Таким образом, игра – это формальное описание реальной ситуации конфликта, представленное в упрощенном виде.

Исследованием игровых ситуаций занимались многие ученые. Основное внимание они уделяли созданию понятий оптимального поведения игроков и методам отыскания лучших стратегий. В 30-е годы XX столетия Дж. фон Нейман сформулировал основные идеи современной теории игр и ее основополагающие результаты. Публикация в 1944 г. монографии Дж. фон Неймана и О. Моргенштерна «Теория игр и экономическое поведение» стала отправной точкой использования нового подхода в экономических науках. С этого момента теория игр интенсивно развивается. Такие предметные области, как конкуренция, кооперация, стратегическое планирование, риск и неопределенность, являются ключевыми в теории игр. Теория игр не охватывает все аспекты возникающих реальных ситуаций, но, тем не менее, при определенном опыте многим ситуациям можно придать игровую схему и тем самым получить возможность ее исследования методами теории игр.

В любой игровой схеме конкретной конфликтной ситуации каждый участник может выбирать по своему усмотрению те или иные действия, в зависимости от которых будет получаться тот или иной исход. Для анализа игры необходимо знать ее правила, количество игроков, их цели, возможные действия, выигрыши, объем информации каждой стороны о поведении всех других сторон и т.д. Таким образом, анализ игры сводится к указанию наилучших стратегий и выигрышей для каждого игрока. Выигрыш или проигрыш сторон оценивается численно, другие случаи в теории игр не исследуются, хотя не всякий выигрыш в действительности можно оценить количественно.

В терминологии теории игр многое заимствовано из терминологии общеизвестных игр. Игра характеризуется системой правил, определяющих количество игроков, их возможные действия и распределение выигрышей в

зависимости от их поведения и исходов. Игроком принято считать одного участника или группу участников игры, имеющих одни общие для них интересы, не совпадающие с интересами других групп. Правила игры определяют возможные выборы и ходы для игроков на любом этапе развития игры. Сделать выбор для игрока означает остановиться на одной из его возможностей поведения. Выбор осуществляется с помощью ходов. Набор правил, которые однозначно указывают игроку, какой выбор он должен сделать при каждом ходе в зависимости от ситуации, сложившейся в результате проведения игры, называется стратегией игрока. Стратегия в теории игр означает определенный законченный план действий игрока, показывающий, как надо действовать ему во всех возможных случаях развития игры. Стратегия является оптимальной, если ее применение обеспечит игроку наибольший гарантированный выигрыш при любых возможных стратегиях другого игрока. Выигрыш – это мера эффекта для игрока, выраженная количественно: баллы, очки, стоимость. Проигрыш определяется как отрицательный выигрыш.

В зависимости от характера реальных конфликтных ситуаций имеют место различные виды игр и, соответственно, учитывая вид игры, разрабатывается метод ее решения. Для проведения классификации игр выделяют несколько основных направлений [50]: по количеству игроков, количеству стратегий, характеру взаимодействия игроков, характеру выигрыша, количеству ходов, состоянию информации, виду функций выигрыша.

В зависимости от количества игроков различают игры двух и N игроков. Игры одного игрока не рассматриваются в теории игр. Игры двух игроков являются наиболее исследованными и проработанными.

По количеству стратегий игры делятся на конечные и бесконечные. Если в игре все игроки имеют конечное число возможных стратегий, то она называется конечной. Если хотя бы один из игроков имеет бесконечное количество возможных стратегий, то игра называется бесконечной. Таким образом, понятие бесконечной игры связано с неограниченным количеством стратегий, а не со временем, в течение которого продолжается игра.

По характеру взаимодействия игры делятся на:

– бескоалиционные, где игроки не имеют права вступать в соглашения и образовывать коалиции;

– коалиционные (кооперативные) – могут вступать в коалиции. Причем в кооперативных играх коалиции заранее известны.

По характеру выигрышей игры делятся на игры с нулевой суммой и игры с ненулевой суммой. Игра с нулевой суммой подразумевает, что общий капитал всех игроков не меняется, а перераспределяется между ними, то есть сумма выигрышей всех участников игры равна нулю. Если это правило не соблюдается, то имеет место игра с ненулевой суммой, в которой надо делать взнос за право принимать участие в ней.

По виду функций выигрышей игры бывают матричные, биматричные, непрерывные, выпуклые, сепарабельные, типа дуэлей.

Матричная игра – это конечная игра двух игроков с нулевой суммой, в которой выигрыш игрока №1 задается в виде матрицы, где строка соответствует номеру применяемой стратегии игрока №1, а столбец – номеру применяемой стратегии игрока №2; на пересечении строки и столбца матрицы находится выигрыш игрока №1. Выигрыш игрока №2 равен проигрышу игрока №1.

Биматричная игра – это конечная игра двух игроков с ненулевой суммой, в которой выигрыш каждого игрока задается матрицей отдельно для соответствующего игрока. В каждой матрице строка соответствует стратегии игрока №1, столбец – стратегии игрока №2, на пересечении строки и столбца в первой матрице находится выигрыш игрока №1, во второй матрице – выигрыш игрока №2. Решать такие игры сложнее, чем обычные матричные.

Непрерывной называется игра, в которой функция выигрышей каждого участника является непрерывной в зависимости от стратегий. Если функция выигрышей является выпуклой, то такая игра называется выпуклой. Если функция выигрышей может быть представлена в виде суммы произведений функций от одного аргумента, то такая игра называется сепарабельной. Игры типа дуэлей характеризуются моментом выбора хода и вероятностями получения выигрышей в зависимости от времени, прошедшего от начала игры до момента выбора.

По количеству ходов игры делятся на одношаговые и многошаговые. Одношаговые игры заканчиваются после одного хода каждого игрока. Многошаговые игры делятся на позиционные, стохастические, дифференциальные, типа дуэлей.

В позиционных играх может быть несколько игроков, каждый из которых может последовательно во времени делать несколько ходов. Выигрыши определяются в зависимости от исходов игры (применяемых стратегий). Такие игры можно свести к матричным и решить присущими им способами. Если в игре производятся ходы, приводящие к выбору определенных позиций, причем имеется определенная вероятность возврата на предшествующую позицию, то такая игра является стохастической. Если в многошаговой игре допускается делать ходы непрерывно и подчинять поведение игроков некоторым условиям, описываемым дифференциальными уравнениями, то такие игры являются дифференциальными.

В зависимости от состояния информации различают игры с полной информацией и с неполной информацией. Если на каждом ходе игры каждому игроку известно, какие выборы были сделаны игроками раньше, то это игра с полной информацией. Если в игре не все известно о предыдущих выборах, то это игра с неполной информацией.

Используя критерий полноты информации, выделяют теорию статистических игр, имеющую место в условиях частичной неопределенности, и теорию статистических решений, имеющую место в

условиях полной неопределенности. С этими теориями тесно связана теория принятия экономических решений.

Задача принятия решений имеет место в том случае, если существует несколько вариантов действий (альтернатив) для достижения поставленной цели. Теорию игр в данном контексте необходимо рассматривать как раздел оптимизационного подхода, позволяющего решать задачи принятия решений. Другими словами, – это инструмент, помогающий повысить эффективность управленческих решений, что имеет большое значение при решении задач в промышленности, торговле, сельском хозяйстве.

Под задачей принятия решений понимается задача выбора наилучшего способа действия из некоторого множества допустимых вариантов [102]. Ограничимся задачей принятия решений в условиях риска и неопределенности. Более строгая математическая формулировка будет выглядеть следующим образом.

Пусть задано множество вариантов X . Оно может быть конечным или бесконечным. Выбор какого-либо из вариантов $x_i \in X$ приводит к некоторому исходу $y_i \in Y$, где Y – множество возможных исходов. Требуется выбрать такой x_i , чтобы получить наиболее благоприятный в определенном смысле исход y_i . Множество вариантов X также называют множеством альтернатив.

В случае, когда множество альтернатив X и исходов Y конечны, ситуацию выбора альтернативы в условиях неопределенности можно представить с помощью матрицы, называемой матрицей решений (платежной матрицей) (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Матрица решений

X	Z				
	z_1	...	z_j	...	z_m
x_1	y_{11}	...	y_{1j}	...	y_{1m}
...
x_i	y_{i1}	...	y_{ij}	...	y_{im}
...
x_n	y_{n1}	...	y_{nj}	...	y_{nm}

Здесь $X = \{x_1, \dots, x_n\}$, $Y = \{y_{11}, \dots, y_{nm}\}$. Вектор $Z = \{z_1, \dots, z_m\}$ описывает неопределенность обстановки и также предполагается конечным. Таким образом имеется функция двух аргументов: $y = F(x, z)$, $F : X \times Z \rightarrow Y$.

Заданная матрица интерпретируется следующим образом. Если выбрано решение x_i , то могут реализовываться различные исходы из соответствующей строки матрицы: y_{i1}, \dots, y_{im} . Какой именно исход реализуется, зависит от значения параметра неопределенности z , который может иметь различный содержательный смысл. В основном различают две основные ситуации:

1) вектор Z отражает так называемые «природные» неопределенности, т.е. неопределенность «состояния природы» в момент принятия решения;

2) множество $Z = \{z_1, \dots, z_m\}$ есть множество альтернатив, на котором одновременно с первым игроком осуществляет выбор решения второй игрок, руководствуясь своим отношением предпочтения R_y (неопределенность типа «активный партнер»). При этом решение x , выбираемое первым игроком, в свою очередь, характеризует неопределенность обстановки для второго игрока.

Рассмотренная выше функция $y = F(x, z)$, где $x \in X$, $y \in Y$, $z \in Z$; X, Z, Y – абстрактные множества альтернатив (решений), состояний среды и исходов, соответственно, называется функцией реализации (целевой функцией). Особенность задачи принятия решения в данном случае является предположение, что значение параметра z неизвестно в момент принятия решения. Таким образом, функция реализации ставит в соответствие каждой паре вида (x, z) , где x – альтернатива, а z – состояние фактора неопределенности, исход y .

При рассмотрении методов принятия решений в условиях неопределенности и риска используется понятие оценочной функции. Наличие оценочной функции предполагает сведение платежной матрицы к одностолбцовой, что соответствует задаче принятия решений в условиях определенности.

Пусть задана матрица решений $\{y_{ij}\}$, размером $n \times m$. Тогда оценочной функцией называется функция Y , преобразующая эту матрицу в одностолбцовую матрицу $\{y_i\}$:

$$y_i = \Psi \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{im}\},$$

т.е. y_i зависит от всех элементов исходной матрицы. Однако многие методы принятия решений имеют оценочные функции следующего вида:

$$y_i = \Psi \{y_{i1}, \dots, y_{im}\},$$

когда i -ый элемент одностолбцовой матрицы зависит только от элементов i -ой строки исходной платежной матрицы.

Таким образом, можно сказать, что любое решение в условиях неполной информации принимается в соответствии с некоторой оценочной функцией. Выбор самой оценочной функции должен осуществляться с учетом характеристик ситуации, в которой принимается решение.

Из вышесказанного следует, что теория игр имеет тесную связь с теорией принятия оптимальных решений. Однако, ситуации, описываемые с помощью математических моделей, в экономической практике могут быть адекватными действительности не в полной мере, так как реализация модели предполагает многократность повторения решений, принимаемых в похожих условиях. В реальности количество принимаемых экономических решений в неизменных условиях ограничено. Часто экономическая ситуация является уникальной, и решение в условиях неопределенности должно приниматься

однократно. Это порождает необходимость дальнейшего развития методов моделирования принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Игра – это математическая модель реальной конфликтной ситуации. Стороны, участвующие в конфликте, называются игроками. Исход конфликта называется выигрышем. Правила игры – это система условий, определяющая варианты действий игроков; объем информации каждого игрока о поведении партнеров; выигрыш, к которому приводит каждая совокупность действий.

Игра называется *парной*, если в ней участвуют два игрока, и *множественной*, если число игроков больше двух. Мы будем рассматривать только парные игры. Игроки обозначаются *A* и *B*.

Игра называется *антагонистической (с нулевой суммой)*, если выигрыш одного из игроков равен проигрышу другого.

Выбор и осуществление одного из вариантов действий, предусмотренных правилами, называется *ходом* игрока. Ходы могут быть личными и случайными. *Личный ход* – это сознательный выбор игроком одного из вариантов действий (например, в шахматах). *Случайный ход* – это случайно выбранное действие (например, бросание игральной кости). Мы будем рассматривать только личные ходы.

Стратегия игрока – это совокупность правил, определяющих поведение игрока при каждом личном ходе. Обычно в процессе игры на каждом этапе игрок выбирает ход в зависимости от конкретной ситуации. Возможно также, что все решения приняты игроком заранее (т.е. игрок выбрал определенную стратегию).

Игра называется *конечной*, если у каждого игрока имеется конечное число стратегий, и *бесконечной* – в противном случае.

Цель теории игр – разработать методы для определения оптимальной стратегии каждого игрока.

Стратегия игрока называется *оптимальной*, если она обеспечивает этому игроку при многократном повторении игры максимально возможный средний выигрыш (или минимально возможный средний проигрыш независимо от поведения противника).

1. Решение матричной игры. В таких задачах задана платежная матрица. Требуется найти чистые или смешанные стратегии игроков и, **цену игры**. Для решения необходимо указать размерность матрицы и метод решения.

2. Биматричная игра. Обычно в такой игре задают две матрицы одинакового размера выигрышей первого и второго игроков. Строки этих матриц соответствуют стратегиям первого игрока, а столбцы матриц – стратегиям второго игрока. При этом в первой матрице представлены выигрыши первого игрока, а во второй матрице – выигрыши второго.

3. Игры с природой. Используется, когда необходимо выбрать управленческое решение по критериям Максимакса, Байеса, Лапласа, Вальда, Сэвиджа, Гурвица.

Тема 9. Методы математического моделирования рисков ситуаций

Количественное измерение риска, его комплексная оценка, принципы принятия решений в условиях риска. Выбор при неопределенности.

Экономика, особенно сфера предпринимательства, как и любая другая сфера человеческой деятельности, связана с принятием решений в условиях неполноты или неточности информации. Такое положение дел вызывает феномен неопределенности. Факт неопределенности появляется тогда, когда некоторые существенные обстоятельства принятия решения известны не полностью или случайны. В качестве источников неопределенности могут выступать нестабильность экономической и политической ситуации, неопределенность действий партнеров, случайные факторы.

Неопределенность является основанием для появления риска. То есть в случае целенаправленных действий человека в условиях неопределенности, существует потенциальная возможность (риск) наступления событий, не позволяющих достичь заданных целей. При рыночной экономике предприниматели действуют в условиях свободной конкуренции самостоятельно, то есть на свой страх и риск. Неопределенность – это неустранимое качество рыночной среды, связанное с тем, что на рыночные условия оказывает свое одновременное воздействие неизмеримое число факторов различной природы и направленности, не подлежащих совокупной оценке. Кроме того, существует неопределенность относительно характера реакций рынка на те или иные воздействия.

Этапы определения и оценки риска вместе составляют понятие «анализ риска». Анализ риска подразделяется на два взаимно дополняющих друг друга вида: качественный и количественный.

Главная задача качественного анализа состоит в проведении классификации риска по интересующим руководителя критериям, то есть в определении факторов риска, а также этапов и работ, при выполнении которых риск возникает. Кроме того, в процессе проведения качественного анализа важно выявить возможные потери ресурсов, сопровождающие наступление рискованного события. Результаты качественного анализа являются исходной информацией для проведения количественного анализа.

Количественный анализ риска, то есть численное определение размеров отдельных рисков и риска в целом – проблема более сложная по сравнению с качественным анализом. Количественный анализ подразумевает определение численных значений вероятности наступления рискованных событий и их последствий, также осуществление количественной оценки допустимого в данной конкретной обстановке уровня риска.

При количественном анализе риска могут использоваться различные методы. В настоящее время наиболее распространенными являются статистический метод и метод экспертных оценок.

Статистический метод

Традиционно риск понимается как категория вероятностная, поэтому в процессе оценки неопределенности и количественного определения степени риска используют вероятностные расчеты.

Суть данного метода заключается в том, что изучается статистика потерь и прибылей, имевших место на данном или аналогичном предприятии, устанавливается величина и частота получения экономических результатов, составляется прогноз на будущее. Статистический метод требует наличия значительного объема необходимых для расчета данных. Поэтому при недостатке информации приходится прибегать к другим методам.

Главными инструментами статистического метода расчета риска являются:

1) *Математическое ожидание* X_{cp} (среднее ожидаемое значение изучаемой случайной величины, то есть последствий какого-либо действия, например дохода, прибыли и т.п.) – средневзвешенное всех возможных результатов, где в качестве весов используются вероятности их достижения:

$$X_{\text{н\o}} = \sum_{j=1}^n x_j p_j \quad (1.1)$$

где x_j – результат (событие или исход, например величина дохода);

p_j – вероятность получения результата x_j .

2) *Дисперсия* σ^2 – средневзвешенное квадратов отклонений случайной величины от ее математического ожидания (т.е. отклонений действительных результатов от ожидаемых) – мера разброса:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - X_{cp})^2 p_i \quad (1.2)$$

Квадратный корень из дисперсии называется стандартным (среднеквадратическим) отклонением:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - X_{cp})^2 p_i} \quad (1.3)$$

Дисперсия и среднеквадратическое отклонение являются абсолютной мерой риска.

3) *Коэффициент вариации* V служит относительной мерой риска и представляет собой отношение среднего квадратического отклонения к средней арифметической:

$$V = \frac{\sigma}{X_{cp}} \quad (1.4)$$

Коэффициент вариации – это относительная величина, которая показывает степень отклонения полученных значений.

4) *Распределение вероятности случайной величины*. Практика показала, что для характеристики распределения социально-экономических явлений наиболее часто используется нормальное распределение. Допущение, что прибыль, как результат хозяйственной деятельности,

является случайной величиной и подчиняется закону, близкому к нормальному, широко используется в литературе по проблеме количественной оценки риска.

Статистический метод используется для вычисления ожидаемой продолжительности каждого этапа работы и всей деятельности предприятия в целом.

При оценке инвестиционных решений хорошо зарекомендовал себя метод Монте-Карло. Суть данного метода заключается в построении имитационной математической модели, основным элементом которой являются случайные величины, поведение которых не детерминировано управлением или лицом, принимающим решение. Такую модель называют стохастической. Применение имитации позволяет сделать выводы о возможных результатах, основанные на вероятностных распределениях случайных величин.

Имитационное моделирование является одним из мощнейших методов анализа экономических систем. Под имитацией принято понимать процесс проведения компьютерных экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира. Проведение имитационного эксперимента разбивается на следующие этапы:

- 1) Установка взаимосвязи между исходными данными и выходными показателями в виде математического уравнения или неравенства.
- 2) Установка законов распределения вероятностей для основных параметров модели.
- 3) Расчет основных характеристик распределений исходных и выходных показателей.
- 4) Анализ полученных результатов и принятие решения.

Имитационное моделирование позволяет учесть максимально возможное число факторов внешней среды для поддержки принятия управленческих решений. Достоинством метода Монте-Карло является возможность анализировать и оценивать различные «сценарии» реализации инвестиционного проекта и учитывать разные факторы рисков в рамках одного подхода. Несмотря на свои достоинства, метод Монте-Карло не распространен и не используется слишком широко в бизнесе.

Недостатком метода статистических испытаний является то, что в нем для оценок и выводов используется вероятностные характеристики, что не очень удобно для непосредственного практического применения. К другим недостаткам рассмотренного подхода относятся трудность понимания имитационных моделей вследствие их математической сложности и объемности и относительную неточность полученных результатов, по сравнению с другими методами численного анализа.

Однако при корректности модели метод Монте-Карло дает достаточно надежные результаты, позволяющие судить как о доходности проекта, так и о его устойчивости (чувствительности). Кроме того, этот метод позволяет

выявить риск, сопряженный с теми проектами, в отношении которых принято решение не претерпит изменений.

