

## **Кибернетические проблемы в инвестологии**

Инвестология как отрасль научных знаний, изучает экономические закономерности, сопровождаемые ресурсопотоками, состав и структуру данных ресурсопотоков.

В условиях современной экономики вопрос исследования проблем инвестирования в целом и планирования инвестиций в частности являются недостаточно разработанными в отечественной экономической науке. Не разработанность многих основ инвестиционной политики предприятий, отраслей, государства в целом приводит к сокращению объектов инвестирования, введению в эксплуатацию объектов производственного назначения, снижению конкурентоспособности предприятий, бессистемности в формировании и реализации инвестиционных проектов. Современные условия экономического развития свидетельствуют о процессах динамической интеграции, которые сопровождают становление и развитие глобальной экономической системы и характеризуются высокими темпами ежегодных изменений таких макроэкономических показателей, как рост объемов мирового производства, мировой торговли, иностранных инвестиций, концентрации капитала, капиталоемкости научных исследований и так далее. Для хозяйствующего субъекта это означает быстрое изменение внешней и внутренней среды и необходимость адаптации на основе инвестиционной политики с целью устойчивого развития. Использование математического аппарата для моделирования инвестиционного процесса и политики способствует повышению эффективности инвестиционных решений, что, в свою очередь, обеспечивает хозяйствующему субъекту увеличение темпа развития, такого необходимого для стабильного положения на рынке среди конкурентов.

Исследование инвестиционных процессов проводят на основе фундаментального и технического анализа [1].

Фундаментальный анализ исторических и текущих данных по инфляции, безработице, налоговому режиму, товарообороту, процентным ставкам проводится в целях прогнозирования будущего состояния инвестиционной деятельности, величины кредитных рисков, динамики биржевых цен [1].

Технический анализ осуществляется посредством системы математических, статистических и экономических приемов, таких как «скользящие средние», индекс относительной силы, числа Фибоначчи, «аллигатор» и ряда других, позволяет прогнозировать будущую направленность цен в биржевой торговле на валютном, финансовом и товарном рынках. В своей методологии технический анализ опирается исключительно на информацию о ценах и объемах. Широко используется графическое моделирование трендов, отыскание среди множества ломаных линий психологических образов или узоров геометрических фигур, таких как двойное дно, выпел, блюдце, веер, по состоянию и положению которых могут соответствовать определенные ценовые уровни [1].

В основе обоих направлений исследования инвестиционных процессов лежат методы кибернетики.

Согласно Норберту Винеру, кибернетика – наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в различных системах, будь то машины, живые организмы или общество [2].

Она включает изучение обратной связи, «чёрных ящиков» и производных концептов, таких как управление и коммуникация в живых организмах, машинах и организациях, включая самоорганизации. Она фокусирует внимание на том, как что-либо (цифровое, механическое или биологическое) обрабатывает информацию, реагирует на неё и изменяется или может быть изменено [3].

Кибернетические методы применяются при исследовании случаев, когда действие системы в окружающей среде вызывает некоторое изменение в окружающей среде, а это изменение проявляется на системе через обратную связь, что вызывает изменения в способе поведения системы. В исследовании этих «петель обратной связи» и заключаются методы кибернетики.

Кибернетика является междисциплинарной наукой. Она возникла на стыке математики, логики, семиотики, физиологии, биологии, социологии. Ей присущ анализ и выявление общих принципов и подходов в процессе научного познания.

Кроме средств анализа в кибернетике используются мощные инструменты для синтеза решений, предоставляемые аппаратами математического анализа, линейной алгебры, геометрии выпуклых множеств, теории вероятностей и математической статистики, а также более прикладными областями математики, такими как математическое программирование, эконометрика, информатика и прочие производные дисциплины.

В основе кибернетических методов лежит кибернетический подход. Кибернетический подход состоит в том, что исходная система управления заменяется моделью, которая затем изучается. Принципиально моделирование состоит в создании системы управления, изоморфной или приближенно изоморфной данной, и в наблюдении за ее функционированием [4].