Разновидностями статистических методов анализа рисков также являются:

- метод аналогий, когда при анализе риска деятельности фирмы могут оказаться полезными данные о последствиях воздействия неблагоприятных факторов риска на деятельность других компаний;

- аналитический метод, который включает в себя анализ чувствительности математической модели и анализ величины относительных рисков. Анализ чувствительности модели состоит из следующих шагов:

- 1) выбор основного ключевого показателя, т.е. параметра, относительно которого и производится оценка чувствительности;

- 2) выбор факторов (уровень инфляции, степень состояния экономики);

- 3) расчет значений ключевого показателя на различных этапах деятельности предприятия.

Сформированные таким путем последовательности затрат и поступлений дают возможность определить финансовые потоки для каждого момента или отрезка времени, т.е. определить показатели эффективности.

Анализ величины относительных рисков является расширением анализа чувствительности. В анализе величины относительных рисков определяются возможные допустимые значения критических переменных величин и проводятся последовательные проверочные расчеты.

Метод экспертных оценок

Существуют ситуации, когда по различным причинам, в значительной мере в связи с отсутствием достоверной информации, использование статистических методов не представляется возможным. В таких случаях применяются эвристические методы и методы экспертных оценок, то есть те методы, которые используют результаты опыта и интуицию. Для этих методов характерно отсутствие строгих математических доказательств оптимальности получаемых решений.

В практической деятельности используются индивидуальные и групповые экспертные оценки. Индивидуальные экспертные оценки применяются для прогнозирования развития событий, а также их оценки в настоящем; для анализа и обобщения результатов, представленных другими экспертами; составления сценариев действий. Достоинством индивидуальной экспертизы является оперативность получения информации для принятия решений. В качестве недостатка необходимо выделить высокий уровень субъективности, следовательно, понижается уверенность достоверности результатов. Этот недостаток устраняется с применением групповой экспертизы. Применение групповых экспертных процедур с высокой долей уверенности гарантирует, что при решении задач в условиях риска и неопределенности мнение группы надежнее, чем мнение отдельного эксперта. Это подразумевает, что две группы одинаково компетентных экспертов с большей вероятностью дадут аналогичные ответы, чем два

эксперта. То есть, использование оценок, полученных группой экспертов, дает более надежные результаты.

Использование метода экспертных оценок возможно на этапе проведения качественного анализа риска. Метод позволяет разделить очень сложный комплекс рисков на управляемые составляющие и сделать выводы о вероятности проявления и степени последствий исследуемых рисков.

Для получения и обработки количественными методами качественной экспертной информации могут использоваться вербально-числовые шкалы, в состав которых входят содержательно описываемые наименования её градаций и соответствующие им численные значения или диапазоны численных значений. Широкое распространение получила вербально-числовая шкала Харрингтона интенсивности критериального свойства. Шкала состоит из пяти интервалов (x):

- 1) очень высокая интенсивность критериального свойства ($x = 1,0 - 0,8$);
- 2) высокая ($x = 0,8 - 0,63$);
- 3) средняя ($x = 0,63 - 0,37$);
- 4) низкая ($x = 0,37 - 0,2$);
- 5) очень низкая ($x = 0,2 - 0,00$).

Средняя числовая оценка по шкале Харрингтона:

$$x_{cp} = \{0,9; 0,71; 0,5; 0,28; 0,1\}.$$

Соответственно, оценивая такой показатель как уровень риска, можно сказать: «очень высокий уровень риска» (числовая оценка = 0,9) или «средний уровень риска» (числовая оценка = 0,71) и т.д. По отдельным показателям можно использовать дополнительно вербальное описание для каждого интервала шкалы.

Особенностями метода экспертных оценок являются научно обоснованная организация всех этапов экспертизы и применение количественных методов при оценке мнений экспертов.

Для организации проведения экспертизы необходимо сформировать экспертные группы, разработать вопросы и анкеты и, наконец, провести анализ и обработку экспертных оценок. От правильной организации экспертизы в значительной степени зависит эффективность результатов, полученных посредством экспертных оценок, в том числе достоверность этих оценок.

Существует несколько способов использования группы экспертов. Хорошо зарекомендовал себя метод согласования оценок, суть которого заключается в том, что каждый эксперт дает оценку независимо от других, а затем, с помощью определенных приемов, эти оценки объединяются в одну обобщенную (согласованную). Например, если речь идет о вероятности наступления рискованного события p и i -й эксперт указывает для этой вероятности число p_i , то способ получения обобщенной оценки состоит в вычислении средней вероятности:

$$p = \sum_{i=1}^m p_i / m \quad (1.5)$$

где m — число экспертов, участвующих в экспертизе.

При проведении анализа собранных экспертных данных важно представить информацию, полученную от экспертов в виде, удобном для принятия решений, а также определить согласованность действий экспертов и достоверность экспертных оценок.

Так, например, выявленные в процессе качественного анализа риски необходимо представить в порядке их важности (степени возможного их влияния на уровень потерь), или варианты снижения риска – в порядке их предпочтительности и т.п.

Существует ряд методов упорядочения, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки, а также область эффективного применения. Наиболее распространенным является метод ранжирования.

Экспертные оценки используются в процессе принятия управленческих решений в том случае, если в соответствии с принятыми критериями мнения экспертов можно считать согласованными. Если полученные оценки нельзя считать достоверными, необходимо повторить процедуру опроса. Если это также не дало желаемых результатов следует уточнить исходные данные или изменить состав группы экспертов.

Ряд специалистов относятся с некоторым недоверием к методу экспертных оценок, считая, что нет гарантии достоверности полученных оценок. Действительно, точно оценить достоверность полученных результатов нельзя. Однако существуют способы определения достоверности экспертных оценок, основанные на предположении, что в случае согласованности действий экспертов достоверность гарантируется. Кроме того, практика использования экспертных оценок показала, что в большинстве случаев при согласованности мнений экспертов их оценки оказывались правильными.

Нечетко-множественный подход

Вероятности – это традиционный инструмент моделирования, который используется с давних времен. Однако есть определенные проблемы в обосновании вероятностных оценок.

Рыночная неопределенность считается «дурной» (научный термин), т.е. не обладающей статистической природой. Экономика непрерывно порождает изменяющиеся условия хозяйствования, она подчинена закономерностям циклического развития, при этом хозяйственные циклы не являются стопроцентно воспроизводимыми. Из этого следует, что не удастся получить выборки статистически однородных событий из их генеральной совокупности, наблюдаемых в неизменных внешних условиях наблюдения. То есть, статистики в классическом понимании нет.

Во всех определениях термина «статистика» есть общее ядро, которое заключается в том, что существует определенный набор наблюдений по одному объекту или по совокупности объектов. При этом предполагается, что за случайной выборкой наблюдений из их генеральной совокупности стоит некий фундаментальный закон распределения, который

сохранит свою силу еще на определенный будущий период времени, а это позволит прогнозировать будущие наблюдения и расчетный диапазон отклонений этих наблюдений от расчетных ожидаемых значений.

Классическая статистика предполагает, что если все наблюдения совершались в неизменных однотипных внешних условиях и/или наблюдались объекты с одинаковыми свойствами по факту (например, их появления по одной и той же причине), то оценить и подтвердить закон распределения можно частотным методом.

В случае с «дурной» неопределенностью, когда отсутствует достаточное количество наблюдений, чтобы корректно подтвердить тот или иной закон распределения, или наблюдаемые объекты нельзя строго назвать однородными, классической статистической выборки нет.

Однако, даже не имея достаточного числа наблюдений, можно предполагать, что за ними стоит проявление некоторого закона. Нельзя оценить параметры этого закона точно, но можно прийти к соглашению о виде этого закона и о диапазоне разброса ключевых параметров, входящих в его математическое описание. Поэтому вводится понятие квазистатистики.

Квазистатистика – эта выборка наблюдений из их генеральной совокупности, которая считается недостаточной для идентификации вероятностного закона распределения с точно определенными параметрами, но признается достаточной для того, чтобы с той или иной субъективной степенью достоверности обосновать закон наблюдений в вероятностной или любой иной форме, причем параметры этого закона будут заданы по специальным правилам, чтобы удовлетворить требуемой достоверности идентификации закона наблюдений.

Такое определение квазистатистики дает расширительное понимание вероятностного закона, когда он имеет не только частотный, но и субъективно-аксиологический смысл. Здесь намечены контуры синтеза вероятности в классическом смысле – и вероятности, понимаемой как структурная характеристика познавательной активности эксперта-исследователя. Не определяя квазистатистики, нельзя вполне обоснованно с научной точки зрения моделировать неоднородные и ограниченные по объему наблюдения процессы, протекающие в экономике, невозможно учитывать неопределенность, сопровождающую процесс принятия решений.

Выше было отмечено, что в ряде случаев, особенно в связи с недостатком объема или качества информации, необходимой для принятия решения, целесообразно применять эвристические методы и методы экспертных оценок. Однако у этих методов есть существенный недостаток – высокий уровень субъективности. И не смотря на возможность проведения групповой экспертизы, этот недостаток нельзя устранить до конца, так как человеческий фактор также является фактором (косвенным) риска.

Субъективный фактор в процессе принятия решений до сих пор не имел удовлетворительной теории для количественного оценивания. В то же время неопределенность, постоянно рождает неуверенность принимающего

эти решения лица, порождает риск неверной интерпретации исходной информации для принятия решения.

Неуверенность лица, принимающего решения (ЛПР), в своих оценках ситуации порождает качественные высказывания в терминах естественного языка. Например, «много» или «мало», «хорошо» или «плохо» – вот вопрос. ЛПР, проявляя свою интуитивную познавательную активность, чаще склонен прибегать к нечетким описаниям в своем повседневном опыте управления. Однако, все, что он говорит на словах, можно описать на языке математики. И тогда ожидания, предпочтения и нечеткие оценки, сделанные им, явятся исходной информацией для моделирования предпосылок для принятия (непринятия) решения.

Задача моделирования экспертной активности состоит в том, чтобы адекватно перевести качественные высказывания эксперта в количественные представления. Для этого теория нечетких множеств предоставляет исследователям высокоразвитый формальный аппарат.

Нечетко-множественный подход позволяет учитывать в модели хозяйствующего субъекта качественные аспекты, не имеющие точной числовой оценки. Оказывается возможным совмещать в оценке учет количественных и качественных признаков, что резко повышает уровень оценки ситуации неопределенности и адекватности принятого решения.

Нечетко-множественные описания представляют собой, с одной стороны, набор формализмов для оценки рисков систем в условиях существенной неопределенности, а, с другой стороны, поле для новой интерпретации классических вероятностных и экспертных оценок. То есть, для моделирования информационной неопределенности, можно применять нечетко-множественные описания, как их определил еще сорок лет назад Лотфи Заде.

Критерии принятия решений в условиях неопределенности

Выше было отмечено, что элементы неопределенности, присущие многим экономическим процессам, обуславливают появление ситуаций, не имеющих однозначного исхода (решения). Это обстоятельство усложняет процесс принятия решений в условиях неопределенности.

В зависимости от степени неопределенности различают ситуации стохастической и полной неопределенности. При этом стохастическая неопределенность характеризуется тем, что в результате каждого действия могут быть получены различные результаты, вероятность которых известна или может быть оценена. Также необходимо различать «природные» неопределенности и неопределенности типа «активный партнер». «Природные» неопределенности рассматриваются в рамках теории статистических решений.

Теория статистических решений является теорией проведения статистических наблюдений, обработки этих наблюдений и их использование. Создателем данной теории считается А.Вальд.

Статистические модели представляют собой игру двух лиц – человека и природы. Такая игра существенно отличается от антагонистической игры двух лиц с ненулевой суммой, где выигрыш одного равен проигрышу другого. В статистической игре природа не является разумным игроком и, следовательно, не стремится выбрать для себя оптимальные стратегии. Этот игрок не заинтересован в выигрыше. Также в статистической игре имеется возможность получения информации на основе статистического эксперимента, при котором вычисляется или оценивается распределение вероятностей состояний (стратегий) природы.

Таким образом, основная особенность игры с природой заключается в том, что в ней сознательно действует только один игрок – человек (игрок №1). Игрок №2 – природа – сознательно не действует против игрока №1, а выступает как не имеющий конкретной цели и случайным образом выбирающий очередные «ходы» партнер по игре. Поэтому термин «природа» характеризует некую объективную действительность, которую не следует понимать буквально, хотя встречаются ситуации, когда игроком №2 действительно может быть природа (например, ситуации, связанные с погодными условиями).

Человек имеет своей целью выиграть игру с воображаемым противником, то есть с природой. Игрок-природа не выбирает оптимальной стратегии, но человек должен стремиться к определению распределения вероятностей состояния природы. Следовательно, основными отличиями статистической игры от стратегической являются:

- отсутствие стремления к выигрышу у игрока-природы; т.е. отсутствие антагонистического противника;
- возможность игрока-человека провести статистический эксперимент для получения дополнительной информации о стратегиях природы.

Методы принятия решений в играх с природой зависят от характера неопределенности, точнее, от того, известны или нет вероятности состояний среды, т.е. имеет место ситуация стохастической или полной неопределенности.

Формально игра с природой представляется с помощью платежной матрицы (см. табл. 2.1). Причем возможны два варианта представления: матрица выигрышей и матрица упущенных возможностей (матрица рисков).

Пусть игрок-человек имеет n возможных стратегий: $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$. Природа имеет m возможных состояний (стратегий): $\{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$. Тогда условия игры с природой могут быть заданы с помощью матрицы выигрышей игрока-человека (см. табл. 2.2), где a_{ij} – выигрыш игрока-человека при реализации его стратегии i и состоянии среды j .

Таблица 2.2 – Матрица выигрышей игрока-человека

	Z_1	Z_2	...	Z_m
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2m}

$$\begin{array}{c|cccc}
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 A_n & a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm}
 \end{array}$$

Матрица рисков может быть построена на основе матрицы выигрышей или непосредственно из условий задачи. Под величиной риска понимается размер платы за отсутствие информации о состоянии среды.

Риском r_{ij} игрока-человека при использовании им стратегии A_i при состоянии среды Z_j называется разность между выигрышем, который игрок получил бы, если бы знал, что состоянием среды будет Z_j , и выигрышем, который игрок получит, не зная этой информации. Зная состояние природы Z_j , игрок-человек выбирает ту свою стратегию, при которой его выигрыш максимален, то есть $r_{ij} = \beta_j - a_{ij}$, где $\beta_j = \max_{1 \leq i \leq n} a_{ij}$ при заданном j . Вид матрицы упущенных возможностей представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Матрица рисков

	Z_1	Z_2	...	Z_m
A_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1m}
A_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2m}
...
A_n	r_{n1}	r_{n2}	...	r_{nm}

В независимости от вида матрицы игры требуется выбрать такую стратегию игрока, которая будет наиболее выгодной по сравнению с другими.

Следует отметить, что в матричных представлениях игр с природой, значения выигрышей игрока-человека не всегда располагаются по строкам. Это допустимо делать и по столбцам.

Принятие решений в условиях неопределенности имеет место, когда вероятности возможных вариантов состояния среды неизвестны. Такая неопределенность называется «дурной» или «безнадежной». Для таких случаев может быть использован ряд критериев, выбор каждого из которых обуславливается характером решаемой задачи, а также зависит от поставленных целей и отношения к риску лиц, принимающих решения.

К классическим критериям принятия решений в условиях полной неопределенности относятся:

- критерий максимакса;
- максиминный критерий Вальда;
- минимаксный критерий Сэвиджа;
- критерий пессимизма-оптимизма Гурвица.

Критерий *максимакса* (формула 2.1.) также носит название критерия крайнего оптимизма. Суть использования данного критерия заключается в том, что определяется стратегия, максимизирующая максимальные выигрыши для каждого состояния природы. Наилучшим считается решение, при котором достигается максимальный выигрыш, равный M .

$$M = \max_{\substack{1 \leq i \leq n \\ 1 \leq j \leq m}} a_{ij} \quad (2.1)$$

Несмотря на то, что данный критерий крайне оптимистичен, целесообразность его применения в ряде экономических ситуаций вполне оправдана.

Максиминный критерий Вальда рассматривает природу как агрессивного противника, который действует осознанно и старается максимально навредить игроку-человеку. Данный критерий является критерием крайнего пессимизма и предполагает выбор лучшего варианта среди всех наихудших. Это перестраховочная стратегия, рассчитанная на худший случай. Для выбора решения используется соотношение:

$$W = \max_{1 \leq i \leq n} \min_{1 \leq j \leq m} a_{ij}, \quad (2.2)$$

интерпретировать которое необходимо следующим образом: платежная матрица дополняется еще одним столбцом, содержащим минимальные элементы по каждой строке, затем из них выбирается максимальный – это и есть решение.

Использование максиминного критерия приемлемо в тех случаях, когда необходима страховка от неожиданных проигрышей, другими словами, когда важно обеспечить гарантированный успех при любых возможных условиях.

Выбор стратегии по *минимаксному критерию Сэвиджа* аналогичен выбору стратегии по максиминному принципу Вальда с тем отличием, что игрок руководствуется не матрицей выигрышей (табл. 2.2), а матрицей рисков (табл. 2.3). Выбор решения осуществляется по соотношению:

$$S = \min_{1 \leq i \leq n} \max_{1 \leq j \leq m} r_{ij} \quad (2.3)$$

Матрица рисков дополняется еще одним столбцом, содержащим максимальные элементы (максимальные потери) по каждой строке, затем из них выбирается минимальный, который и будет решением. Таким образом, достигается вариант минимальных потерь из максимально возможных. Другими словами, выбранный вариант полностью исключают риск. Это означает, что принимающий решение человек не может столкнуться с худшим результатом, чем тот, на который он ориентируется. Это свойство позволяет считать критерий минимакса одним из фундаментальных.

Данный критерий, как и критерий Вальда, относится к разряду осторожных. Его применение бывает оправдано в тех случаях, если ситуация, в которой принимается решение следующая:

- о возможности появления внешних состояний Z_j ничего не известно;
- приходится считаться с появлением различных состояний среды Z_j ;
- решение реализуется только один раз;
- необходимо исключить какой бы то ни было риск.

Таким образом, минимаксный критерий Сэвиджа используется в тех случаях, когда необходимо при любых условиях избежать большого риска.

Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица необходим, когда требуется сделать выбор между линией поведения в расчете на самый пессимистичный

результат и линией поведения в расчете оптимистичный результат. То есть, можно занять наиболее уравновешенную в данной ситуации позицию.

Применение критерия Гурвица оправдано в случае, если:

- о вероятностях появления состояния Z_j ничего не известно;
- с появлением состояния Z_j необходимо считаться;
- реализуется только малое количество решений;
- допускается некоторый риск.

Для выбора стратегии в матрице решений используется выражение (2.4).

$$G_A = \max_{1 \leq i \leq n} \left(k \cdot \min_{1 \leq j \leq m} a_{ij} + (1 - k) \max_{1 \leq j \leq m} a_{ij} \right), \quad (2.4)$$

где k – коэффициент оптимизма ($0 \leq k \leq 1$); при $k = 0$ – расчет на лучшее, при $k = 1$ – расчет на худшее.

При $k = 0$ критерий Гурвица совпадает с критерием максимакса, при $k = 1$ – с критерием Вальда.

Применительно к матрице рисков выбор варианта осуществляется с использованием выражения (2.5).

$$G_R = \min_{1 \leq i \leq n} \left(k \cdot \max_{1 \leq j \leq m} r_{ij} + (1 - k) \min_{1 \leq j \leq m} r_{ij} \right), \quad (2.5)$$

При $k = 0$ выбор стратегии происходит по условию минимального риска из всех возможных; при $k = 1$ – по критерию минимаксного риска Сэвиджа.

Выбор значения k зависит от отношения к риску лица, принимающего решения. Бывают ситуации, когда трудно количественно охарактеризовать доли оптимизма и пессимизма, которые присутствуют при принятии решения. Поэтому принимают $k = 0,5$. С изменением значения коэффициента изменяется и вариант решения, которому следует отдать предпочтение.

Рассмотренные критерии позволяют обосновывать и принимать решения при неопределенности экономических данных и ситуаций, недостатке точной информации об окружающей среде и ее изменении в будущем. В случае, когда по выбранному критерию рекомендуется к использованию несколько стратегий, то выбор между ними можно сделать на основании дополнительного критерия. В качестве такого дополнения может выступать расчет среднеквадратического отклонения как индекса риска. Однако стоит заметить, что однозначного подхода здесь нет, так как многое зависит от склонности к риску лиц, принимающих решения. Единственный разумный выход в подобных случаях – попытаться получить дополнительную информацию, например, путем проведения исследований или экспериментов.

Методы принятия решений в условиях стохастической неопределенности разрабатываются и обосновываются в рамках теории статистических игр. При этом в случае стохастической, или «доброкачественной», неопределенности, когда состояниям природы поставлены в соответствие вероятности, заданные экспертно либо

вычисленные на основе статистических данных, решение обычно принимается с помощью *критерия Байеса-Лапласа*. Данный критерий можно рассматривать с двух точек зрения: с позиции максимума ожидаемого среднего выигрыша (матрицы выигрышей) и с позиции минимального ожидаемого среднего риска (матрица рисков).

Критерий Байеса-Лапласа предполагает отступление от условий полной неопределенности, когда отсутствует какая-либо информация о вероятностях состояний среды. Данный критерий оперирует тем, что возможные состояния природы Z_j могут достигаться с вероятностями p_1, p_2, \dots, p_m при условии, что $p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1$.

Для выбора стратегии относительно матрицы выигрышей используется следующее выражение:

$$M_A = \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^m p_j a_{ij} \quad (2.6)$$

Лучшей считается та стратегия, которая обеспечивает игроку максимальный средний выигрыш. При этом предполагается, что ситуация, в которой принимается решение, характеризуется следующими обстоятельствами:

- вероятности появления состояния Z_j известны;
- решение теоретически реализуется бесконечно много раз;
- для малого числа реализаций решения допускается некоторый риск.

Применительно к матрице рисков (матрице упущенных возможностей) лучшей будет та стратегия игрока, которая обеспечит минимальный средний риск:

$$M_R = \min_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^m p_j r_{ij} \quad (2.7)$$

Средний выигрыш (риск) подразумевает многократное повторение акта принятия решения, чего реально может и не быть. В этом заключается некоторая условность. При достаточно большом количестве реализаций среднее значение постепенно стабилизируется. Поэтому при бесконечной реализации риск практически исключен. Выбор типа матрицы (выигрышей или риска) для исследования зависит оттого, какая из них определена с большей точностью.

Здесь стоит отметить, что применение математических методов в статистических играх хоть и не дает абсолютно достоверного результата (который, в определенной степени, является субъективным), но позволяет упорядочить имеющиеся данные: множество состояний природы, альтернативные решения, выигрыши и потери. Такое упорядочение способствует повышению качества принимаемых решений.

Тип критерия для выбора рационального варианта должен быть оговорен на этапе анализа системы. В качестве общих рекомендаций по выбору критерия оценки можно выделить следующее:

– если в отдельных ситуациях не допустим даже минимальный риск, то следует применять критерий Вальда;

– если определенный риск вполне приемлем, то можно воспользоваться критерием Сэвиджа

– если существует возможность сопоставить состояниям природы некоторые вероятностные значения, то целесообразно использование критерия Байеса-Лапласа.

Кроме того, можно рекомендовать одновременно применять поочередно различные критерии. После этого среди нескольких вариантов, отобранных таким образом в качестве оптимальных, волевым решением необходимо выделять окончательное решение. Если существуют совпадения по нескольким критериям, то имеется большая уверенность в правильности выбора окончательного варианта. Такой подход позволяет, во-первых, лучше проникнуть во все внутренние связи проблемы принятия решений и, во-вторых, ослабляет влияние субъективного фактора.

Тема 10. Инфокоммуникационные технологии управления инвестициями

Инструментальные методы оценки экономической эффективности, финансовой состоятельности риска инвестиционных проектов. Оценка финансовой состоятельности проекта. Оценка эффективности инвестиций. Учет фактора неопределенности и оценка риска. Принцип разработки бизнес-плана инвестиционного проекта. Программные средства для оценки экономической эффективности, финансовой надежности и риска инвестиционных проектов.

При оценке экономической эффективности проектов или при любых инвестициях в какие-либо мероприятия постоянно возникает проблема соизмерения денежных средств, выплачиваемых или получаемых в различные моменты времени. Проблема состоит не только в том, что инвесторы, располагая свободными денежными средствами, имеют альтернативные возможности их использования и получения прибыли, но и в неодинаковой ценности денежных средств во времени. Так, сто рублей, к примеру, использованных сегодня для производства продукции, не тождественны ста рублям через год-два, три и т.д. Разное отношение к одной и той же денежной сумме вызвано не только инфляцией или риском вложения, но и временем, в течение которого эти деньги могут принести их владельцу наибольший доход.

Чтобы оценить выгодность вложений во времени, используют *дисконтирование* — процесс приведения разновременных денежных потоков (поступлений и выплат) к единому моменту времени. Название термина происходит от слова «дисконт» — скидка с цены долгового обязательства

при авансированной выплате процентов за пользование кредитом. Если в течение некоторого промежутка времени доходы превышают затраты, обычно говорят о *чистых доходах* (англ. net benefits), или *положительных денежных потоках* (англ. positive cash flows); если же затраты превышают доходы, то их принято называть *чистыми затратами* (англ. net expenditure), или *оттоками денежных средств* (англ. cash outlay).

В общем виде это можно представить в виде:

$$DF = PV / C_t,$$

где C_t — денежный поток в конце периода t или FV ; PV — текущая стоимость денежных потоков (англ. present value), или «стоимость» будущих поступлений:

$$PV = DF \cdot C_t$$

или

$$PV = f(C_t).$$

Графически процедура дисконтирования проиллюстрирована на рис. 1 в виде временной шкалы денежных потоков.

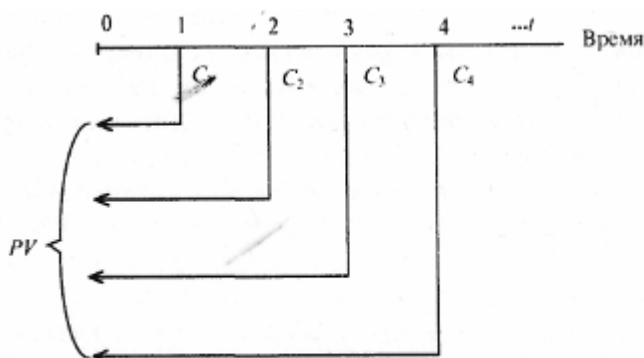


Рис. 19.1. Дисконтирование денежных потоков

Для выяснения сущности дисконтирования необходимо сделать ряд предположений о свойствах функции.

Стоимость определенной суммы денег — это функция от времени возникновения денежных доходов или расходов. Сто рублей, полученных сегодня, стоят больше ста рублей, которые будут получены завтра, через месяц и т. д. Этот важный факт в англоязычной экономической литературе называется «*time value of money*», т. е. временная стоимость денег. Инфляция и связанная с ней неопределенность делают ее смысл понятным всем. Единственное условие такого утверждения — это положительное значение процента, под который предоставляются кредиты в банке. В соответствии с этим утверждением будущие доходы от инвестиционной деятельности пересчитываются к текущему моменту умножением на коэффициент

дисконтирования DF , меньший единицы. Дисконтирование отвечает на вопрос: «Какое количество денег следует инвестировать в настоящий момент, чтобы при заданном коэффициенте дисконтирования получить известную сумму денег в будущем?». Разница между поступающей в будущем суммой денег и ее дисконтированной к настоящему времени стоимостью составляет *доход*. Если соотнести между собой объем дохода, получаемого, к примеру, через год, с суммой денег, которую надо инвестировать в настоящее время ради его получения, *тождество* такой операции (*процентную ставку доходности E , или темп прироста*) можно определить по формуле:

$$E = \frac{FV - PV}{PV}.$$

Если в знаменатель формулы подставить сумму будущих поступлений, то можно получить показатель, характеризующий темп снижения E_c (*учетная ставка, дисконт*):

$$E_c = \frac{FV - PV}{PV}.$$

Обе ставки взаимосвязаны, т.е. зная одну из них, можно рассчитать другую.

С помощью некоторых математических преобразований можно получить:

$$FV = PV \cdot E + PV \quad \text{или} \quad FV = PV(1 + E).$$

Тогда:

$$PV = \frac{FV}{(1 + E)}.$$

Значение дисконта или нормы дисконта (прибыли, доходности) может быть неодинаковым для разных шагов. С одной стороны это обстоятельство связано с переменной стоимостью капитала, а с другой — с переменным во времени риском.

Приведение затрат и результатов к базисному моменту времени производится путем их умножения на *коэффициент дисконтирования a_t , определяемый для постоянной нормы дисконта E по формуле:*

$$a_t = \frac{1}{(1 + E)^t},$$

где t - порядковый номер временного интервала получения дохода. Если же норма дисконта меняется во времени, то

$$a_t = \sum_{k=1}^T \frac{1}{P(1+E_k)},$$

где E_k - норма доходности (дисконта) в k -ом году; P — произведение; T — горизонт планирования осуществления проекта (месяц, квартал, год).

При наличии нескольких возможностей размещения капитала следует в виде дисконта брать наибольшее значение из возможных значений процентной ставки.

Надо отметить, что нормы дисконта могут быть: *коммерческими, устанавливаемыми участниками проекта, социальными и бюджетными*. Их использование связано с целями инвесторов и альтернативными возможностями финансирования инвестиционных проектов.

Коммерческая норма дисконта используется при оценке коммерческой эффективности проекта; она определяется с учетом *альтернативной* (т.е. связанной с другими проектами) *эффективности* использования капитала. *Норма дисконта участника проекта* выбирается участником проекта (или участниками) в зависимости от эффективности использования капитала и риска. При отсутствии каких-либо предпочтений в качестве нее можно использовать коммерческую норму дисконта.

Социальная (общественная) норма дисконта используется в расчетах показателей общественной эффективности и характеризует минимальные требования общества к общественной эффективности. Ее принято считать *национальным параметром*, устанавливаемым органами управления народным хозяйством России в увязке с прогнозами экономического и социального развития страны. *Бюджетная норма дисконта* используется при расчетах бюджетной эффективности и отражает альтернативную стоимость бюджетных средств. Она устанавливается федеральными или региональными органами управления народным хозяйством. Поскольку в основе дисконтирования лежат расчетные процедуры, которые связаны с оценкой норм дисконта, не только формируемых на рынке капитала, но и задаваемых участниками проекта или же устанавливаемых федеральными (региональными) органами, выбор их представляет собой весьма сложную задачу. Так, если исходить из депозитной ставки, или нормы дисконта Центрального Банка России (ЦБР), то не всегда за прошедшие годы она была «правильной» ценой денег, иногда оказываясь ниже уровня инфляции. С другой стороны — инвестиционный проект может рассчитываться не на один год. Соответственно с увеличением срока его реализации возрастают неопределенность и риск, что в свою очередь усложняет обоснование ставки доходности E .

Приведенная ставка доходности справедлива в рыночной экономике для собственного капитала. Если весь капитал является заемным, то норма дисконта представляет собой соответствующую процентную ставку, определяемую условиями процентных выплат и погашения по займам. При этом могут применяться две схемы дискретного начисления:

- схема простых процентов (simple merest);
- схема сложных процентов (compound merest).

Схема начисления по простым процентам предполагает неизменность базы, с которой происходит начисление. Например, пусть инвестированный капитал равен K ; требуемая доходность — E (в долях единицы). Если инвестиция сделана на условиях простого процента, то инвестированный капитал ежегодно увеличивается на величину $K \cdot E$. Тогда размер инвестированного капитала K_n через n лет будет равен:

$$K_n = K + K \cdot E + \dots + K(1 + nE).$$

Если инвестиция сделана на условиях сложного процента, то очередной годовой поток денег рассчитывается не с исходной величины инвестированного капитала, а с общей суммы, включающей также и не востребованные инвестором проценты. В этом случае происходит капитализация процентов по мере их начисления. В результате база, с которой начисляются проценты, все время возрастает. Тогда размер инвестированного капитала будет равен:

к концу первого года: $K_1 = K + K \cdot E = K(1 + E)$;

к концу второго года: $K_2 = K_1 + K_1 \cdot E = K(1 + E)^2$;

к концу n -го года:

$$K_n = K(1 + E)^n.$$

Когда капитал смешанный, норму дисконта можно найти как средневзвешенную стоимость капитала — WACC (Weighted Awerage of Capital). Она рассчитывается с учетом структуры капитала, налоговой системы и др. Этот показатель отражает сложившийся на предприятии механизм возврата на вложенный в инвестиционный проект капитал, его рентабельность, и вычисляется по формуле:

$$E_{WACC} = \sum_{j=1}^n K_j d_j,$$

где K — цена j -го источника средств; d_j — удельный вес j -го источника средств в общей их стоимости. Надо отметить, что этот показатель применим лишь в случае, если анализируемые проекты имеют одинаковую степень риска и условия финансирования. Более того, конъюнктура финансового рынка влияет на изменение процентных ставок и, следовательно, на значение E_{WACC} . Во всяком случае предложение капитала со стороны потенциальных

инвесторов возрастает с ростом процентных ставок. Отсюда напрашивается вывод о том, что ставку процента за кредит, которая устанавливается ЦБ России, можно рассматривать лишь в качестве ориентира для выбора ставки дисконтирования E , откорректированной с учетом целей инвестирования, возможного риска, темпов инфляции, альтернативных вариантов вложения капитала. Таким образом, норма дисконта в расчетных ценах:

$$E = E_0 + E_{p,n},$$

где E_0 — ставка процента по безрисковым вложениям, учитывающая уровень инфляции и ставку ссудного процента; $E_{p,n}$ — «рисковая премия» (англ. *riskpremium*) в форме поправочного коэффициента, учитывающая как рыночный риск, определяемый общим состоянием рыночной конъюнктуры, так и специфический риск, определяемый спецификой конкретного инвестиционного проекта.

Вообще следует различать риски собственного и заемного капитала. Чтобы выбрать размер «рисковой премии», целесообразно предварительно классифицировать различные альтернативы, типа подготовленных американскими специалистами и приведенных в основном для иллюстративных целей в табл. 1.

Таблица 1

Эффективность некоторых видов инвестиций

Категория	Группа инвестиций	Премия за риск, о/о
1	Замещающие инвестиции (новые машины, транспортные средства и т.д., которые будут выполнять те же функции, что и старое оборудование)	0 0,05 0,10
	Новые инвестиции (новые мощности или связанное оборудование, с помощью которого будут производиться и продаваться те продукты, что уже производились) Инвестиции в НИР (прикладные НИР, направленные на определенные специфические цели)	
2	Замещающие инвестиции (новые машины и оборудование, которые замещают старое оборудование, но являются технологически более совершенными)	0,03 0,08 0,20
	Новые инвестиции (новые мощности, или машины для производства, или продажи производственных линий, которые тесно связаны с	

	существующими)	
	Инвестиции в НИР (фундаментальные исследования, цели которых могут быть пока точно не определены и результат точно не известен)	
3	Замещающие инвестиции (новые мощности, которые замещают старые мощности, новые заводы на том же или другом месте)	0,06 0,15
	Новые инвестиции [новые мощности, или машины, или поглощение (приобретение) других фирм для производства или продажи производственных линий, которые не связаны с первоначальной деятельностью компании]	

Как уже указывалось, известны два основных способа начисления процентов: простой и сложный. Простой способ начисления первоначальной суммы денег состоит в неизменности исходной базы для начисления (PV). В этом случае начальная сумма денежных средств PV при всей ее неизменности за определенный период времени, в течение которого n раз начисляются проценты, возрастает до величины C_t :

$$C_t = PV(1 + E_n).$$

При сложном способе исходная база для начисления процента увеличивается с каждым периодом начисления, поэтому наращение по сложным процентам ускоряется. Тогда:

$$C_t = \sum_{i=0}^T PV(1 + E)^i$$

или

$$PV = \sum_{i=0}^T C_i / (1 + E)^i.$$

В случае ежегодного начисления процентов для кредитора:

- более выгодным является начисление процентов по простому способу, если срок возвращения ссуды не превышает одного года, то проценты начисляются однократно в конце периода;
- если срок возврата ссуды превышает один год, то эффективнее является наращивание по сложным процентам, т.е. проценты начисляются ежегодно;

- оба способа дают одинаковые результаты при продолжительности периода один год и однократном начислении процентов.

Надо отметить, что на практике большинство финансовых операций осуществляется в течение года. При этом могут использоваться различные схемы начисления процентов. В частности, большое распространение получили *краткосрочные кредиты*, т.е. *ссуды, предоставляемые на срок до одного года с однократным начислением процентов*. В этом случае используется промежуточная процентная ставка, которая равна доле годовой ставки, пропорциональной доле временного интервала в году. Тогда:

$$C_t = PV \left(1 + \frac{t}{T} E \right),$$

где E — годовая ставка доходности; t — продолжительность финансовой операции; T — количество дней в году. Указанные способы могут быть распространены на любую сферу финансовых операций, а формулу сложных процентов можно использовать для дисконтирования разновременных денежных потоков. Например, если рассматривать денежные потоки разных лет, то формулу можно представить в виде:

$$PV_n = C_n \frac{1}{(1 + E_n)^n},$$

где n — количество периодов времени между датой инвестирования и датой выплаты причитающейся суммы; PV_n — доходность инвестирования на n периодов времени; C_n — сумма, причитающаяся к выплате через n периодов времени; E_n — годовая ставка доходности в n периоде времени.

Тогда:

$$DF_n = \frac{1}{(1 + E_n)^n},$$

где DF_n — коэффициент дисконтирования.

Для принятия управленческих решений по выбору того или иного инвестиционного проекта можно использовать основанные на оценках следующие показатели:

- чистый доход;

- чистый дисконтированный доход (ЧДД) или интегральный эффект;
- индекс доходности (ИД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- срок окупаемости;
- другие показатели, отражающие интересы участников или специфику проекта.

Чтобы использовать показатели для сравнения проектов, их необходимо привести в сопоставимый вид. Чистым недисконтированным доходом (другие названия ЧД, *NetValue, NV*) называется накопленный чистый доход (сальдо реальных денег, эффект) за расчетный период, исчисляемый по формуле:

$$\text{ЧД} = \sum_{t=0}^T \Phi_m,$$

где Φ_m — эффект (чистый доход, сальдо реальных денег) на m -м шаге, а сумма распространяется на все шаги в расчетном периоде. Чистый дисконтированный доход (ЧДД, интегральный эффект, чистая текущая стоимость, *NetPresentValue, NPV*) — накопленный дисконтированный чистый доход (сальдо реальных денег, эффект) за весь расчетный период, рассчитываемый по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T \Phi_m \alpha_m \gamma_m,$$

где Φ_m — эффект на m шаге; α_m — коэффициент дисконтирования; γ_m — коэффициент распределения, а сумма распространяется на все шаги в расчетном периоде. Если в течение расчетного периода не происходит инфляционного изменения цен или расчет производится в базовых ценах, то ЧДД для постоянной нормы дисконта вычисляется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t},$$

где R_t — результаты, достигаемые на t -м шаге расчета; Z_t — затраты, осуществляемые на том же шаге; T — горизонт планирования, расчета (равный номеру шага расчета, на котором производится ликвидация объекта); E — ставка доходности (норма дисконты); $(R_t - Z_t) = \Phi_t$ — эффект, достигаемый на t -м шаге (аналог ЧД). Если же норма дисконта меняется во времени, то

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{\Pi(1+E_t)^t},$$

где Π — произведение; E_t — норма доходности на t -м шаге расчета. Разность $ЧД - ЧДД$ иногда называют *дисконтом проекта*. Если $ЧДД$ инвестиционного проекта положителен, проект является эффективным (при данной норме дисконта) и можно рассматривать вопрос о его принятии. Чем больше $ЧДД$, тем эффективнее проект. Если инвестиционный проект будет осуществлен при отрицательном $ЧДД$, инвестор понесет убытки, т. е. проект неэффективен.