Изоморфизм и гомоморфизм — понятия, характеризующие соответствие между структурами объектов. Две системы, рассматриваемые отвлеченно от природы составляющих их элементов, являются изоморфными друг другу, если каждому элементу первой системы соответствует лишь один элемент второй и каждой связи в одной системе соответствует связь в другой и обратно. Такое взаимно-однозначное соответствие называется изоморфизм. Полный изоморфизм может быть лишь между абстрактными, идеализированными объектами, напр., соответствие между геометрической фигурой и ее аналитическим выражением в виде формулы. Изоморфизм связан не со всеми, а лишь с некоторыми фиксированными в познавательном акте свойствами и отношениями сравниваемых объектов, которые в других своих отношениях могут отличаться. гомоморфизм отличается от изоморфизм тем, что соответствие объектов (систем) однозначно лишь в одну сторону. Поэтому гомоморфный образ есть неполное, приближенное отображение структуры оригинала [5].

Для реализации кибернетического подхода часто используются имитационное моделирование или компьютерное моделирование. При этом основным принципом является принцип «черного ящика» [6]. В отличие от аналитического подхода, при котором моделируется внутренняя структура системы, в методе "черного ящика" моделируется внешнее функционирование системы. Таким образом, с точки зрения экспериментатора структура системы (модели) спрятана в черном ящике, который имитирует только поведенческие особенности системы. Так инвестиционный процесс может быть рассмотрен как «черный ящик», на входе которого находятся ресурсопотоки, а на выходе инвестиционный эффект.

В кибернетическом подходе исследуют информационные модели, которые различаются по типу запросов к ним:

1. Моделирование отклика системы на внешнее воздействие;

2. Прогноз динамики изменения системы;
3. Оптимизация параметров системы по отношению к заданной функции ценности;
4. Адаптивное управление системой.

Кибернетика использует многие элементы математического анализа и математической статистики, которые применяются как в фундаментальном, так и в техническом анализе инвестиционных процессов. Это, например, рекуррентные соотношения, регрессионные модели, временные ряды, элементы теории запаздывания и другие.

Основные кибернетические методы, применяемые при анализе инвестиционных процессов, являются методы из теории принятия решений.

Теория принятия решений — область исследования, вовлекающая понятия и методы математики, статистики, экономики, менеджмента и психологии; изучает закономерности выбора людьми путей решения разного рода задач, а также исследует способы поиска наиболее выгодных из возможных решений [11].

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

Для того чтобы делать «строгие» статистически достоверные прогнозы на будущее, нужно получить выборку из будущих данных. Так как это невозможно, многие специалисты предполагают, что выборки из прошлых и текущих, например, рыночных индикаторов равнозначны выборке из будущего. Иными словами, если встать на такую точку зрения, то получится, что прогнозируемые показатели — лишь статистические тени прошлых и текущих рыночных сигналов. Данный подход применим и в инвестологии. При анализе инвестиций, значения будущих периодов также неизвестны и поэтому аналитики предполагают, что выборки прошлых и текущих данных равнозначны выборке из будущего. Такой подход сводит работу аналитика к выяснению, каким образом участники рынка получают и обрабатывают рыночные сигналы. Без устойчивости рядов нельзя делать обоснованных выводов. Но это вовсе не значит, что ряд должен быть устойчив во всем. Например, он может иметь устойчивые дисперсии и совершенно нестационарные средние — в этом случае мы будем делать выводы только о дисперсии, в обратном случае только о среднем. Устойчивости могут носить и более экзотический характер. Поиск устойчивостей в рядах и есть одна из задач статистики.

Если лица, принимающие решения (ЛПР), полагают, что процесс не является стационарным (устойчивым), а следовательно, эргодическим, и даже если они считают, что вероятностные функции распределения инвестиционных ожиданий все-таки могут быть просчитаны, то эти функции «подвержены внезапным (то есть непредсказуемым) изменениям» и система, по существу, непредсказуема [11].