На практике часто пользуются модифицированной формулой для определения $ЧДД$. Для этого из состава Z_t исключают капитальные вложения и обозначают их: K_t — капитальные вложения на t -м шаге; K — сумма дисконтированных капитальных вложений, т. е.:

$$K = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1+E)^t}.$$

Если принять Z_t^* — затраты на t -м шаге при условии, что в них не входят капитальные вложения, тогда формула (19.30) для $ЧДД$ записывается в виде

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) \frac{1}{(1+E)^t} - K$$

и выражает разницу между суммой приведенных эффектов и капитальными вложениями. Очевидно, что если $ЧДД > 0$, то проект следует рекомендовать к внедрению; если $ЧДД < 0$, проект следует отвергнуть; при $ЧДД = 0$ проект и не прибыльный, и не убыточный. Если же рассматривать несколько взаимоисключающих проектов, то выгодным с позиций доходности (по критерию финансовой эффективности) будет тот проект, у которого $ЧДД$ больше. При этом норма дисконта или ставка доходности E должна быть у них одинаковой. Выгодность каждого проекта должна определяться условием типа

$$\sum_{t=0}^T \frac{\mathcal{E}_t}{(1+E)^t} - K(0) \geq 0,$$

где T — горизонт расчета; $\mathcal{E}_t = R_t - Z_t$, т. е. эффекты, достигнутые на t -м шаге расчета; E — см. формулу (19.13); K — капитальные вложения на нулевом шаге расчета. По сути, результаты, получаемые по формуле (19.34), можно интерпретировать как приведение разновременных эффектов к начальному шагу ($t = 0$). Технически оно выполняется умножением эффектов \mathcal{E}_t на

коэффициент дисконтирования a_t , который для постоянной нормы дисконта E определяют как

$$a_t = \frac{\mathcal{E}_t}{(1+E)^t},$$

где t — номер шага, $t = 0, 1, 2, \dots, T$. Чем выше норма или ставка доходности (дисконта) E , тем более жестким условиям должен удовлетворять проект, чтобы быть действительно эффективным.

Если снять ограничение, согласно которому инвестиции происходят только в нулевой момент времени, приняв поток постумерандо, и считать, что в \mathcal{E}_t капитальные вложения не входят (3^*), то формула (19.34) допускает следующее обобщение: проект выгоден, если

$$\sum_{t=0}^T \frac{\mathcal{E}_t}{(1+E)^t} - K \geq 0.$$

Надо отметить, что ситуация с проектом при $ЧДД = 0$ представляет определенный интерес, поскольку все же имеет дополнительный аргумент в свою пользу. Если же его внедрить, то увеличатся масштабы производства и, соответственно, размеры предприятия возрастут, что повлечет за собой дополнительное благо его работникам. С другой стороны $ЧДД = 0$ означает, что инвестиции так же выгодны, как и помещение их в другие финансовые инструменты рынка.

Вместе с тем, несмотря на определенные преимущества $ЧДД$, принятого в качестве критерия оптимальности при оценке эффективности инвестиционных проектов, он имеет ряд недостатков. Во-первых, если допущена ошибка в прогнозе денежного потока или коэффициента дисконтирования, то проект, который рассматривался как доходный, может стать убыточным. Во-вторых, в реальной действительности эффективность проекта во многом зависит от его масштаба и риска. Причем зависимость между $ЧДД$ и E нелинейна. Поэтому при оценке эффективности ИП надо рассчитывать не только $ЧДД$, но и индекс доходности $ИД$, и внутреннюю норму доходности, которые в зависимости от рискованности проекта оказываются более предпочтительными. В зарубежной экономической литературе соответствующий показатель носит название *NetPresentValue (NPV)* — чистая текущая стоимость. Он рассчитывается по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CIF_t}{(1+R)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{COF_t}{(1+R)^t}, \quad (19.36)$$

где CIF_t — поступления денежных средств на t -м шаге расчета; COF_t — выплаты денежных средств на t -м шаге расчета; T — продолжительность инвестиционного периода; R — ставка доходности.

Если инвестиции в проект производятся одновременно, то выражение (19.36) может быть представлено в виде:

$$NPV = \frac{NCF_t}{(1+R)^t} - I, \quad (19.37)$$

где NCF_t —чистый денежный поток на t -м шаге расчета; I —единовременные вложения в проект. Положительное значение NPV свидетельствует о целесообразности принятия решения о финансировании проекта. При сравнении же альтернативных проектов экономически выгодным считается проект с наибольшей величиной экономического эффекта. Сравнивая возможные варианты поведения инвестора в течение всего периода времени, получаем, что его участие в проекте может изменить сумму средств на его счетах на величину, которая называется в литературе компаундированным эффектом (чистым компаундированным доходом - ЧКД, *NetFutureValue*). Он может быть отрицательным в случае нерационального использования ресурсов или прекращения реализации проекта и положительным. На основе отрицательных и положительных знаков полученного компаундированного эффекта принимается решение об участии в проекте.

$$\bar{r}_p = \sum \frac{C_j - PV_{in}}{PV_{in}} / N = \sum_{i=1}^N \bar{r}_i \cdot X_i = (r_1 X_1 + r_2 X_2 + \dots + r_n X_n) N.$$

Индексы доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капитальных вложений. Они могут рассчитываться для дисконтированных и для недисконтированных денежных потоков:

$$ИД = \frac{1}{K} \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t^*) \frac{1}{(1+E)^t},$$

При оценке эффективности проектов могут использоваться следующие индексы:

- *Индекс доходности затрат (ИДЗ)* — это отношение суммы денежных притоков (накопленных поступлений) к сумме денежных оттоков (накопленным платежам).
- *Индекс доходности дисконтированных затрат (ИДДЗ)* — это отношение суммы дисконтированных денежных притоков к сумме денежных оттоков.
- *Индекс доходности инвестиций (ИДИ)* — это отношение суммы элементов от операционной деятельности к абсолютной величине суммы элементов денежного потока от инвестиционной деятельности. Он равен увеличенному на единицу значению отношения ЧД к накопленному объему инвестиций.

- *Индекс доходности дисконтированных инвестиций (ИДДИ)* — это отношение суммы дисконтированных элементов денежного потока от операционной деятельности к инвестиционной деятельности. Он равен увеличенному на единицу значению отношения *ЧДД* к накопленному дисконтированному объему инвестиций.

При расчете *ИД* и *ИДД* могут учитываться либо все капитальные вложения за расчетный период, включая вложения в замещение выбывающих основных фондов, либо только первоначальные капитальные вложения, осуществляемые до ввода предприятия в эксплуатацию. При этом соответствующие показатели будут иметь различные значения. Как видно, индекс доходности *ИД* тесно связан с *ЧДД*. Он строится из тех же элементов. Если *ЧДД* положителен, то *ИД* > 1 и наоборот. Если *ИД* > 1, проект эффективен, если *ИД* < 1 — неэффективен. Существует и в зарубежной практике соответствующий показатель *Profitability Index (PI)*, рассматриваемый по формуле:

$$PI = \frac{1}{I} \sum_{t=0}^T \frac{NCF_t}{(1+R)^t},$$

где *NCF_t* — чистый денежный поток на *t*-м шаге расчета; *R* — ставка доходности; *I* — единовременные вложения в проект.

В отличие от чистого дисконтированного дохода индекс доходности — относительный показатель, характеризующий уровень дохода на единицу затрат. Чем выше отдача каждого рубля, вложенного в данный проект, тем больше значение этого показателя. При всех равных значениях *ЧДД* индекс доходности дает основание выбрать проект, имеющий наибольшее его значение.

Внутренняя норма доходности или рентабельности (ВИД) представляет собой ту норму дисконта *Е_{вн}*, при которой приведенные эффекты равны приведенным капитальным вложениям. Это такая норма дисконта, при которой интегральный эффект проекта, например *ЧДД*, становится равным нулю.

Чтобы получить *Е_{вн}* (*ВИД*), необходимо решить следующее уравнение:

$$\sum_{t=0}^T \frac{(R_t - Z_t^*)}{(1 + E_{вн})^t} = \sum_t \frac{K_t}{(1 + E_{вн})^t}.$$

Если весь проект осуществляется только за счет заемных средств, то *ВИД* равна наибольшему проценту, под который можно взять заем, чтобы суметь расплатиться из доходов от реализации проекта. Значение внутренней нормы доходности *ВИД* отражает:

- экономическую неравноценность разновременных затрат, результатов и эффектов — выгодность более позднего осуществления затрат и более раннего получения полезных результатов;

- минимально допустимую отдачу на вложенный капитал, при которой инвестор предпочтет участие в проекте альтернативному вложению тех же средств в другой проект с сопоставимой степенью риска;
- конъюнктуру финансового рынка, наличие альтернативных и доступных инвестиционных возможностей;
- неопределенность условий осуществления проекта и, в частности, степень риска, связанного с участием в его реализации;
- возможность установления пределов «уступок», с тем чтобы по другим показателям получить определенный выигрыш.

Преимуществом *ВНД* является то, что участник проекта не должен определять свою индивидуальную норму дисконта заранее. Он определяет *ВНД*, т. е. рассчитывает эффективность вложенного капитала, а затем принимает решение, используя ее значение.

Если же принять за основу показатель, характеризующий средневзвешенную цену капитала, *ВНД* будет состоять в том, что предприятие может принимать любые инвестиционные решения, уровень рентабельности которых не ниже E . Именно с показателем E сравнивают *ВНД*, рассчитанную для конкретного проекта. Если $ВНД > E$, то проект следует рекомендовать к внедрению; если $ВНД < E$ проект следует отклонить; при $ВНД = E$, проект не прибыльный и не убыточный.

Вместе с тем, если отбирать проекты по максимуму *ВНД*, преимущества могут иметь проекты, выгодные с точки зрения эффективности используемого капитала, но мелкие и потому дающие небольшой эффект. Величина *ВНД* зависит не только от соотношения капитальных вложений и дохода от реализации проекта, но и от их распределения во времени. Чем больше растянут во времени процесс получения доходов, тем ниже значение *ВНД*.

Существует также и другой недостаток *ВНД*, связанный с его отсутствием в ряде проектов. С другой стороны, если *ВНД* есть, то вся кривая зависимости *ЧДД* от E имеет «нестандартный» вид, проходя через отрицательное значение при $E = 0$. В таких случаях прозрачный экономический смысл *ВНД* теряется, а требование $E > ВНД$ как условие положительности *ЧДД* становится неверным. Да и в тех случаях, когда *ЧДД* ($E = 0$) > 0 могут возникнуть трудности с практическим использованием *ВНД*, если уравнение *ЧДД* (E) = 0 имеет несколько положительных корней и значение первого корня мало. Поскольку на практике рассчитать показатель внутренней нормы доходности сложно, используют метод вычисления *ЧДД* при различных ставках дисконтирования. При этом E , при котором график будет пересекать ось абсцисс, как это показано на рис. 19.4, и определяет искомое значение внутренней нормы доходности проекта при *ЧДД* = 0, а при

больших значениях E — отрицателен. Оценка степени устойчивости $ИП$ определяется по разности $ВНД - E$.

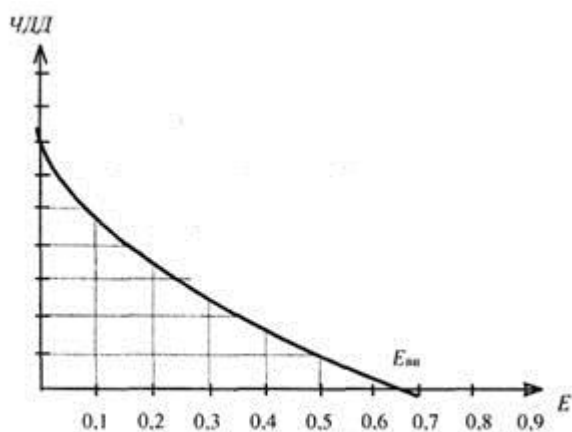


Рис. 19.4. Определение $E_{вн}$

Может также использоваться интерполяционная формула расчета $ВНД$:

$$E_{вн} = i_n + a - a_n / a_n - a_n (i_n - i_n), \quad (19.41)$$

где a_v и a_n — коэффициенты наращивания потоков для верхнего и нижнего значений ставок доходности; a — коэффициент наращивания потока, для которого определяется размер ставки; i_v и i_n — верхнее и нижнее значение ставок доходности. Значение внутренней нормы доходности можно получить приближенно методом итераций.

Схема зависимости $ЧДД$ от E показана на рис. 19.5.

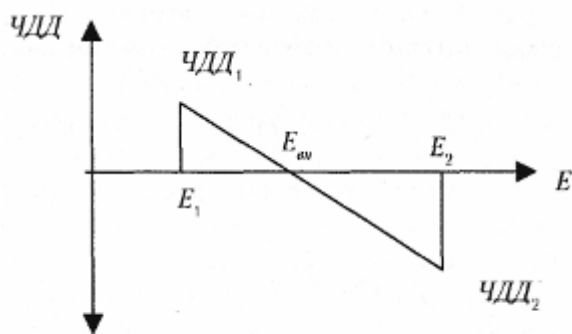


Рис. 19.5. Схема зависимости $ЧДД$ от E

Функцию «сглаживают» с помощью двух ставок E . $ВНД$ рассчитывается с точностью до третьего знака десятичной дроби. Искривление не столь сильно влияет на результаты оценки доходности.

$$E_{вн} = (E_2 - E_1) / (ЧДД_2 - ЧДД_1) .$$

Существует ряд других особенностей оценки $ВНД$. Так, при определении $ВНД$ норма дисконта не нужна. При этом норма дисконта отражает доходность альтернативных направлений инвестирования. Сравнение $ВНД$ с нормой дисконта позволяет оценить «запас прочности»

проекта, так что большая разница между этими величинами свидетельствует об определенной устойчивости проекта. В зарубежной практике этот показатель носит название *InternalRateofReturn* — *IRR*, т. е. расчетная ставка процента, или метод *рентабельности*. Он используется в качестве первого шага при финансовом анализе *ИП*. При этом отбираются проекты, имеющие внутреннюю норму доходности 15-20%.

В ряде случаев простое ранжирование проектов на основе оценок *ЧДД* не позволяет выбрать лучшее решение, поскольку сроки жизни инвестиционных проектов различны. Поэтому, чтобы выбрать лучший проект, использует эквивалентный аннуитет (англ. *equivalentannuity*). При этом метод расчета эквивалентного аннуитета отнюдь не заменяет метода определения *ЧДД*. Он просто облегчает решение задачи выбора из сравниваемых проектов лучшего по критерию максимума *ЧДД*, которому должно соответствовать наибольшее значение аннуитета, т. е. всех денежных поступлений.

В реальной жизни вполне возможны и другие ситуации, когда расчеты эффективности инвестиционных проектов нуждаются в определенной корректировке, связанной с одной стороны с влиянием множества дополнительных факторов и условий, а с другой — с недостаточностью информации для достоверной оценки. Научой и практикой разработаны определенные правила принятия решений об инвестировании проектов с учетом этих обстоятельств.

Наиболее типичные варианты принятия инвестиционных решений

При оценке эффективности инвестиционных проектов следует учитывать влияние следующих факторов:

- объемов средств, необходимых для финансирования проектов;
- интенсивности потоков средств во времени;
- сроков осуществления проектов;
- сроков использования инвестиционных проектов;
- нормативных сроков службы технологического оборудования, входящего в проект;
- перспектив использования технологического оборудования, входящего в проект;
- перспектив использования технологического оборудования за пределами нормативных сроков;
- отсутствия или наличия инвестиционного риска;
- используемой системы амортизации и налогообложения;
- источников и условий финансирования;
- интегрального экономического эффекта;

- аннуитета;
- показателей ЧДД, ВНД, ИД и срока окупаемости.

Как показал зарубежный и отечественный опыт использования динамических методов оценки эффективности инвестиционных проектов, указанные факторы могут присутствовать в самых различных ситуациях и комбинациях. Вместе с тем каждый из них требует определенного подхода к принятию соответствующих решений. Учитывая огромный объем работ по выявлению, строгому описанию и анализу всех влияющих факторов и рассмотрению их возможных комбинаций, возникающих при оценке сравнительности эффективности инвестиционных проектов, в данном параграфе пришлось ограничиться описанием наиболее типичных ситуаций принятия решений. При анализе эффективности проектов могут возникнуть следующие ситуации.

- Интегральный экономический эффект за период использования проекта может формироваться при условиях:

а) $T = T_{сл}$;

б) $T < T_{сл}$, где T — горизонт планирования использования проекта; $T_{сл}$ — нормативный срок службы основного технологического оборудования, зданий и сооружений.

В ситуации (а), чтобы определить интегральный экономический эффект, используют формулу в случае распределенных в течение периода времени $T = T_{сл}$ неодинаковых объемов инвестиций K_{ti} неодинаковых в течение этого времени результатов R_{ti} затрат Z_{ti} или же формулу (19.31) в случае единовременных капитальных вложений в период $t = 0$ и одинаковых R_{ti} Z_{ti} по периодам в течение T .

В ситуации (б) необходимо прежде всего выяснить, как будут в дальнейшем использоваться не полностью амортизированные объекты проекта в момент $t = T$. Если эти объекты (оборудование, здания и сооружения) не могут в дальнейшем быть использованы или проданы кому-либо, вся остаточная стоимость объектов будет потеряна, а интегральный экономический эффект рекомендуется рассчитывать по формулам (19.30) или (19.32). Если же объекты можно в дальнейшем полезно использовать или реализовать по их остаточной (или любой другой) стоимости, то интегральный экономический эффект надо определять по формуле:

$$I_{инт} = ЧДД = \sum_{i=0}^T (R_i - Z_i) \cdot \frac{1}{(1+E)^i} + I_{ост} \frac{1}{(1+E)^T},$$

где $I_{ост}$ — оценка стоимости объектов либо в момент T , либо по его остаточной стоимости, либо по реализационной стоимости.

• Выбор лучшего варианта проекта по критерию максимума интегрального экономического эффекта:

- а) при одинаковых T и одинаковых объемах капитальных вложений;
- б) при разных T и одинаковых объемах капитальных вложений;
- в) при разных T и разных объемах капитальных вложений;
- г) при равных T и разных ставках доходности E .

В ситуации (а), принимая во внимание сроки начала и окончания проектов, а также объемы финансирования, интегральный экономический эффект рассчитывают по формулам (10.29) или (10.31), а на его основе определяет $ЧДД$ оптимальный.

В ситуации (б) без привлечения каких-либо других критериев можно принять в качестве лучшего проект с наибольшим интегральным экономическим эффектом. Для уточнения полученного результата рекомендуется рассчитать аннуитет интегрального экономического эффекта по формуле (10.21). Если максимальный аннуитет соответствует тому же проекту, который имеет наибольший интегральный эффект, то этот вариант является абсолютно лучшим. Если же максимальный аннуитет соответствует иному проекту, то абсолютно лучшего проекта не существует. В этом случае лицо, принимающее решение, может на свой страх и риск отдать предпочтение проекту либо с максимальным интегральным экономическим эффектом, получаемым за более длительный период T , либо с максимальным аннуитетом интегрального экономического эффекта при более коротком периоде T .