Экономической сущности и оценке рисков реальных инвестиционных проектов, методам обоснования управленческих решений в условиях риска и неопределенности посвящено огромное количество публикаций [7]. Вместе с тем, недостаточно изучены вопросы влияния на инвестиционные решения неопределенности, связанной со случайными колебаниями спроса на планируемый выпуск продукции и ресурсы, а также неопределенности налоговой среды, в которой будет функционировать предприятие. В ситуациях, требующих принятия стратегических решений, дополнительно присутствует неопределенность, порожденная поведением потенциальных конкурентов, которые имеют возможность инвестировать в аналогичный проект. Решение этих проблем требует разработки адекватных

экономико-математических моделей инвестиционных решений в условиях неопределенности и конкуренции при различных степенях рыночной власти.

Задача обоснования решений в условиях неопределенности всех типов, кроме априорной, сводится к сужению исходного множества альтернатив на основе информации, которой располагает ЛПР. Качество рекомендаций для принятия решений в условиях стохастической неопределенности повышается при учете таких характеристик личности ЛПР, как отношение к своим выигрышам и проигрышам, склонность к риску. Обоснование решений в условиях априорной неопределенности возможно построением алгоритмов адаптивного управления [8].

Выбор при неопределенности является ядром теории принятия решений.

Теория принятия решений опирается на знания из теории вероятности и статистической теории. Начало данной теории положил Блез Паскаль в своей работе «Pensées», назвав это ожидаемой ценностью. Бурное развитие данному разделу кибернетики придала статья Абрахама Вальда "Contributions to the Theory of Statistical Estimation and Testing Hypotheses". В ней он указал, что две центральных проблемы ортодоксальной статистической теории, а именно, проверка статистических гипотез и статистическая теория оценивания, могли оба быть расценены как специфические специальные случаи более общей теории принятия решений. Эта работа вводила большую часть «ментального пейзажа» современной теории принятия решений, включая функции потери, функции риска, допустимые решающие правила, априорные распределения, байесовские правила решения, и минимаксные решающие правила. Введенные Абрахамом Вальдом понятия применимы и при анализе инвестиционных процессов.

Возникновение теории субъективной вероятности из работ Фрэнка Рамсея, Бруно де Финетти, Леонарда Сэвиджа и других, расширяет возможности теории ожидаемой полезности до ситуаций, где доступны только субъективные вероятности. В то же время раньше в экономике вообще предполагалось, что люди ведут себя как рациональные агенты и таким образом теория ожидаемой полезности, также продвинула теорию реального человеческого поведенческого принятия решения при риске. Работа Мориса Алле и Дэниела Эллсберга показала, что это было не так очевидно.

Теория перспектив Дэниэла Канемана и Амоса Тверски помещает поведенческую экономику на более прочную опору свидетельств. Эта теория указала, что в фактическом человеческом принятии решений (в противоположность нормативному) «потери чувствительнее выигрышей». Кроме того, люди более сосредоточены на «изменениях» полезности своих состояний, чем на полезности самих состояний, а оценка соответствующих субъективных вероятностей заметно смещена относительно присущей каждому «точки отсчёта». Данная теория применяется и при анализе инвестиционных процессов, где стремятся достичь минимальных потерь.

Очень спорная проблема — можно ли заменить использование вероятности в теории решения другими альтернативами. Сторонники нечёткой логики, теории возможностей, теории очевидностей Демпстера-Шафера и др. поддерживает точку зрения, что вероятность — только одна из многих альтернатив и указывают на многие примеры, где нестандартные альтернативы использовались с явным успехом. Защитники теории вероятностей указывают на:

- работу Ричарда Трелкелда Кокса по оправданию аксиом теории вероятностей;
- парадоксы Бруно де Финетти как иллюстрацию теоретических трудностей, которые могут возникнуть благодаря отказу от аксиом теории вероятностей;

- теоремы совершенных классов, которые показывают, что все допустимые решающие правила эквивалентны байесовскому решающему правилу с некоторым априорным распределением (возможно неподходящим) и некоторой функции полезности. Таким образом, для любого решающего правила, порожденного невероятностными методами, либо есть эквивалентное байесовское правило, либо есть байесовское правило, которое никогда не хуже, но (по крайней мере) иногда и лучше.

Многоплановой моделью для исследования различных аспектов теории принятия решений являются «деловые шахматы» [9]. При этом в качестве экспертных систем возможно применение существующих шахматных компьютерных программ.