В ситуации (в) абсолютно лучшим считается вариант, в котором наибольший интегральный экономический эффект соответствует проекту с минимальным периодом T и с минимальным объемом капитальных вложений. В остальных случаях, чтобы выбрать наиболее предпочтительный, необходимо привлекать другие критерии. В ситуации (г) выбор варианта проекта зависит также и от того, какая ставка доходности E будет принята при расчете $ЧДД$. Для иллюстрации сказанного покажем на рис. точку пересечения анализируемых проектов использования топлива в котельной, в которой оба варианта инвестирования имеют одинаковый $ЧДД$. В экономической литературе эту точку обычно называют пересечением Фишера, по имени известного экономиста Ирвинга Фишера, проанализировавшего этот аспект инвестиционных расчетов. Если ставка дисконтирования (желаемая норма прибыли) ниже, чем в точке пересечения, преимущество имеет вариант с использованием природного газа. И наоборот, когда норма прибыли больше, чем в точке пересечения (справа от нее), эффективен вариант с использованием угля.

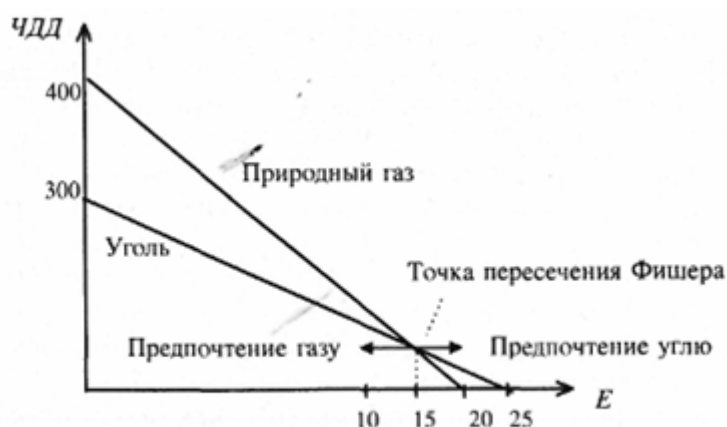


Рис. 19.6. График зависимости ЧДД = f(E)

- Определение аннуитета интегрального экономического эффекта:

- при $T = T_{сл}$;
- при $T < T_{сл}$;
- при одинаковых суммах годового экономического эффекта;
- при разных годовых экономических эффектах.

В ситуации (а), (б) и (г) аннуитет интегрального экономического эффекта рекомендуется определять по формуле. Для ситуации (в) можно применить следующую формулу при $T < T_{сл}$:

$$A = \sum_{i=0}^T (R_i - Z_i) \frac{E(1+E)^T}{(1+E)^T} - I + I_{ост} \frac{1}{(1+E)^T},$$

где Z_t , R_t — затраты и результаты; I — общий объем инвестирования; $I_{ост}$ — остаточная стоимость объектов, входящих в проект.

- Выбор лучшего варианта по критерию максимума аннуитета интегрального экономического эффекта:

- при одинаковых T и одинаковых объемах капитальных вложений;
- при разных T и одинаковых объемах капитальных вложений;
- при разных T и разных объемах капитальных вложений.

В ситуации (а) проект, которому соответствует максимум аннуитета интегрального экономического эффекта, является абсолютно лучшим, поэтому выбор варианта капитальных вложений будет однозначно определенным.

Аналогичное положение наблюдается в ситуации (б) при условии, что минимальный аннуитет принадлежит проекту с максимальным периодом времени T . Если же максимальный аннуитет соответствует проекту с минимальным периодом времени T , то для оценки его эффективности необходимо дополнительно привлечь критерий интегрального экономического эффекта. При этом лучшим будет проект, который при максимальном аннуитете обеспечивает также получение наибольшего интегрального экономического эффекта.

В ситуации (в), за редким исключением, не существует однозначно лучшего проекта и необходимо проводить всесторонний анализ с привлечением других критериев.

В том случае, когда анализируемые проекты обеспечивают получение одного и того же полезного результата, но имеют различные приведенные затраты, проекты можно сравнивать по критерию минимума приведенных затрат.

Существуют и другие ситуации, когда для принятия решения об инвестировании проекта или выборе лучшего из определенного множества проектов приходится иметь дело с большим числом факторов. Поэтому любой разработчик или аналитик инвестиционных проектов должен всегда помнить, что выбор предпочтительных проектов по любому принятому им критерию эффективности в огромной мере зависит от правильности тех допущений и ограничений, которые положены в основу расчетов. Стремясь найти правильное решение с точки зрения привлекательности для инвестора, необходимо особое внимание уделять неформальным (экспертным) процедурам для учета всех факторов и их взаимосвязей.

19.5. Коммерческая эффективность

Как уже отмечалось, *коммерческая эффективность* (финансовое обоснование) проекта определяется соотношением финансовых затрат и результатов, обеспечивающих требуемую норму доходности. При этом должны использоваться следующие принципы:

- применяются предусмотренные проектом (рыночные) текущие (базисные) или прогнозные цены на все виды ресурсов;
- денежные потоки рассчитываются в тех же валютах, в которых проектом предусматривается приобретение ресурсов и оплата продукции;
- заработная плата включается в состав операционных издержек в размерах, установленных проектом (с учетом отчислений);
- если проект предусматривает одновременно производство и потребление продукции (например, некоторое число комплектующих изделий или оборудования), то в расчете учитываются только затраты на ее производство, но не расходы на ее приобретение;
- если проектом предусмотрено полное или частичное связывание денежных средств (депонирование, приобретение ценных бумаг и пр.), вложение соответствующих средств учитывается (в виде оттока) в денежных потоках от инвестиционной деятельности, а получение (в виде притоков) — в денежных потоках от операционной деятельности;
- если проект предусматривает одновременное осуществление нескольких видов операционной деятельности, в расчете учитываются затраты по каждому из них.

Коммерческую эффективность можно рассчитывать как для проекта в целом, так и для отдельных его участников с учетом их вкладов по показателям.

В качестве эффекта на t -м шаге расчета Δt выступает поток реальных денег (*CashFlow*), сальдо притока и оттока. В каждом конкретном периоде времени (шаге расчета) — приток $\Pi_i(t)$ и отток $O_i(t)$ денежных средств. Разница между ними $\Phi(t)$ — эффект на t -м шаге (является аналогом $\Delta t = Rt - 3t$)

$$\text{или } \Phi_i = \Pi_i(t) - O_i(t).$$

При осуществлении проекта выделяют три вида деятельности: инвестиционную (1), операционную (2) и финансовую (3). Следовательно, *потоком реальных денег* $\Phi(1)$ называется разность между притоком и оттоком денежных средств от инвестиционной деятельности в каждом периоде осуществления проекта, т. е. на каждом шаге расчета:

$$\Phi(t) = [\Pi_1(t) - O_1(t)] + [\Pi_2(t) - O_2(t)] = \Phi_1(t) + \Phi^*(t),$$

где $\Phi^*(t)$ является аналогом $(Rt - 3^*t)$.

Сальдо реальных денег B (называется разность между притоком и оттоком денежных средств от всех трех видов деятельности на каждом шаге расчета:

$$B_t = \sum_{i=1}^T [\Pi_i(t) - O_i(t)].$$

Поток реальных денег от инвестиционной деятельности включает в себя *оттоки* и *притоки*, распределенные по периодам (шагам) расчета. К *притокам* относятся доходы (за вычетом налогов) от реализации имущества и нематериальных активов (например, при прекращении проекта), а также от возврата (в конце проекта) оборотных активов, уменьшения оборотного капитала на всех шагах расчетного периода. *Оттоки* — это вложения в основные средства (на всех шагах расчетного периода), а также ликвидационные затраты, вложения средств на депозит и в ценные бумаги других хозяйствующих субъектов. Кроме того, они могут быть использованы для увеличения оборотного капитала, компенсации (в конце проекта) оборотных пассивов. Показатели для оценки инвестиционной деятельности приведены в табл. 3.

Таблица 3

Инвестиционная деятельность по проекту

№ строки	Объект	Показатель	Шаг 0	Шаг 1	...	Шаг T	Ликвидация (см. табл. 19.6)
1	Земля	О					
		П					
2	Здания, сооружения	О					
		П					
3	Машины, оборудование, передаточные устройства	О					
		П					
4	Нематериальные активы	О					
		П					
5	Итого: вложения в основной капитал (1)+(2)+(3)+(4)	О					
		П					
6	Прирост оборотного капитала	О					
		П					

Примечание: О – отток денежных средств, обозначается со знаком «-»; П – приток денежных средств, обозначается со знаком «+»

Основным притоком реальных денег от операционной деятельности является выручка от реализации продукции, а также прочие внереализационные доходы. Показатели для оценки операционной деятельности приведены в табл. 4.

Таблица 4

Операционная деятельность по проекту

№ стро- ки	Показатель	Значения показателей по шкалам расчета			
		Шаг 0	Шаг 1	...	Шаг T
1	Объем продаж				
2	Цена				
3	Выручка (1) x (2)				
4	Внереализационные доходы				
5	Переменные затраты				
6	Постоянные затраты				
7	Амортизация зданий				
8	Амортизация оборудования				
9	Проценты по кредитам, включаемым в себестоимость				
10	Прибыль за вычетом налогов, (3)+(4)-(5)-(6)-(7)-(8)-(9)				
11	Налоги и сборы				
12	Чистый доход, (10) – (11) + (9)				
13	Амортизация (7) + (8)				
14	Чистый приток от операций, $\Phi_0(t) = (12) + (13)$				

К финансовой деятельности относятся операции со средствами, внешними по отношению к ИП, т.е. поступающими не за счет осуществления проекта. Они состоят из собственного (акционерного) капитала АО и привлеченных средств.

К притокам относятся операции со средствами, внешними по отношению к ИП, т.е. поступающими не за счет осуществления проекта. Они состоят из собственного (акционерного) капитала и привлеченных средств: субсидий и дотаций, заемных средств, в том числе за счет выпуска предприятием долговых ценных бумаг.

К оттокам относятся затраты на возврат и обслуживание займов и выпущенных предприятием долговых ценных бумаг (в полном объеме, независимо от того, были ли они включены в притоки), а также возможные затраты на выплату дивидендов по акциям предприятий. Поток реальных денег от финансовой деятельности на шаге t $\Phi(t)$ определяется по данным табл. 5.

Таблица 5

Финансовая деятельность по проекту

№ строки	Показатель	Значения показателей по шагам расчета			
		Шаг 0	Шаг 1	...	Шаг T
1	Собственный капитал (акции, субсидии и др.)				
2	Краткосрочные кредиты				
3	Долгосрочные кредиты				
4	Выплата процентов по кредитам				
5	Выплата задолженности по основным суммам кредита				
6	Помещение средств на депозитные вклады				
7	Снятие средств с депозитных вкладов				
8	Получение процентов по депозитным вкладам				
9	Выплата дивидендов				
10	Сальдо финансовой деятельности $\Phi(1) = (1)+(2)+(3) - (4) - (5) - (6) + (7) + (8) - (9)$				

Чистую ликвидационную стоимость объекта (чистый поток реальных денег на стадии ликвидации объекта) определяет на основании данных, приведенных в табл. 6.

Таблица 6

Расчет чистой ликвидационной стоимости объектов

№ строки	Показатель	Земли	Здания и т.д.	Машины и оборудование	Всего
1	Рыночная стоимость на момент ликвидации				
2	Балансовая стоимость по данным табл. 19.3				
3	Начислено амортизации				
4	Остаточная стоимость на T-ом шаге				
5	Затраты по ликвидации				
6	Доход от прироста стоимости капитала		Нет	Нет	
7	Операционный доход (убытки)	Нет			
8	Налоги				
9	Чистая ликвидационная стоимость				

Ликвидационную стоимость при ликвидации объекта на T-м шаге (первом шаге за пределом установленного для объекта срока службы) рассчитывают следующим образом.

Рыночную стоимость элементов (объектов), входящих в проект, определяют независимо, исходя из тех изменений, которые ожидаются в районе их расположения.

Балансовую стоимость объекта для шага T вычисляют как разность между первоначальными затратами (строка 2) и начисленной амортизацией (строка 3). При этом амортизацию определяют из данных табл. 19.6. Доход от прироста стоимости капитала (строка 6) относится к земле и определяется как разность между рыночной (строка 1) и балансовой (строка 4) стоимостью имущества.

Операционный доход (убытки), показываемый по строке 7, относится к остальным элементам капитала, которые реализуются отдельно, т. е. строка 7 = строке 1 - (строка 4 + строка 5).

Чистая ликвидационная стоимость каждого элемента представляет собой разность между рыночной ценой и налогами, которые начисляются на прирост остаточной стоимости капитала и доходы от реализации имущества, т. е. строка 9 = строка 1 - строка 8. Ликвидационная стоимость должна дисконтироваться.

Объем чистой ликвидационной стоимости показывают по строке 9 в графе «Всего».

Чтобы определить поток и сальдо реальных денег, которые включают значения, используют сальдо накопленных реальных денег $B(t)$, которое рассчитывается по формуле:

$$B_t = \sum_{k=1}^T b(k).$$

Текущее сальдо реальных денег $b(t)$ определяют через $B(t)$ по формуле:

$$b(t) = B(t) - B(t-1).$$

Поток реальных денег вычисляют по формуле:

$$\Phi(t) = b(t) - \Phi_j(t).$$

Положительное $B(t)$ составляет свободные денежные средства на t -м шаге. Если $B(t)$ принимает отрицательное значение, это свидетельствует о том, что участнику проекта необходимо привлечь дополнительные средства (собственные или заемные).

Программные средства для оценки экономической эффективности, финансовой надежности и риска инвестиционных проектов.

Проведение экономической оценки инвестиционного проекта связано с необходимостью выполнения большого объема достаточно трудоемких расчетов. Поэтому работа по оценке и анализу экономической эффективности, финансовой надежности и риска инвестиций должна быть обеспечена специальными программными средствами.

В настоящее время существует широкий спектр специализированных программных продуктов для применения в данной области, среди которых следует выделить такие программы, как: «COMFAR» (Computer Model for Reporting), «PROSPIN» (Project profile screening and preappraisal information system), «Project Expert» фирмы «Про-Инвест Консалтинг», «Альт-Инвест» фирмы «Альт», «Инвестор» фирмы «Инэк», «ТЭО Инвест» производства

ИПУ РАН, «Экомир-проект», разработанный в Самарской государственной экономической академии.

Основными критериями оценки программных средств этого направления являются:

- 1) соответствие положениям второй редакции методических рекомендаций по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов;
- 2) технические характеристики (совместимость с аппаратным и техническим обеспечением);
- 3) интерфейс;
- 4) «открытость» пакета (возможности внесения изменений в алгоритмы расчетов);
- 5) цена.

Отечественные программы по оценке инвестиций обладают несомненными преимуществами по сравнению с зарубежными, с точки зрения функциональных возможностей и ценовых характеристик. Зарубежные программные продукты («COMFAR» и «PROSPIN») не позволяют в полной мере учесть особенности российской системы налогообложения, отсутствуют возможности учета инфляционных изменений для отдельных статей доходов и расходов инвестиционного проекта, что может привести к значительным трудностям при проведении расчетов отечественного инвестиционного проекта в прогнозных ценах. Стоимость зарубежных программных продуктов в несколько раз превышает показатели для аналогичного отечественного программного обеспечения.

Отечественные компьютерные программы выполнены в соответствии с современной методикой по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования и позволяют подготовить обеспечение для управленческого решения инвестиционного характера. Отличия в наборе средств проведения оценки проявляются в различных ценовых характеристиках программных продуктов. Признанным лидером на рынке программного обеспечения в рассматриваемом секторе является «Project Expert» — программа, предоставляющая в распоряжение инвестора довольно широкий набор средств инвестиционного и финансового анализа.

«Project Expert» и «Инвестор» обладают привлекательным интерфейсом, более устойчивы в работе по сравнению с программой «Альт-Инвест», выполненной в среде MS Excel. Однако наличие этого преимущества сочетается с закрытостью программных продуктов. Пользователь не имеет возможности вмешиваться в проведение расчетов и корректировать формулы при использовании «Project Expert». Преимущество открытых программ, таких как «Альт-Инвест» и «Экомир-проект», состоит в прозрачности используемых алгоритмов расчета, возможности исправления неточностей. Кроме того, в открытых программах связи между исходными данными и получаемыми результатами, как правило, более наглядны.

Тема 11. Развитие теоретических основ методологии и инструментария проектирования, разработки и сопровождения информационных систем субъектов экономической деятельности

Методы формализованного представления предметной области, программные средства, базы данных, корпоративные хранилища данных, базы знаний, коммуникационные технологии.

Процесс бизнес-моделирования может быть реализован в рамках различных методик, отличающихся прежде всего своим подходом к тому, что представляет собой моделируемая организация. В соответствии с различными представлениями об организации методики принято делить на объектные и функциональные (структурные).

Объектные методики рассматривают моделируемую организацию как набор взаимодействующих объектов – производственных единиц. *Объект* определяется как осязаемая реальность – предмет или явление, имеющие четко определяемое поведение. Целью применения данной методики является выделение объектов, составляющих организацию, и распределение между ними ответственностей за выполняемые действия.

Функциональные методики, наиболее известной из которых является методика *IDEF*, рассматривают организацию как набор *функций*, преобразующий поступающий поток информации в выходной поток. Процесс преобразования информации потребляет определенные ресурсы. Основное отличие от *объектной методики* заключается в четком отделении *функций* (методов обработки данных) от самих данных.

С точки зрения бизнес-моделирования каждый из представленных подходов обладает своими преимуществами. Объектный подход позволяет построить более устойчивую к изменениям систему, лучше соответствует существующим *структурам организации*. *Функциональное моделирование* хорошо показывает себя в тех случаях, когда организационная структура находится в процессе изменения или вообще слабо оформлена. Подход от выполняемых *функций* интуитивно лучше понимается исполнителями при получении от них информации об их текущей работе.

Функциональная методика IDEF0

Методологию *IDEF0* можно считать следующим этапом развития хорошо известного графического языка описания функциональных систем *SADT (Structured Analysis and Design Technique)*. Исторически *IDEF0* как стандарт был разработан в 1981 году в рамках обширной программы автоматизации промышленных предприятий, которая носила обозначение *ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing)*. Семейство стандартов *IDEF* унаследовало свое обозначение от названия этой программы (*IDEF=Icam DEFinition*), и последняя его редакция была выпущена в декабре 1993 года Национальным Институтом по Стандартам и Технологиям США (*NIST*).

Целью методики является построение *функциональной схемы* исследуемой системы, описывающей все необходимые процессы с точностью, достаточной для однозначного моделирования деятельности системы.

В основе методологии лежат четыре основных понятия: **функциональный блок, интерфейсная дуга, декомпозиция, глоссарий.**

Функциональный блок (Activity Box) представляет собой некоторую конкретную *функцию* в рамках рассматриваемой системы. По требованиям стандарта название каждого функционального блока должно быть сформулировано в глагольном наклонении (например, "производить услуги"). На диаграмме функциональный блок изображается прямоугольником (рис. 1). Каждая из четырех сторон функционального блока имеет свое определенное значение (роль), при этом:

- верхняя сторона имеет значение "Управление" (Control);
- левая сторона имеет значение "Вход" (Input);
- правая сторона имеет значение "Выход" (Output);
- нижняя сторона имеет значение "Механизм" (*Mechanism*).

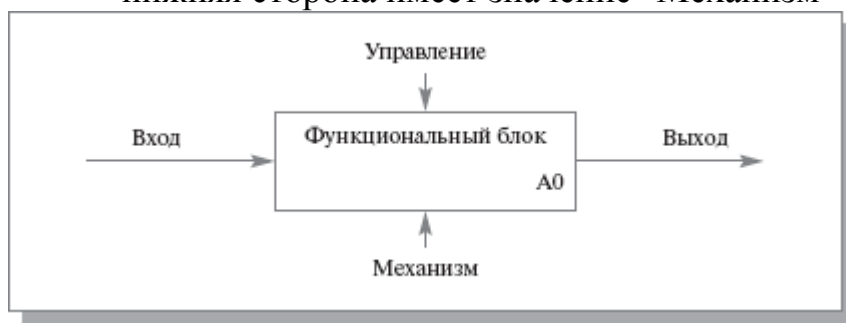


Рис. 1. Функциональный блок

Интерфейсная дуга (Arrow) отображает элемент системы, который обрабатывается функциональным блоком или оказывает иное влияние на *функцию*, представленную данным функциональным блоком. Интерфейсные дуги часто называют потоками или стрелками.

С помощью интерфейсных дуг отображают различные объекты, в той или иной степени определяющие процессы, происходящие в системе. Такими объектами могут быть элементы реального мира (детали, вагоны, сотрудники и т.д.) или потоки данных и информации (документы, данные, инструкции и т.д.).

В зависимости от того, к какой из сторон функционального блока подходит данная интерфейсная дуга, она носит название "входящей", "исходящей" или "управляющей".

Необходимо отметить, что любой функциональный блок по требованиям стандарта должен иметь, по крайней мере, одну управляющую интерфейсную дугу и одну исходящую. Это и понятно – каждый процесс должен происходить по каким-то правилам (отображаемым управляющей

дугой) и должен выдавать некоторый результат (выходящая дуга), иначе его рассмотрение не имеет никакого смысла.

Обязательное наличие управляющих интерфейсных дуг является одним из главных отличий стандарта *IDEF0* от других методологий классов *DFD* (*Data Flow Diagram*) и *WFD* (*Work Flow Diagram*).

Декомпозиция (*Decomposition*) является основным понятием стандарта *IDEF0*. Принцип декомпозиции применяется при разбиении сложного процесса на составляющие его *функции*. При этом *уровень детализации* процесса определяется непосредственно разработчиком модели.

Декомпозиция позволяет постепенно и структурировано представлять модель системы в виде иерархической структуры отдельных диаграмм, что делает ее менее перегруженной и легко усваиваемой.

Последним из понятий *IDEF0* является **глоссарий** (**Glossary**). Для каждого из элементов *IDEF0* — диаграмм, функциональных блоков, интерфейсных дуг — существующий стандарт подразумевает создание и поддержание набора соответствующих определений, ключевых слов, повествовательных изложений и т.д., которые характеризуют объект, отображенный данным элементом. Этот набор называется глоссарием и является описанием сущности данного элемента. Глоссарий гармонично дополняет наглядный графический язык, снабжая диаграммы необходимой дополнительной информацией.

Модель *IDEF0* всегда начинается с представления системы как единого целого — одного функционального блока с интерфейсными дугами, простирающимися за пределы рассматриваемой области. Такая диаграмма с одним функциональным блоком называется **контекстной диаграммой**.

В пояснительном тексте к *контекстной диаграмме* должна быть указана **цель** (Purpose) построения диаграммы в виде краткого описания и зафиксирована **точка зрения** (Viewpoint).

Определение и формализация цели разработки *IDEF0*-модели является крайне важным моментом. Фактически цель определяет соответствующие области в исследуемой системе, на которых необходимо фокусироваться в первую очередь.

Точка зрения определяет основное направление развития модели и уровень необходимой детализации. Четкое фиксирование точки зрения позволяет разгрузить модель, отказавшись от детализации и исследования отдельных элементов, не являющихся необходимыми, исходя из выбранной точки зрения на систему. Правильный выбор точки зрения существенно сокращает временные затраты на построение конечной модели.

Выделение подпроцессов. В процессе декомпозиции функциональный блок, который в *контекстной диаграмме* отображает систему как единое целое, подвергается детализации на другой диаграмме. Получившаяся диаграмма второго уровня содержит функциональные блоки, отображающие главные подфункции функционального блока *контекстной диаграммы*, и называется дочерней (Child Diagram) по отношению к нему (каждый из

функциональных блоков, принадлежащих дочерней диаграмме, соответственно называется дочерним блоком – Child Box). В свою очередь, функциональный блок — предок называется родительским блоком по отношению к дочерней диаграмме (Parent Box), а диаграмма, к которой он принадлежит – родительской диаграммой (Parent Diagram). Каждая из подфункций дочерней диаграммы может быть далее детализирована путем аналогичной декомпозиции соответствующего ей функционального блока. В каждом случае декомпозиции функционального блока все интерфейсные дуги, входящие в данный блок или исходящие из него, фиксируются на дочерней диаграмме. Этим достигается структурная целостность *IDEFO*-модели.

Иногда отдельные интерфейсные дуги высшего уровня не имеет смысла продолжать рассматривать на диаграммах нижнего уровня, или наоборот — отдельные дуги нижнего отражать на диаграммах более высоких уровней – это будет только перегружать диаграммы и делать их сложными для восприятия. Для решения подобных задач в стандарте *IDEFO* предусмотрено понятие *туннелирования*. Обозначение "*туннеля*" (*Arrow Tunnel*) в виде двух круглых скобок вокруг начала интерфейсной дуги обозначает, что эта дуга не была унаследована от функционального родительского блока и появилась (из "*туннеля*") только на этой диаграмме. В свою очередь, такое же обозначение вокруг конца (стрелки) интерфейсной дуги в непосредственной близости от блока-приемника означает тот факт, что в дочерней по отношению к этому блоку диаграмме эта дуга отображаться и рассматриваться не будет. Чаще всего бывает, что отдельные объекты и соответствующие им интерфейсные дуги не рассматриваются на некоторых промежуточных уровнях иерархии, – в таком случае они сначала "*погружаются в туннель*", а затем при необходимости "*возвращаются из туннеля*".

Обычно *IDEFO*-модели несут в себе сложную и концентрированную информацию, и для того, чтобы ограничить их перегруженность и сделать *удобочитаемыми*, в стандарте приняты соответствующие ограничения сложности.

Рекомендуется представлять на диаграмме от трех до шести функциональных блоков, при этом количество подходящих к одному функциональному блоку (выходящих из одного функционального блока) интерфейсных дуг предполагается не более четырех.

Функциональная методика потоков данных

Целью методики является построение модели рассматриваемой системы в виде *диаграммы потоков данных* (*Data Flow Diagram —DFD*), обеспечивающей правильное описание выходов (отклика системы в виде данных) при заданном воздействии на вход системы (подаче сигналов через внешние интерфейсы). *Диаграммы потоков данных* являются основным средством моделирования *функциональных требований* к проектируемой системе.

При создании *диаграммы потоков данных* используются четыре основных понятия: **потоки данных, процессы (работы) преобразования входных потоков данных в выходные, внешние сущности, накопители данных (хранилища).**

Потоки данных являются абстракциями, используемыми для моделирования передачи информации (или физических компонент) из одной части системы в другую. Потоки на диаграммах изображаются именованными стрелками, ориентация которых указывает направление движения информации.

Назначение **процесса (работы)** состоит в продуцировании выходных потоков из входных в соответствии с действием, задаваемым именем процесса. Имя процесса должно содержать глагол в неопределенной форме с последующим дополнением (например, "получить документы по отгрузке продукции"). Каждый процесс имеет уникальный номер для ссылок на него внутри диаграммы, который может использоваться совместно с номером диаграммы для получения *уникального индекса* процесса во всей модели.

Хранилище (накопитель) данных позволяет на указанных участках определять данные, которые будут сохраняться в памяти между процессами. Фактически хранилище представляет "срезы" потоков данных во времени. Информация, которую оно содержит, может использоваться в любое время после ее получения, при этом данные могут выбираться в любом порядке. Имя хранилища должно определять его содержимое и быть существительным.

Внешняя сущность представляет собой материальный объект вне контекста системы, являющейся источником или приемником системных данных. Ее имя должно содержать существительное, например, "склад товаров". Предполагается, что объекты, представленные как *внешние сущности*, не должны участвовать ни в какой обработке.

Кроме основных элементов, в состав *DFD* входят словари данных и миниспецификации.

Словари данных являются каталогами всех элементов данных, присутствующих в *DFD*, включая групповые и индивидуальные потоки данных, хранилища и процессы, а также все их атрибуты.

Миниспецификации обработки — описывают *DFD*-процессы нижнего уровня. Фактически миниспецификации представляют собой алгоритмы описания задач, выполняемых процессами: множество всех миниспецификаций является полной спецификацией системы.

Процесс построения *DFD* начинается с создания так называемой основной диаграммы типа "звезда", на которой представлен моделируемый процесс и все *внешние сущности*, с которыми он взаимодействует. В случае сложного основного процесса он сразу представляется в виде декомпозиции на ряд взаимодействующих процессов. Критериями сложности в данном случае являются: наличие большого числа *внешних сущностей*, многофункциональность системы, ее распределенный характер. Внешние

сущности выделяются по отношению к основному процессу. Для их определения необходимо выделить поставщиков и потребителей основного процесса, т.е. все объекты, которые взаимодействуют с основным процессом. На этом этапе описание взаимодействия заключается в выборе глагола, дающего представление о том, как внешняя сущность использует основной процесс или используется им. Например, основной процесс – "учет обращений граждан", внешняя сущность – "граждане", описание взаимодействия – "подает заявления и получает ответы". Этот этап является принципиально важным, поскольку именно он определяет границы моделируемой системы.

Для всех *внешних сущностей* строится *таблица событий*, описывающая их взаимодействие с основным потоком. *Таблица событий* включает в себя наименование внешней сущности, событие, его тип (типичный для системы или исключительный, реализующийся при определенных условиях) и реакцию системы.

На следующем шаге происходит декомпозиция основного процесса на набор взаимосвязанных процессов, обменивающихся потоками данных. Сами потоки не конкретизируются, определяется лишь характер взаимодействия. Декомпозиция завершается, когда процесс становится простым, т.е.:

1. процесс имеет два-три входных и выходных потока;
2. процесс может быть описан в виде преобразования входных данных в выходные;
3. процесс может быть описан в виде *последовательного алгоритма*.

Для простых процессов строится миниспецификация – формальное описание алгоритма преобразования входных данных в выходные.

Миниспецификация удовлетворяет следующим требованиям: для каждого процесса строится одна спецификация; спецификация однозначно определяет входные и выходные потоки для данного процесса; спецификация не определяет способ преобразования входных потоков в выходные; спецификация ссылается на имеющиеся элементы, не вводя новые; спецификация по возможности использует стандартные подходы и *операции*.

После декомпозиции основного процесса для каждого *подпроцесса* строится аналогичная *таблица внутренних событий*.

Следующим шагом после определения полной *таблицы событий* выделяются **потоки данных**, которыми обмениваются процессы и *внешние сущности*. Простейший способ их выделения заключается в анализе таблиц событий. События преобразуются в потоки данных от инициатора события к запрашиваемому процессу, а реакции – в обратный поток событий. После построения входных и выходных потоков аналогичным образом строятся внутренние потоки. Для их выделения для каждого из внутренних процессов выделяются поставщики и потребители информации. Если поставщик или потребитель информации представляет

процесс сохранения или запроса информации, то вводится хранилище данных, для которого данный процесс является интерфейсом.

После построения потоков данных диаграмма должна быть проверена на полноту и непротиворечивость. Полнота диаграммы обеспечивается, если в системе нет "повисших" процессов, не используемых в процессе преобразования входных потоков в выходные. Непротиворечивость системы обеспечивается выполнением наборов формальных правил о возможных типах процессов: на диаграмме не может быть потока, связывающего две *внешние сущности* – это взаимодействие удаляется из рассмотрения; ни одна сущность не может непосредственно получать или отдавать информацию в хранилище данных – хранилище данных является пассивным элементом, управляемым с помощью интерфейсного процесса; два хранилища данных не могут непосредственно обмениваться информацией – эти хранилища должны быть объединены.

Объектно-ориентированная методика

Принципиальное отличие между функциональным и объектным подходом заключается в способе декомпозиции системы. Объектно-ориентированный подход использует объектную декомпозицию, при этом статическая структура описывается в терминах **объектов и связей** между ними, а поведение системы описывается в терминах **обмена сообщениями** между объектами. Целью методики является построение *бизнес-модели* организации, позволяющей перейти от модели *сценариев использования* к модели, определяющей отдельные объекты, участвующие в реализации бизнес-функций.

Концептуальной основой *объектно-ориентированного подхода* является объектная модель, которая строится с учетом следующих принципов:

- абстрагирование;
- инкапсуляция;
- модульность;
- иерархия;
- типизация;
- параллелизм;
- устойчивость.

Основными понятиями *объектно-ориентированного подхода* являются объект и класс.

Объект — предмет или явление, имеющее четко определенное поведение и обладающие состоянием, поведением и индивидуальностью. Структура и поведение схожих объектов определяют общий для них класс. **Класс** – это множество объектов, связанных общностью структуры и поведения. Следующую группу важных понятий объектного подхода составляют наследование и полиморфизм. Понятие **полиморфизм** может быть интерпретировано как способность класса принадлежать более чем одному типу. **Наследование** означает построение новых классов на основе

существующих с возможностью добавления или переопределения данных и методов.

Важным качеством объектного подхода является согласованность моделей деятельности организации и моделей проектируемой информационной системы от стадии формирования требований до стадии реализации. По объектным моделям может быть прослежено отображение реальных сущностей моделируемой предметной области (организации) в объекты и классы информационной системы.

Большинство существующих методов *объектно-ориентированного подхода* включают язык *моделирования* и описание процесса моделирования. **Процесс** – это описание шагов, которые необходимо выполнить при разработке проекта. В качестве *языка моделирования* объектного подхода используется унифицированный язык *моделирования UML*, который содержит стандартный набор диаграмм для моделирования.

Диаграмма (Diagram) — это графическое представление множества элементов. Чаще всего она изображается в виде связного графа с вершинами (сущностями) и ребрами (отношениями) и представляет собой некоторую проекцию системы.

Объектно-ориентированный подход обладает следующими преимуществами:

- Объектная декомпозиция дает возможность создавать модели меньшего размера путем использования общих механизмов, обеспечивающих необходимую экономию выразительных средств. Использование объектного подхода существенно повышает уровень унификации разработки и пригодность для повторного использования, что ведет к созданию среды разработки и переходу к сборочному созданию моделей.
- Объектная декомпозиция позволяет избежать создания сложных моделей, так как она предполагает эволюционный путь развития модели на базе относительно небольших подсистем.
- Объектная модель естественна, поскольку ориентирована на человеческое восприятие мира.

К недостаткам *объектно-ориентированного подхода* относятся высокие начальные затраты. Этот подход не дает немедленной отдачи. Эффект от его применения сказывается после разработки двух–трех проектов и накопления повторно используемых компонентов. Диаграммы, отражающие специфику объектного подхода, менее наглядны.

Концепция систем складирования данных

Информационная технология складирования данных (data warehousing) родилась в недрах компании IBM и была окончательно сформулирована Б. Инмоном и Р. Кимбаллом в 90-х годах прошлого столетия как **метод решения информационно-аналитических задач в области принятия и**

поддержки решений. Возникнув на стыке технологии баз данных (БД), систем поддержки принятия решений (СППР — DSS) и компьютерного анализа данных, в дальнейшем концепция складирования данных претерпела эволюцию, поскольку оказалась пригодной для широкого круга приложений в бизнесе, науке и технологии.

Основным посылом разработки концепции складирования данных явилось осознание руководством организаций потребности в анализе накопленных электронных массивов данных. На рис. 1 показана упрощенная принципиальная схема функционирования организации и место анализа непрерывно поступающей информации.



Рис. 1. Упрощенная принципиальная схема функционирования организации

Во всем мире организации накапливают или уже накопили в процессе своей административно-хозяйственной деятельности большие объемы данных, в том числе и в электронном виде. Эти коллекции данных хранят в себе большие потенциальные возможности по извлечению новой аналитической информации, на основе которой можно и необходимо строить стратегию организации, выявлять тенденции развития рынка, находить новые решения, обуславливающие успешное развитие в условиях конкурентной борьбы. Для некоторых организаций такой анализ является неотъемлемой частью их повседневной деятельности, другие начинают активно приступать к такому анализу.

Системы, построенные на основе информационной технологии складирования данных, обладают рядом характерных особенностей, которые выделяют их как новый класс информационных систем (ИС). К таким особенностям относятся предметная ориентация системы, интегрированность

хранимых в ней данных, собираемых из различных источников, инвариантность этих данных во времени, относительно высокая стабильность данных, необходимость поиска компромисса в избыточности данных.



Рис. 2. Особенности систем складирования данных

Хранилище данных (ХД — data warehouse) является местом складирования собираемых в системе данных и информационным источником для решения задач анализа данных и принятия решений. Как правило, объем информации в ХД является достаточно большим. Упрощенно можно сказать, что *хранилище данных управляет данными*, которые были собраны как из операционных систем организации (OLTP-систем — On-Line Transactions Processing), так и из внешних источников данных, и которые длительный период времени хранятся в системе. Более точное определение будет дано позже, после обсуждения истории создания концепции складирования данных.

Одной из главных целей создания *систем складирования данных* является их ориентация на анализ накопленных данных, т.е. структуризация данных в ХД должна быть выполнена таким образом, чтобы данные эффективно использовались в аналитических приложениях (*analytical applications*).

Заметим, что задачи анализа накопленных данных решали и до создания концепции складирования данных. В распоряжении аналитиков и сейчас имеется большой набор пакетов программ. Главным отличием использования концепции складирования данных является структуризация, систематизация, классификация, фильтрация и т. п. больших массивов электронной информации в виде, удобном для анализа, визуализации результатов анализа и производства корпоративной отчетности.

Концепция баз данных (БД) как метод представления и накопления данных в электронном виде сформировалась к середине 60-х годов прошлого века в фирме IBM. В 1969 году была создана первая СУБД для управления и манипулирования данными как самостоятельными информационными объектами. В 1970 году была предложена реляционная модель данных для БД, и на ее основе начали создаваться популярные ныне реляционные СУБД. В рамках реляционной модели с единых позиций были решены многие проблемы операционной (*транзакционной*) обработки данных.

С середины 80-х годов прошлого столетия стали интенсивно накапливаться электронные информационные массивы данных организаций, корпораций, научно-исследовательских учреждений. Так, в начале 90-х годов прошлого века только в области химических дисциплин было зарегистрировано более 7000 библиографических, фактографических и смешанных баз данных, ведущие мировые корпорации создали огромные электронные массивы конструкторской документации и документации по управлению производством. В это же время возникло четкое понимание, что сбор данных в электронном виде – не самоцель, накопленные информационные массивы могут быть полезны. Первыми осознали этот факт в области управления бизнесом и производством. В накопленных данных организации находится "информационный снимок" хронологии ее поведения на рынке. Анализ истории административно-хозяйственной деятельности организации позволил существенно увеличить эффективность ее управления, эффективно организовать взаимоотношения с клиентами, производство и сбыт.

Задачи анализа накопленных данных стали перелagаться "на плечи" компьютера и встраиваться в виде аналитических приложений в ИС с БД. Сейчас большинство исследователей сходятся к тому, что *отправной точкой разработки концепции складирования данных явился ретроспективный (как иногда еще говорят, исторический) взгляд на данные, накопленные в организации* как в электронном, так и в ином виде.

Отметим также, что использование технологий БД и ИС на уже разработанных моделях данных и методиках моделирования данных приводит к ряду проблем для аналитических приложений. Давайте рассмотрим, как управление анализом накопленных (и в этом смысле исторических) данных и какие факторы привели к развитию класса приложений складирования данных.

Предпосылки создания концепции складирования данных

Автоматизированная информационная система (ИС) с БД, будучи средством удовлетворения потребностей пользователей в информации как производственном ресурсе, работает с потоками информации, выраженными в потоках данных и операциях с ними. Как было указано выше, основной акцент на ранних стадиях эксплуатации ИС с БД строился на операционной концепции работы с данными. ИС, грубо говоря, должна была быстро и адекватно "переварить" поток данных для решения поставленных перед ней задач с помощью унифицированного набора операций манипулирования данными. Обработка данных сводилась к операциям вставки, удаления и обновления. Это было зафиксировано первоначально концепцией БД КОДАСИЛ.