Одним из подходов, применяемых в теории принятия решений, является системный анализ.

Системный анализ — научный метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы. Опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических, математических методов [10].

Ценность системного подхода состоит в том, что рассмотрение категорий системного анализа создает основу для логического и последовательного подхода к проблеме принятия решений. Данный подход дает хорошие результаты при анализе инвестиционных процессов, так как позволяет находить все факторы, влияющие на эффективность инвестиций в современной экономике. Влияющие на Эффективность решения проблем с помощью системного анализа определяется структурой решаемых проблем.

Для решения хорошо структурированных количественно выражаемых проблем используется известная методология исследования операций, которая состоит в построении адекватной математической модели (например, задачи линейного, нелинейного, динамического программирования, задачи теории массового обслуживания, теории игр и др.) и применении методов для отыскания оптимальной стратегии управления целенаправленными действиями.

Среди математических моделей, применяемых для анализа инвестиционных процессов, стоит выделить нейронные сети и имитационные модели.

Нейронная сеть может быть формально определена, как совокупность процессорных элементов (нейроны), обладающих локальным функционированием, и объединенных связями (синапсы). Сеть принимает некоторый входной сигнал из внешнего мира, и пропускает его сквозь себя с преобразованиями в каждом процессорном элементе. Таким образом, в процессе прохождения сигнала по связям сети происходит его обработка, результатом которой является определенный выходной сигнал. Таким образом, нейронная сеть выполняет функциональное соответствие между входом и выходом, и может служить информационной моделью системы [11].

Экономико-математическая модель нейронной сети позволяет:

- 1) определить интегральную характеристику инвестиционного статуса на основе учета влияния и региональных и отраслевых факторов на инвестиционные процессы;

- 2) получить количественную оценку инвестиционного статуса объекта (межотраслевого комплекса или предприятия) с возможностью сравнения инвестиционного статуса объектов исследования между собой и качественного описания инвестиционной ситуации объектов исследования;

3) учесть статистические и экспертные показатели при формировании инвестиционных характеристик;

4) реализовать прямые и обратные связи как между инвестиционными характеристиками региона или комплекса, так и между региональными инвестиционными характеристиками и инвестиционными характеристиками комплекса;

5) построить адаптивную систему, учитывающую влияние факторов различных уровней и позволяющую гибко реагировать на изменения условий построения модели.

Модель инвестиционного статуса представляет собой трехслойную нейронную сеть, в которой в качестве входных параметров используются экономические, социальные и экологические показатели, формирующие определенную инвестиционную характеристику, а нейронами сети являются соответствующие инвестиционные характеристики региона и комплекса, формирующие инвестиционный статус.

Так, инвестиционная привлекательность региона и инвестиционная активность в регионе, а также инвестиционный потенциал и инвестиционные риски комплекса представляют собой нейроны первого слоя сети, инвестиционный климат региона и инвестиционная привлекательность комплекса являются нейронами второго слоя, а инвестиционный статус комплекса – нейрон третьего слоя сети.

Расчет модели предполагает вначале определение состояния нейронов каждого слоя сети по порядку и затем оценку конечного выхода сети с помощью активационной функции.

Текущее состояние каждого нейрона определяется как взвешенная сумма входных параметров и величины связи (веса) каждого параметра и нейрона:

$$S = \sum_{i=1}^n X_i V_i, \text{ где}$$

$S$  – текущее состояние нейрона;

$X_i$  – величина  $i$ -го входного параметра;

$V_i$  – вес  $i$ -го входного параметра.

Для нахождения взвешенной суммы входных параметров нейрона могут быть использованы и другие функции, вид которых определяется необходимыми для исследователя свойствами нейронной сети.

При использовании многослойной нейронной сети текущее состояние нейронов более высокого уровня будет зависеть от состояния нейронов более низкого уровня и величины связи между ними и будет также рассчитываться по формуле.

Например, инвестиционная привлекательность региона как нейрон первого слоя сети будет формироваться частными экономическими, социальными и экологическими показателями, выступающими в качестве входных параметров:

$$ИПр = S_{ИПр}^1 = f(X_i^{ИПр}, V_i^{ИПр}) = \sum_{i=1}^n X_i^{ИПр} V_i^{ИПр}, \text{ где}$$

ИПр – инвестиционная привлекательность региона;

– оценка состояния инвестиционной привлекательности как нейрона первого слоя сети;

– частные показатели инвестиционной привлекательности региона (входные параметры сети);

– вес  $i$ -го показателя инвестиционной привлекательности региона.

Затем инвестиционная привлекательность региона и инвестиционная активность региона как нейроны первого слоя сети (нейроны более низкого уровня) будут оказывать влияние на инвестиционный климат региона как нейрон второго слоя сети (нейрон более высокого уровня) с учетом величины связи между ними:

$$\text{ИКр} = S_{\text{ИКр}}^2 = f(S_k^1, V_k^1) = \sum_{k=1}^2 S_k^1 V_k^1, \text{ где}$$

ИКр – инвестиционный климат региона;

– оценка состояния инвестиционного климата как нейрона второго слоя сети;

– оценка состояния нейронов первого уровня – инвестиционной привлекательности региона и инвестиционной активности региона;

– величина связи нейронов первого и второго уровня – весовые коэффициенты инвестиционной привлекательности региона и инвестиционной активности региона.

Конечный выход нейронной сети определяет активационная функция, интегрирующая взаимодействие всех нейронов и рассчитываемая в зависимости от функции состояния нейронов:

$$F = f(S), \text{ где}$$

F – функция активации нейронной сети;

S – функция оценки состояния нейрона.

В моделях нейронных сетей учеными применяются различные виды активационных функций, вид которых также обусловлен задачами каждого конкретного исследования и необходимыми свойствами нейронной сети.

Таким образом, интегральная характеристика инвестиционного статуса объекта может быть получена как расчетное значение активационной функции нейронной сети.

Использование предложенной модели на основе нейронной сети позволяет оценить инвестиционный статус регионального межотраслевого комплекса и скорректировать механизмы управления инвестиционной деятельностью в регионе с целью привлечения дополнительных инвестиций [12].

Другим подходом к моделированию инвестиционного процесса, является имитационное моделирование.

Имитационное моделирование (simulation) является одним из наиболее используемых методов анализа экономических систем.

В общем случае, под имитацией понимают процесс проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями сложных систем реального мира [11].

Цели проведения подобных экспериментов могут быть самыми различными – от выявления свойств и закономерностей исследуемой системы до решения конкретных практических задач. С развитием средств вычислительной техники и программного обеспечения спектр применения имитации в сфере экономики существенно расширился. В настоящее время ее используют как для решения задач внутрифирменного управления, так и для моделирования управления на макроэкономическом уровне.

Основным преимуществом является то, что эксперимент проводится с моделью системы, а не с самой системой. Проведение реальных экспериментов с экономическими системами, по крайней мере, неразумно, требует значительных затрат и вряд ли осуществимо

на практике. Следовательно, имитация является единственным способом исследования систем без осуществления реальных экспериментов.

Часто практически невыполним или требует значительных затрат сбор необходимой информации для принятия решений. Например, при оценке риска инвестиционных проектов, как правило, используют прогнозные данные об объемах продаж, затратах, ценах и т.д.

Однако, чтобы адекватно оценить риск необходимо иметь достаточное количество информации для формулировки правдоподобных гипотез о вероятностных распределениях ключевых параметров проекта. В подобных случаях отсутствующие фактические данные заменяются величинами, полученными в процессе имитационного эксперимента (т.е. сгенерированными компьютером).

При решении многих задач финансового анализа используются модели, содержащие случайные величины, поведение которых не поддается управлению со стороны лиц, принимающих решения. Такие модели называют стохастическими. Применение имитации позволяет сделать выводы о возможных результатах, основанные на вероятностных распределениях случайных факторов (величин). Стохастическую имитацию часто называют методом Монте-Карло.

Имитационное моделирование представляет собой серию численных экспериментов призванных получить эмпирические оценки степени влияния различных факторов (исходных величин) на некоторые зависящие от них результаты (показатели).