Совместное действие этих операций в рамках ИС приводило к *конфликтам в данных* - потерям данных, ошибкам в обновлении и т.д. - так называемым аномалиям в данных. Предложив реляционную модель (которая является достаточно строго математической, а, следовательно, приемлемо контролируемой моделью), Е. Кодд в целом решил ряд проблем и задач операционной обработки данных. Создание реляционных СУБД позволило достаточно грамотно (с учетом уровня компетентности разработчика) строить системы операционной (или, как ее еще называют, *транзакционной*) *обработки* данных - OLTP (On-Line Transactions Processing).

На практике данные в операционных системах могут содержаться столь угодно долго, сколь в них имеется потребность. Несмотря на то, что производители жестких дисков постоянно увеличивают объемы этих дисков, хранить редко используемую информацию не имеет смысла по той простой причине, что производительность многих запросов с ростом объема данных начинает падать и совершенствование подсистем *оптимизации запросов* СУБД решает проблему ухудшения производительности запросов лишь отчасти. В целом с накоплением данных производительность обработки данных продолжает ухудшаться (эффект больших объемов).

Типичным организационным методом работы с редко используемыми данными является процедура архивизации. Во многих случаях процедура архивизации сводится к простому копированию данных на резервный носитель информации.

Таким образом, одной из проблем при решении задач анализа данных, помимо других скрытых проблем, в рамках операционных *систем анализа данных* является низкая производительность обработки запросов, которые готовят данные для последующего анализа. Такие запросы увеличивают нагрузку на процессоры ОС и в целом ухудшают обработку потока транзакций в БД, исходящего от *систем операционной обработки данных*.

Работа с архивом как чистой копией массива данных операционной системы обработки данных не решает проблему производительности. Отсюда простой практический ход - разделить решение задач обработки транзакций и задач анализа данных. В реляционных СУБД

производительность запроса может быть улучшена за счет модификации модели данных. Архивные информационные массивы можно наделить структурой, отличной от структуры данных в несущей БД операционной ИС. Разработку таких структур данных можно связать с решением задач ретроспективного анализа данных, накопленных в системе. Это допустимо хотя бы потому, что в задачах анализа данных учитываются далеко не все функциональные зависимости, поддерживаемые в операционных БД. Поэтому структуру данных архивов стали проектировать под задачи анализа данных, неявно породив тем самым новый класс приложений.

Фундаментальные требования к разработке операционных систем обработки данных и *систем анализа данных* различны: операционным системам нужна производительность, в то время как *системам анализа данных* нужны гибкость и широкие возможности для получения результата. Это противоречие в целевой направленности двух классов систем обработки данных явилось одной из основных предпосылок разработки концепции складирования данных (рис. 3).

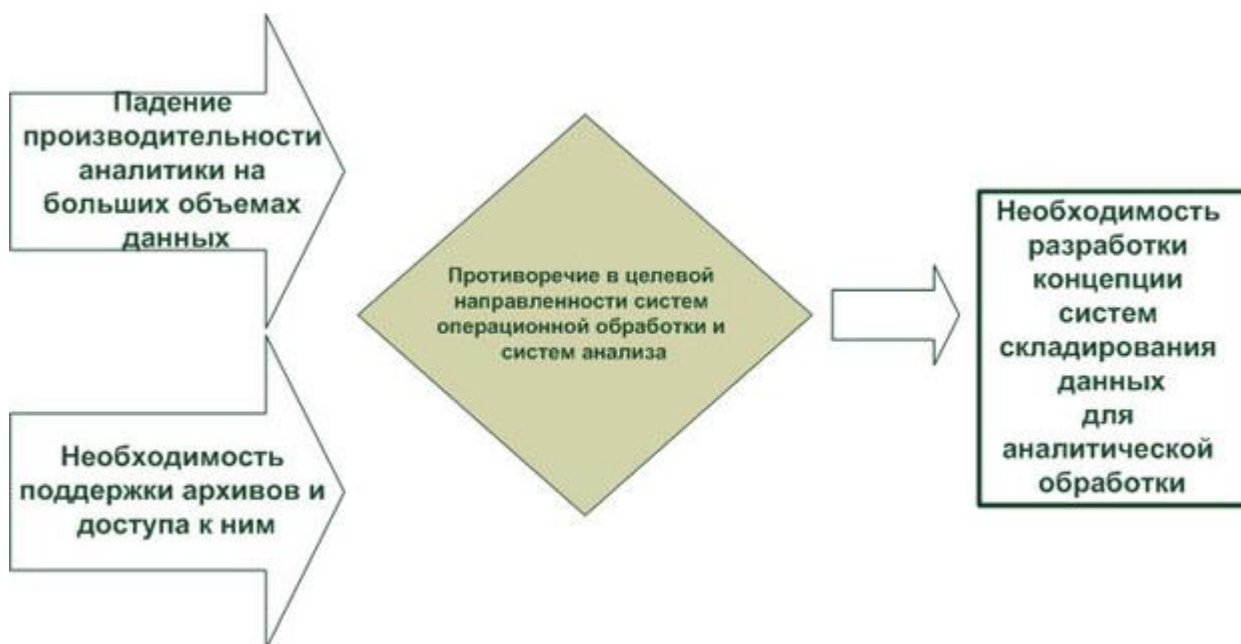


Рис. 3. Основной побудительный мотив разработки концепции систем складирования данных, следующий из опыта решения задач анализа на данных операционных систем обработки данных

Создание новой концепции потребовало пересмотра ряда традиционных подходов к обработке данных и перестройки технологических процедур. Поскольку перестройка технологических процедур является чрезвычайно затратным мероприятием, важно отметить те причины, которые явились дополнительными побудительными мотивами применения новой концепции на практике.

Еще одной причиной стало интенсивное использование систем поддержки и принятия решений (*СППР* — *DSS*) и управленческих информационных систем (*ИСП* — *EIS*, информационная система руководителя). *СППР* обычно фокусируются на более детальном представлении информации и ориентированы больше на менеджеров среднего уровня. *ИСП* обеспечивают более высокий уровень консолидации и многоаспектного (многомерного представления) взгляда на данные, поскольку руководители высокого уровня нуждаются в большем многообразии представления тех же самых данных для детального анализа.

Эти два схожих и перекрывающихся по функциям класса систем являются одной из главных предпосылок для создания концепции *систем складирования данных*. Отметим некоторые признаки, обычно связываемые с системами этого класса.

- В этих системах данные представлены в стандартных терминах бизнеса, а не в закодированной форме (имена полей в БД ИС). Наименования элементов данных и структуры данных в этих системах проектируются для использования конечными пользователями с невысоким уровнем подготовки в области информационных систем.

- Данные в таких системах предварительно обрабатываются в контексте стандартных бизнес-правил, таких как размещения ассигнований по продуктам, производственным единицам и рынкам.

- Допускается консолидированное представление данных по таким категориям, как продукт, производитель и рынок. Хотя в таких системах время от времени допускается развертывание интегрированных данных, они способны обеспечить доступ ко всей детальной информации в одно и то же время.

В настоящее время *системы складирования данных* обеспечивают аналитические инструменты для решения таких задач, но их разработка строится не на специфических требованиях аналитиков или исполнителей, а основывается на структуре бизнеса организации. С этой точки зрения *системы складирования данных* дали новый виток в развитии *СППР* и *ИСП*.

Системы складирования данных наиболее полезны, когда данные могут быть извлечены более чем из одной OLTP-системы. Когда данные должны быть собраны от нескольких бизнес-приложений, естественно предположить, что это нужно сделать в месте, отличном от места локализации исходных приложений. Еще до создания структурированных ХД аналитики во многих случаях комбинировали данные, извлеченные из разных систем, в одну крупноформатную таблицу или базу данных. ХД может очень эффективно воедино собрать данные от конкретных приложений, таких как продажи, маркетинг, финансы, производство, с учетом их накопления, т.е. сохранить временные ряды основных показателей бизнеса — так называемые исторические данные.

Заметим, что одним из свойств данных, собранных из различных приложений и используемых аналитиками, является возможность делать перекрестные запросы к таким данным. Во многих ХД атрибут "время" является естественным критерием для фильтрации данных. Аналитиков интересует поведение временных рядов данных, характеризующих процессы бизнеса.

Целью многих систем складирования данных является обзор деятельности типа "год за годом". Например, можно сравнивать продажи в течение первого квартала этого года с продажами в течение первого квартала предшествующих лет. Время в ХД — фундаментальный атрибут *перекрестных запросов*. Например, аналитик может попытаться оценить влияние новой компании маркетинга, проходящей в течение определенных периодов, рассматривая продажи в течение тех же самых периодов. Способность устанавливать и понимать корреляцию между деятельностью различных подразделений в организации часто приводится как один из самых главных аргументов о пользе *систем складирования данных*.

Система складирования данных не только может работать как эффективная платформа для консолидации данных из различных источников, но может также собирать многократные версии данных из одного приложения. Например, если организация перешла на новое программное обеспечение, то ХД сохранит необходимые данные из предыдущей системы. В этом отношении *система складирования данных* может служить средством интеграции наследуемых данных, сохраняя преемственность анализа при смене программно-аппаратной платформы OLTP-системы.

Данные в хранилище данных хранятся значительно более длительное время, чем в OLTP-системах. Данные в большинстве OLTP-систем архивируются сразу после того, как они становятся неактивными. Например, заказ может стать неактивным после того, как он выполнен; банковский счет может стать неактивным после того, как он был закрыт. Главная причина для архивирования неактивных данных — это производительность OLTP-системы (зачем хранить данные, если к ним не обращаются). Большие объемы таких данных могут заметно ухудшить производительность выполнения запросов в предположении, что обрабатываются только активные данные. Для обработки таких данных в СУБД предлагаются различные процедуры разбиения базовых таблиц на секции. С другой стороны, поскольку ХД предназначены, в частности, быть архивом для OLTP-данных, данные в них хранятся в течение очень длительного периода.

Фактически, проект *системы складирования данных* может начинаться и без любого определенного плана архивирования данных из ХД. Стоимость сопровождения данных после их загрузки в хранилище невысока. Наибольшие затраты при создании хранилища выпадают на *трансформацию данных (data transfer)* и их очистку (*data scrubbing*). Хранение данных в

течение пяти и более лет типично для *систем складирования данных*. Поэтому процедурам архивизации данных из ХД на стадиях их создания и эксплуатации в начале периода можно не уделять много времени. Особенно если учесть снижение цен на аппаратные средства ЭВМ.

Иначе говоря, отделение данных OLTP-систем от данных систем анализа является фундаментальной концепцией складирования данных. Сейчас бизнес невозможен без принятия обоснованных решений. Такие решения могут быть построены на основе всестороннего анализа результатов выполнения бизнес-процессов в организации и деятельности организации на рынке товаров и услуг. Время принятия решений в современных условиях и потоках информации сокращается. Роль создания и поддержки *систем анализа данных* на основе новых информационных технологий возрастает. ХД является одним из основных звеньев применения таких технологий.

Можно выделить следующие причины для разделения данных *систем складирования данных* и *систем операционной обработки данных* (рис. 4).

- Различие целевых требований к *системам складирования данных* и OLTP-системам.
- Необходимость собирать данные в ХД из различных информационных источников, т.е. если данные генерируются в самой OLTP-системе, то для *системы складирования данных* в большинстве случаев данные генерируются вне ее.
- Данные, попадая в ХД, остаются в большинстве случаев неизменными.
- Данные в ХД сохраняются длительное время.



Рис. 4. Основные причины разделения данных для анализа и оперативной обработки

Тема 12. Гипертекстовые технологии и разработка модельных тренажеров в сфере педагогической деятельности по обучению экономическим специальностям и подготовке управленческих кадров.

Гипертекстовые и интернет-технологии в образовательном процессе. Широкое распространение для построения систем дистанционного обучения получил язык гипертекстовой разметки документов (HTML). Но наряду с определенными преимуществами данный язык имеет и недостатки.

По сути, HTML - это технология представления информации. Он описывает то, как браузер должен скомпоновать текст и график на странице. В результате то, что вы видите, - это все, что вы получаете. Нет никакого способа описать данные независимо от отображения этих данных (за исключением чрезвычайно слабой системы ключевых слов в заголовке страницы Web). Это главная причина, почему так трудно найти нужную информацию с помощью механизма поиска. Далее, на любой конкретной странице Web клиент получает только одно представление множества данных. Так, например, если вы получаете от сервера некий список данных и хотите отсортировать его по другому критерию, то вашему браузеру придется посылать новый запрос серверу. В свою очередь, серверу придется отправлять полную страницу HTML, но отсортированную запрашиваемым способом. Все это ведет к значительному увеличению числа обращений к серверам Web и затрудняет, таким образом, их дальнейшее масштабирование.

Другая проблема с HTML в том, что это – плоский язык, т.е. авторы не могут использовать его для предоставления информации об иерархии данных, к тому же HTML непоследователен, что затрудняет разбор текста программным обеспечением. Простым решением для некоторых из перечисленных проблем было бы введение дополнительных тегов HTML, таких как (NAME), (DATE), (BOOK). С их помощью можно было бы определить, что собой представляют данные и отображать их различным образом. Однако введение дополнительных тегов для HTML может занять годы, так как договориться о том, что должен значить тот или иной тег, очень сложно.

До недавнего времени HTML являлся практически единственным средством представления учебной информации в Internet. Рассмотренные недостатки данного языка в последнее время начали существенно тормозить развитие методологических разработок в области представления и обработки учебной информации. Предложенный консорциумом W3C расширяемый язык разметки – XML предоставляет значительно большие возможности для представления и манипулирования данными в сети Internet, так как является по сути метаязыком, определяющим другие языки разметки для специфических целей.

Не делая ограничений в отношении какого-либо фиксированного набора тегов, XML позволяет вводить любые имена, представляющиеся полезными. Эта возможность является ключевой для активного манипулирования данными. В качестве примера можно привести следующий фрагмент на HTML:

```
<html>
<body>
<p>
<b> Корпоративная Сеть </b> – это инфраструктура организации,
поддерживающая решение актуальных задач и обеспечивающая достижение
ее целей (т.е. выполнение <i> миссии (/i) организации).
</p>
</body>
</html>
```

Теги размещают данные на экране, но ничего не сообщают об их структуре. В случае XML тот же самый фрагмент будет представлен следующим образом:

```
<?xml version = 1.0?>
<Definition>
<the__term> Корпоративная сеть </the_term>
<body_term> – это инфраструктура организации, поддерживающая
решение актуальных задач и обеспечивающая достижение ее целей (т.е.
выполнение <i> миссии </i> организации).
</body_term>
</Definition>
```

В данном примере вводится структурная единица учебного материала – определение (<Definition>), которое включает термин (<the_term>) и тело термина (<body_term>). Данная структура представления всех определений в учебном курсе позволяет сравнительно легко осуществлять их поиск и выборку по всему учебному материалу. Использование взаимных ссылок между различными терминами дает возможность получить их иерархическую зависимость, что в свою очередь позволит системе дистанционного обучения автоматически определять необходимую последовательность их изучения, а системе дистанционной диагностики – выявлять пробелы в знаниях, которые привели к не-удовлетворительному пониманию текущей изучаемой темы.

Рассмотрим пример возможного представления тестовых заданий на XML для систем дистанционной диагностики знаний:

```
<?xml version = 1.0?>
<Question>
<subject> Проектирование информационных систем
</subject>
<section> Архитектура корпоративной сети
</section>
```

```
<body_question>
Что такое корпоративная сеть? </body_question>
<answer>
&Definition(Корпоративная сеть);
</answer>
</Question>
```

Как видно из примера, помимо самого вопроса (<body_question>) определяется его отношение к теме (<subject>) и разделу (<section>), а в качестве ответа (<answer>) задается ссылка на определение. Подобное представление позволяет программе анализа ответов в системе дистанционной диагностики знаний определить тему и раздел, по которым были показаны неудовлетворительные знания, а при более сложной обработке ответов – найти иерархическую зависимость не зачетных вопросов, что дает возможность проектировать интеллектуальные и адаптивные системы обучения.

XML – лишь несколько более многословный, чем HTML, однако намного упрощает определение того, что собой представляют и где находятся поля данных. В XML теги не могут накладываться, как в HTML, но они могут быть вложены друг в друга. Вложение даже поощряется – как способ создания иерархии данных (подчиненные или равноправные отношения). Документы XML могут содержать ссылки на другие объекты. Ссылки представляют собой строку, начинающуюся с амперсанта и заканчивающуюся точкой с запятой. Эти ссылки позволяют, в частности, вставить в документ специальные символы, включение которых самих по себе могло бы сбить с толку программу разбора. Однако ссылки XML на объекты предоставляют гораздо больше возможностей, так как они могут ссылаться на определенные автором разделы текста в том же самом или в другом документе.

Несомненным следствием происходящих в стране экономических изменений является значительное расширение возможностей поведения хозяйствующих субъектов экономики. Экономическая свобода неизбежно влечет за собой экономическую ответственность. Требования к качеству хозяйствования на всех этапах экономического управления необыкновенно возрастают и, надо признать, что на этом фоне менеджерские качества корпуса действующих хозяйственников далеко не отвечают новым неожиданно возникшим условиям. Многие из них даже не имеют экономического образования и опытом работы (кстати, по существу единственным и очень дорогим способом менеджерской подготовки до сих пор) были приучены действовать в рамках государственной плановой системы, когда основные экономические решения относительно управляемых ими объектов были вне их компетенции, интеллектуально и ресурсно принимались и обеспечивались централизованными государственными средствами.

Кроме этого, за последние годы возникла острая потребность в управляющих регионального уровня, с совершенно новыми для страны условиями и возможностями. Соответствующие специалисты вообще не готовились практикой предыдущего хозяйствования.

Опыт последних лет показал, что и на уровне макроэкономического государственного управления публицистической эрудиции советских ученых-экономистов и самонадеянной нахрапистости молодых технарей совершенно недостаточно для управления экономикой страны. Именно на уровне макро-экономики более всего заметны недостатки менеджерской подготовки.

Управленческий взгляд на экономику во многом специфический и особенный в сопоставлении с так называемым научным экономическим знанием. Экономист-менеджер должен представлять объект управления не просто в комплексе (может быть, очень сложном) составляющих его элементов и связей, но и видеть эти связи в логической цепи зависимостей от доступных ему рычагов управления, выстраивать свои действия (планировать) в логике этих связей от исходного положения (которое, кстати, надо быстро и точно идентифицировать, часто при недостаточной и неточной информации) к желаемому. Менеджер действует в реальном времени и поэтому вынужден своевременно принимать решения в динамике, достигать своих целей на лету, должен хорошо оценивать динамические характеристики управляемых процессов, их инерционность и ресурсоемкость (в смысле тех затрат, которые необходимы для направления процесса к желаемой цели).

Возможно, наиболее трудным в экономическом управлении является то, что оно, как правило, связано с воздействием на субъекты, имеющие свои цели и желания и осуществляющие в довольно размытых рамках свое собственное экономическое поведение. Значимость этого обстоятельства быстро увеличивается при переходе от микро- к макроэкономическому управлению и на верхних этажах становится главным фактором, определяющим сложность управленческой деятельности.

Все эти моменты мало отражены в существующих курсах экономического обучения. В целом следует признать, что экономический менеджери́зм – это особая профессия, требующая специальных средств и методов подготовки, специфичных для экономических, правовых и социально-психологических условий страны или даже отдельных регионов. Поэтому программы подготовки менеджеров, привнесенные без должной адаптации извне, будут скорее всего, как минимум, малоэффективны. Экономическое управление – это скорее искусство, чем просто набор детерминированных реакций на стандартные ситуации и для обучения этому искусству необходимо как-то потеснить практику как слишком дорогой, медленный и неэффективный способ приобретения управленческих навыков. В этом отношении представляется чрезвычайно полезным опыт науки в математическом моделировании экономических процессов.

Накопленные наукой дескриптивные модели экономики следует перестроить в управленческом ракурсе так, чтобы на экзогенных переменных сценарно формировать типичные управленческие ситуации и затем, предоставив обучающимся управляющие (инструментальные) переменные, побудить их искать в динамике пути перехода от плохих исходных состояний к хорошим, вырабатывая тем самым навыки эффективного управления в различных условиях. Оправдана надежда достаточно большим набором таких моделей-тренажеров и сценариев к ним в большой мере заменить в подготовке хозяйственников нынешний способ почти полностью практического обучения.

Специально разработанный курс менеджерского обучения экономистов базируется на имитационных моделях из арсенала экспериментальной экономики. Вначале студентам предлагается управлять моделями микроэкономики. Исходная модель основного микроэкономического объекта – предприятия имитирует многообразную его деятельность: собственно производственную (сложная производственная функция на векторных аргументах: труд, основные средства и материальные ресурсы), снабженческую, сбытовую, инвестиционно-инновационную, финансовую, социально-трудовую и т.п. Для целей обучения модель была декомпозирована так, что ее отдельные блоки (сбыт, производство, труд и т.п.) могут работать автономно под управлением обучающихся, а остальные блоки автоматически реализуют некий заданный преподавателем сценарий. В зависимости от состава студентов и целей обучение можно начинать с любых локальных проблем управления предприятием, например, с управления сбытом. В этом случае студенты обучаются методам исследования рынков выпускаемых предприятием товаров (прогноз динамики цен, выявление эластичности спроса, роли гос закупок, остроты конкуренции и т.п.).

В ответ на рыночную обстановку (хорошо или плохо идентифицированную и спрогнозированную) студенты определяют объемы товаров к продажам и цены на них, получая в ответ от модели реальный доход и объем реализации. Учитывая, что все это делается в динамике при регулируемых преподавателем стохастике процессов, ценовых и объемных тенденций на рынках, перед обучающимися возникают совсем не банальные задачи сбыта. К тому же преподаватель может регулировать полноту и достоверность экзогенной информации о рынках, затрудняя идентификацию ситуации. Оценивать успешность управления сбытом можно по уровню доходов (по условиям производственная себестоимость зафиксирована), объемам сбыта, запасам товаров на складах и т.п.

По мере освоения задач сбыта у обучающихся возникают требования к производству, например, увеличение объемов выпуска выгодной продукции за счет невыгодной. Это хороший момент для расширения объема полномочий обучающихся. Подключение производственного блока модели усложняет управление необходимостью направлять производственные

ресурсы (вначале ограниченные и неизменные) на выпуск тех или иных товаров. При этом процесс переключения ресурсов имитируется как весьма инерционный так, что чем резче меняется требуемая пропорция выпуска товаров,

тем больших ресурсных затрат это требует (моделируется временным увеличением ресурсоемкости производства). Затем задача управления усложняется износом основных фондов и необходимостью их обновления (пополнения), а значит и необходимостью формировать фонд развития производства, изучать рынки основных средств, вести ту или иную политику их закупок и т.д.

Наибольшее усложнение в управление вносит активизация той части модели, которая имитирует деятельность трудовых ресурсов. Здесь необходимо хорошо оценивать ситуацию на рынке труда, разумно вести кадровую политику (найм или увольнение работников) и особенно политику оплаты труда.

От этого зависят как миграционные потоки, так и потенциальная производительность труда, которая становится реальной лишь при должном сочетании трудовой и инвестиционной деятельности. Максимальный эффект достигается при умении найти нужную пропорцию между численностью работников и их трудовой активностью, с одной стороны, объемом основных фондов и их качеством (производительностью), с другой.

Технический прогресс, как управленческая проблема, отражен в модели следующим образом. Приобретением более производительного (и, естественно, более дорогого) оборудования можно уменьшить потребность в трудовых ресурсах, затраты на производство качественной продукции и, таким образом, выйти на более дорогой рынок. Однако для этого надо аккумулировать достаточно средств в фонде развития и в меру интенсивно эксплуатировать устаревающие фонды.

В более развитой постановке задача обновления фондов с позиции предприятия изучается на особой модели как проблема диверсификации производства. Обучающимся предлагается, изучая рынки конечных продуктов, определить перспективные по ценам и объемам сбыта, одновременно на рынках оборудования и технологий найти подходящие средства и способы производства этих продуктов. Затем с учетом стоимости этих процедур, нового и имеющегося оборудования, ликвидности ненужного, доступных финансовых средств (своих и заемных) и других факторов выбрать динамический путь перехода от выпуска невыгодной продукции к выгодной.

Максимально полным управление становится с подключением финансового блока модели, когда для обеспечения жизнедеятельности предприятия приходится формировать необходимые фонды (развития производства, заработной платы и т.п.), рассчитываться с бюджетом (моделируется действующая система налогообложения), вести кредитную политику (можно брать кратко- и долгосрочные кредиты) и т.д.

Механизм управления предприятием имитируется, во-первых, определенным информационно-аналитическим обеспечением о состоянии предприятия и окружающей среды (обратная связь), причем так, что те или иные данные открываются по требованию обучающегося; во-вторых, запросами со стороны модели к обучающемуся на принятие решений по тем или иным параметрам с определенным временным тактом – отражение специфики оперативного, текущего и перспективного управления. В процессе управления моделью можно делегировать некоторые свои полномочия автоматическим помощникам, например, поручить вести кадровую политику максимального набора работников или сохранения баланса численности работников и наличия фондов и т.п. Можно использовать более квалифицированного служащего, оптимизирующего некоторую управленческую функцию. Но для этого надо осознать соответствующую задачу как оптимизационную, ее поставить и дать разумный критерий, которому помощник затем будет аккуратно (или тупо) следовать, что отлично, конечно, от человеческой исполнительности. Использование автоматических помощников уменьшает нагрузку по маловажным, с точки зрения обучающегося, направлениям и позволяет ему сконцентрироваться на актуальных. Таким образом, обучающиеся приобретают навыки формирования механизма управления под себя и под ситуацию, а у преподавателя появляется возможность оценивать успешность обучения по числу прожитых моделью тактов за фиксированное время и по кадровой политике обучающихся.

После освоения техники управления отдельным предприятием программа курса предлагает тренинг на сети ЭВМ, когда несколько модельных предприятий взаимодействуют на общих рынках труда, сбыта и снабжения. Возможно сценарное регулирование остроты конкуренции на каждом рынке: например, общий объем трудовых ресурсов в модели может быть жестко ограничен (наиболее конкурентная ситуация) или с той или иной интенсивностью подпитываться экзогенными миграционными потоками.

Следующий этап усложнения тренажера – имитация управления экономическим регионом: в сеть моделей хозяйствующих субъектов, кроме предприятий, вводятся коммерческие банки и орган региональной власти с функциями формирования местного бюджета, дополнительного (к федеральному) налогообложения, проведения экономической и социальной политики и т.п. Значительно усложняется эндогенная модель населения: появляется понятие потребительских ориентиров и с ними связанная мотивация трудовой деятельности, зависимость трудовой активности от состояния потребительского рынка, размера и формы оплаты труда и т.д. Население дает нагрузку на бюджет по финансированию образования, здравоохранения и социального обеспечения. Экзогенно задаваемая ситуация вне региона мотивирует миграционные потоки населения, межрегиональное движение товаров, капитала и т.п. Через многоролевою имитационную игру

обучающиеся осваивают обстоятельства и особенности регионального управления во взаимодействии с уровнем микроэкономики при различных вариантах разделения полномочий между уровнями власти.

Для отработки приемов регионального управления используется адаптированная модель, которая отражает характерные обстоятельства управления экономически самостоятельными хозяйствующими субъектами средствами рыночных рычагов воздействия на их поведение. В динамике эндогенно моделируется хозяйственная деятельность большого числа (десятки, сотни – зависимо от настройки) фермеров, каждый из которых может потенциально производить около двух десятков видов сельскохозяйственной продукции (зерно, мясо, молоко и т.п.), используя для этого около десятка видов производственных ресурсов (земля, здания, тракторы, удобрения и т.п.). Все фермеры имеют в основе один алгоритм поведения (система оптимизационных моделей планирования, методов прогноза экономической ситуации, анализа хозяйственной деятельности и т.п.), но конкретное поведение каждого в отдельные моменты зависит от его состояния (наличия основных фондов, запасов сырья и продукции, накопленных денежных ресурсов, кредитных возможностей и т.п.), точности анализа и прогноза. Неодинаковость начальных положений и стохастичность ряда моделируемых переменных (урожайности, цен, объемов сбыта и т.п.) разнообразят положение и судьбу фермеров в динамике, вплоть до возможного разорения, концентрации производства на монопродукте и т.п., а естественная локальность оптимизационных процедур определяет индивидуальное поведение в конкретных обстоятельствах.

Производственная деятельность фермеров происходит в определенной рыночной среде: существуют рынки сбыта производимой продукции и производственных ресурсов со своими задаваемыми функциями спроса и предложения. Кроме этого, фермеры действуют в условиях конкретных налоговых и кредитных систем.

Обучающимся доступны следующие рычаги управления: ставки налогообложения (федеральные и региональные), объемы и цены закупок (на фоне экзогенно задаваемых коммерческих), объемы и цены продаж производственных ресурсов (аналогично закупкам продукции), условия льготного кредитования и т.п. Так же как и в предыдущем случае, обучающимся предлагается, оперируя доступными рычагами управления, добиться в динамике некоторого хорошего результата: производства и (или) потребления продукции в желаемой структуре и объемах, полноты бюджетных поступлений, рентабельности производства у фермеров и т.п. Начальной настройкой можно в любой мере затруднить достижение этих целей, задавая тяжелые условия по экзогенным функциям спроса на продукцию и предложения ресурсов (ситуация ножниц цен), выделения коммерческих кредитов, ликвидности фондов, ограничений на доступность рычагов воздействия и т.п.

Технически используемые в курсе модельные тренажеры реализованы по единой схеме. Сеансу игры с моделью предшествует работа специального программного средства – настройщика модели. С его помощью обеспечивается корректная калибровка модели и создается определенная исходная ситуация как на состояние модели, так и на экзогенные условия. Это делается преподавателем в диалоге с ЭВМ.

С помощью настройщика формируется также тот или иной механизм управления объектом (моделью). Обучающимся из множества возможных управленческих переменных делаются доступными лишь некоторые из них (отражение условий механизма управления) и поставляется та или иная информация о текущем состоянии объекта, причем возможно имитировать запаздывание информации, ее неполноту (избыток), недостоверность, ограниченное время на принятие решений и т.п. При выбранном шаге модельного времени все эндогенные процессы в модели и сама система управления моделью настраиваются с учетом их естественных динамических характеристик.

Наиболее удачные сценарии по желанию преподавателя запоминаются в библиотеке настройщика и затем без задержек запускаются в учебном процессе. Можно хранить результаты имитационных игр индивидуально по каждому обучающемуся и за весь курс обучения для анализа и оценки, как по отдельному сценарию, так и по всему курсу.

Именно анализ результатов учебных игр и их оценка оказались наиболее трудным и трудоемким моментом в технологии обучения на тренажерах. Дело не только в том, что эта оценка по существу многокритериальна (а оценить желательно скалярно), но и в том, что игровой сеанс порождает огромное количество информации: число студентов, умноженное на десятки критериальных показателей, затем на несколько прогонов модели и на много шагов модельного времени. Анализ этой информации делается для нескольких целей: чтобы зафиксировать, что собственно произошло в итоге (что плохо и что хорошо); для ответа на вопрос, почему получен такой результат и для оценки результата в скалярном виде.

Анализ для первых двух целей может проводиться и обучающимися после каждого прогона модели. Эффективно делать его при коллективном обсуждении результатов после нескольких прогонов модели по данному сценарию. В этих обсуждениях и в наглядном сопоставлении результатов очевиднее достижения каждого студента и, главное, легче и быстрее выявляются и распространяются лучшие приемы управления.

Преподавателю в учебном процессе, кроме этого, важно иметь основу для скалярной оценки итогов. Первый и естественный подход здесь состоит в визуальной оценке преподавателем результатов при машинной поддержке в сжатии информации, ее наглядном отображении, выделении паретооптимальных вариантов и т.п. Подключение к этому процессу методов теории распознавания образов позволяет автоматизировать получение оценок, научив ЭВМ следовать критериям преподавателя. Другой подход, не

исключающий преподавателя, но существенно ему помогающий состоит в следующем.

Можно уверенно предположить, что обучающиеся в ходе управленческой деятельности осознанно или неосознанно следуют неким своим критериям качества, несмотря на то, что, может быть, заданные сценарно требования от них отличаются. Естественно пытаться оценить обучаемость управлению прежде всего относительно этих имманентных слушателям критериев, отделив умение владеть объектом от того, ради чего это умение применяется. Первое, очевидно, и составляет основу понятия управленческого профессионализма в узком смысле. Целеполагание же должно быть предметом этического воспитания менеджеров в той мере, в какой оно не является чисто техническим моментом в процессе выработки управленческих решений.

Известны приемы выявления имманентных функций полезности у экспертов (обучающихся, в нашем случае) после получения от них минимальной информации, например путем опроса. Удобно то, что такая функция может дать скалярную оценку качеству управления, а результаты за некоторое время обучения (пока не изменится функция) могут быть легко сопоставимы.

Для выявления функции полезности был использован метод, дающий порядковую функцию $U(X)$ на множестве векторных оценок X – экономических показателей, характеризующих состояние управляемого объекта. Функция получается на основе того главного предположения, что из предпочтения экспертом вектора x вектору y (x, y, X) должно следовать соответствующее отношение значений функции и наоборот: $x \succ y \Leftrightarrow U(x) > U(y)$.

В нашем случае в диалоге выявляется, прежде всего, тот набор показателей, по которому каждый студент оценивает состояние объекта, причем этот набор формируется без ограничений по составу и индивидуально с каждым обучающимся.

Затем генерируется множество векторов X из случайных (или наигранных каждым студентом) значений показателей. Можно использовать для этого результаты игр по одному сценарию и со сходной калибровкой модели.

Затем каждому обучающемуся предлагается в попарных сравнениях векторов упорядочить их по предпочтению, возможно, с вероятностной оценкой присваемого отношения. Этой информации достаточно, чтобы с порядковой точностью получить скалярную функцию полезности в заданном классе: линейных, квадратичных, логарифмических и т.п.

В экспериментах 1995 – 1997 гг. использовались все эти виды функций без принципиального различия для последующих выводов. Функции определялись на четырех – семи показателях. Для учебных игр с моделью предприятия обычно это были следующие показатели: размер предприятия (число работников, объем основных производственных фондов), качество финансовой деятельности (прибыль, рентабельность, задолженность по

налогам, кредиты), технический уровень (качество установленного оборудования, выпускаемой продукции), трудовая политика (зарплата, текучесть кадров) и т.п. Обычно это были показатели, снимаемые непосредственно с модели, но не их производные. Например, студентами не отслеживалось соотношение динамики спроса на качественную продукцию (наиболее дорогую, но не обязательно самую доходную) с динамикой качества выпускаемой продукции и перевооружения предприятия. Это было поводом для специальных межигровых обсуждений и занятий по НТП.

Восстановленные функции полезности вычислялись по итогам учебных игр в рамках одного сценария. На рис. 1 приведены типичные графики этих функций для двух студентов (аналитический вид функций одинаков, но по коэффициентам и показателям они индивидуальны для каждого студента, а по начальному значению графики совмещены масштабным множителем). Кривые характеризуют два крайних случая обучаемости: в первом студент явно овладевает ситуацией и от такта к такту повышает результат, во втором картина обратная – результат неустойчив и в целом не повышается в динамике игры.

Описанные тренажеры составляют практическую основу курса. Теоретическая (лекционная) часть формируется независимо от конкретных целей обучения и места курса в системе других предлагаемых студентам дисциплин. Занятия на тренажерах дают естественное обоснование для лекций по смежным экономическому менеджменту дисциплинам:

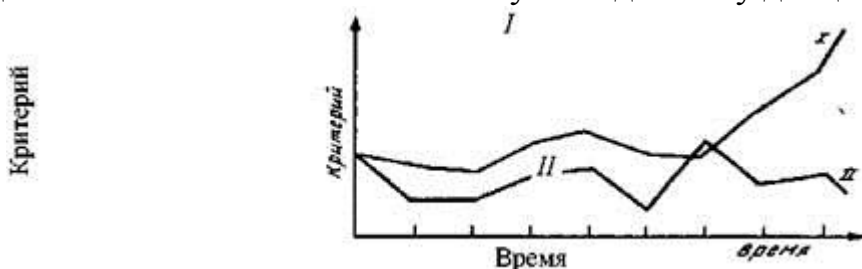


Рис.1

от управления производством, например, к календарному планированию и далее к теории оптимизации;

от управления трудом - к его мотивации, экономической социологии, трудовому праву, социальной психологии и т.д. Настоящий курс консолидирует и активизирует знания из этих дисциплин в привлекательной для обучающихся игровой форме. В управленческом аспекте на каждой ступени усложнения тренажера и повышения уровня управления у обучающихся следует вырабатывать навыки эффективных действий по известной цепочке менеджерской технологии: сбор информации об объекте управления - анализ (идентификация ситуации) - прогноз - оценка - целеполагание и планирование действий - реализация - информация (обратная связь). Важно, чтобы в каждой управленческой роли в сознании у обучающихся складывалась логическая модель эндо- и экзогенных связей управляемого объекта и соответствующие навыки количественной ее калибровки по минимуму информации. Эта ментальная модель благодаря

лекционному материалу должна быть в итоге шире представленной в тренажере, но навыки ее калибровки и необходимый автоматизм их применения могут быть первоначально приобретены преимущественно в тренаже на моделях. Поэтому в процессе обучения необходимо часто менять количественную настройку одной и той же модели, элиминируя тем самым значение численной конкретики и оставляя в сознании лишь логику (модель) связей.

Представляется полезным постепенное восхождение в процессе обучения по уровням управления от микро- к макрозадачам экономического менеджмента. Используемые в курсе тренажеры позволяют отрабатывать лишь некоторые задачи макроуровня: налоговое регулирование экономической деятельности (ставка, льготы, правилами и т.п.), диверсификация (конверсия) совокупности технологически связанных предприятий и др.

Для достаточно полноценного представления условий макроэкономического управления модели должны обладать рядом необходимых качеств: в них должна быть богато представлена социально-экономическая компонента экономики, откуда, в частности, должны эндогенно формироваться мотивы и цели экономической деятельности хозяйствующих субъектов, а социальные показатели в динамике должны быть результатом экономического управления и базой для его оценки. Инструментальные (управляемые) переменные модели должны, прежде всего, формировать пространство экономического поведения для хозяйствующих субъектов, которые, в свою очередь, должны быть наделены экономическим интеллектом для распознавания границ этого пространства, целеполагания и выбора поведения и т.д. Создание макромоделей с такими свойствами - актуальная задача развития идей курса. Опыт последних лет убеждает в том, что в подготовке менеджеров макроуровня важнейшей становится этическая сторона обучения, поэтому такие специалисты должны готовиться в специальных школах, на что потребуется времени много больше, чем его обычно надо для высшего образования.

Использование модельных тренажеров в учебном процессе показывает их высокую эффективность в самых разных аспектах. Вырабатываются конструктивные навыки эффективных действий в различных тяжелых ситуациях управленческого цейтнота, неблагоприятной динамики рынка и т.п., появляется возможность оценивать способности обучающихся к менеджерской деятельности в различных направлениях (производство, сбыт, финансы) и на разных этапах экономического управления. Можно овладеть искусством экономического управления, минуя тяжелый и дорогостоящий путь опытного выращивания специалистов. Тестирование на модели, кроме того, способствует индивидуализации программ обучения и, что немаловажно, делает современный модельный инструментальный привычным и необходимым в будущей ответственной деятельности хозяйственных руководителей.