В общем случае для проведения имитационного эксперимента необходимо:

1. Установить взаимосвязи между исходными и выходными показателями в виде математического уравнения или неравенства.
2. Задать законы распределения вероятностей для ключевых параметров модели.
3. Провести компьютерную имитацию значений ключевых параметров модели.
4. Рассчитать основные характеристики распределений исходных и выходных показателей.
5. Провести анализ полученных результатов и принять решение.

Результаты имитационного эксперимента могут быть дополнены статистическим анализом, а также использоваться для построения прогнозных моделей и сценариев.

Изначально определяются зависимости результирующего показателя от исходных. При этом в качестве результирующего показателя обычно выступает один из критериев эффективности: чистая современная стоимость проекта (NPV), Показатель рентабельности инвестиций (PI), Показатель внутренней нормы прибыли (IRR).

Предположим, что используемым критерием является чистая современная стоимость проекта NPV:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+r)^t} - I_0, \text{ где}$$

$NCF_t$  – величина чистого потока платежей в периоде  $t$ ;

$r$  - норма дисконта;

$I_0$  - первоначальный объем инвестиций.

Считается, что  $r$  и  $I_0$  известны и считаются постоянными в течение срока реализации проекта. Считается, что ключевыми варьируемыми параметрами являются: переменные



расходы  $V$ , объем выпуска  $Q$  и цена  $P$ . При этом исходим из предположения, что все ключевые переменные имеют равномерное распределение вероятностей.

Дальнейшая проектировка модели может быть осуществлена только с применением ЭВМ, оснащенной специальными программными средствами [13].

В инвестологии применяются и другие подходы, но все они основываются на принципах кибернетики и кибернетических методах. Поэтому дальнейшее развитие науки об инвестициях возможно лишь при дальнейшем развитии кибернетики и продолжении ее интеграции в инвестологию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Огарков С.А. – Фундаментальный и технический анализ в инвестологии сельского хозяйства// Агротехника №11. 2009
2. Винер Н. – Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. М.: Советское радио, 1958.
3. Келли К. – Неуправляемые: новая биология машин, социальных систем и экономического мира. – Бостон 1994
4. Ляпунов А.А., Яблонский С.В. – Теоретические проблемы кибернетики // Проблемы кибернетики. Вып. 9. М.: Физматгиз, 1963
5. <http://slovar.lib.ru/dictionary/isogomomorfizm.htm>
6. Терехов С.А. – Нейросетевые информационные модели сложных инженерных систем// Нейроинформатика. Новосибирск, Наука, 1998.
7. Зайцева А.С. – Моделирование процесса принятия инвестиционных решений в условиях неопределенности, 2008
8. Воробьев С.Н., Егоров Е.С., Плотников Ю.И. – Теоретические основы обоснования военно-технических решений. М.: РВСН, 1994 год
9. Овакимян Г. К. – Деловые шахматы: зрелищный сценарий шахматной игры, голографическая модель психической деятельности, специальная и общеобразовательная деловая игра, модель принятия решения и выбора стратегии, метод психодиагностики и психотренинга. — М.: Воениздат, 2001
10. Моисеев. Н. Н. – Математические задачи системного анализа. — М.: «Наука», 1981.
11. <http://wikipedia.org>
12. Овсянникова Т.Ю., Котова О.В. – Оценка инвестиционного статуса регионального жилищного комплекса на основе модели нейронной сети.//Общественный журнал №302 09.2007, Томск: ТГУ
13. Лукаевич И.Я. – Анализ финансовых результатов. – М.: Финансы, ЮНИТИ, 1998.
14. Орлов А. И. – Теория принятия решений: учебник. – М.: Экзамен, 2006.
15. Мак-Каллок У. С., Питтс В. – Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности //Автоматы под ред. К. Э. Шеннона и Дж. Маккарти. — М.: Изд-во иностр. лит., 1956.

16. Хемди А. Таха – Введение в исследование операций — М.: Вильямс, 2007
17. Строгалев В. П., Толкачева И. О. Имитационное моделирование. — МГТУ им. Баумана, 2008.