

УДК 519.08



МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ИНВЕСТИЦИОННОМ АНАЛИЗЕ

Э.Г. Петров¹, Т.С. Чайникова²¹ХНУРЭ, г. Харьков, Украина²ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, e-mail: chaynikova@gmail.com

В данной статье рассматривается решение задачи выбора альтернатив в инвестиционном анализе. Представлены модели выбора решений для инвестирования в условиях риска и неопределенности.

ИНВЕСТИРОВАНИЕ, ПРАВИЛО ВАЛЬДА, ПРАВИЛО ГУРВИЦА, ЭВОЛЮЦИОННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ, МЕТОД ГРУППОВОГО УЧЕТА АРГУМЕНТОВ

Введение

Инвестирование — это процесс прямого или косвенного приумножения капитала: возврат денежных средств либо получение новых возможностей, которые влияют на снижение затрат или оптимизацию процессов предприятия. Из-за различных факторов (нестабильность социально-экономической среды, изменение спроса, «человеческого фактора») цели инвестирования часто не достигаются.

На протяжении многих лет инвесторы безуспешно пытаются найти универсальный метод, который позволил бы подвергать анализу инвестиционные решения, учитывать все возможные риски и вероятные результаты рыночного поведения ценных бумаг, анализировать текущее состояние портфелей ценных бумаг инвесторов, желаемые финансовые результаты и находить инвестиционные решения, вложения в которые приносило бы наилучший результат.

1. Постановка задачи

Финансовые результаты инвестирования, которые интересуют инвестора, зависят от множества разнородных факторов $K_i, i = \overline{1, n}$, которые характеризуют как состояния внешней социально-экономической среды, так и собственно объекта инвестирования, то есть $R = F(k_i), i = \overline{1, n}$.

При этом следует учесть, что многие из характеристик $K_i, i = \overline{1, n}$ являются не детерминированными (точечными) значениями, а носят интервальный характер с различной степенью информированности о распределении возможных значений на интервале, а значит и различными формами представления этой информации (вероятностной, нечеткой, интервальной).

В связи с этим возникает три задачи.

1. Синтез модели (1) формирования ожидаемого финансового эффекта от инвестирования.

2. Учет неопределенности факторов $K_i, i = \overline{1, n}$, характеризующих ситуацию инвестирования и определения интервальной оценки R .

3. Принятие решения о возможности и размерах инвестирования.

Целью настоящей статьи является рассмотрение подходов и методов решения указанных задач.

2. Проблема синтеза модели оценивания результатов инвестирования

Это проблема структурно-параметрической идентификации многофакторного оценивая модели (1), что связано с определением:

- количества и состава кортежа значимых факторов $\langle K_i \rangle, i = \overline{1, n}$;
- структуры и параметров модели (1).

В настоящее время перечисленные задачи решаются на эвристическом уровне путем методологии экспертного оценивания. Недостатки этой методологии широко известны, поэтому существует острая необходимость разработки и использования альтернативных формальных методов. Это направление в настоящее время широко известно как анализ данных (data mining).

Цель анализа данных состоит в выявлении скрытых правил и закономерностей в наборах данных. Человеческий разум не способен улавливать более двух-трех взаимосвязей даже в небольших выборках. Но и традиционная математическая статистика, долгое время претендовавшая на роль основного инструмента анализа данных, также нередко пасует при решении задач из реальной сложной жизни.

Анализ данных — это процесс обнаружения в сырых данных:

- 1) ранее неизвестных;
- 2) нетривиальных;
- 3) практически полезных;
- 4) доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческой деятельности.

Существуют различные подходы к классификации самой области анализа данных. В частности, выделяют «*дескриптивный*» и «*предиктивный*» подходы. В первом случае обнаруживаются знания описательного характера, а во втором — знания, которые можно использовать для прогноза. Предметом анализа могут быть как хорошо структурированные данные, например, таблицы в реляционной базе, так и неструктурированные данные, например, текст или изображения. Можно выделить, по крайней мере, семь методов выявления и анализа знаний: классификация, регрессия, клас-

теризация, анализ ассоциаций, прогнозирование временных последовательностей (рядов), агрегирование (обобщение), обнаружение отклонений. Вероятно, наиболее распространенной сегодня операцией интеллектуального анализа данных является классификация. С ее помощью выявляются признаки, характеризующие группу, к которой принадлежит тот или иной объект.

Однажды определенный эффективный классификатор используется для классификации новых записей в базе данных в уже существующие классы, и в этом случае он приобретает характер прогноза. Например, классификатор, идентифицирующий риск инвестирования, может быть использован для целей принятия решения, велик ли риск приобретения акций определенной компании. То есть классификатор используется для прогнозирования возможности возврата займа.

На практике классификация является решением проблемы о возможной целесообразности инвестирования определенного предприятия. Этот вопрос, тревожащий любого инвестора можно, конечно, разрешить интуитивно. Если образ предприятия в сознании инвестора соответствует его представлению о выгодной инвестиции, то инвестировать можно, иначе – нет. По схожей схеме работают установленные в инвестиционных компаниях системы анализа данных. Лишенные субъективной предвзятости, они опираются в своей работе только на ретроспективную базу данных компании, где записывается детальная информация о каждой инвестиции и, в конечном итоге, факт ее прибыльности. Инвестиции в этих системах интерпретируются как векторы в пространстве, атрибутам которых соответствуют различные данные о них. Факт прибыльности (неприбыльности) инвестиции играет роль функции $y_i = \{+1; -1\}$. Часть упомянутой ретроспективной базы можно рассматривать как проверочный набор данных, а другую часть – как обучающий набор. При таком подходе задача определения риска, связанного с инвестициями, сводится к задаче построения классификатора. Решить ее можно с помощью нескольких методик. Также очевидно, что она имеет решение, поскольку интуитивно понятно, какого рода закономерности в данных обуславливают риск, связанный с инвестицией.

Анализ данных является мультидисциплинарной областью. Отсюда обилие методов и алгоритмов, реализованных в различных действующих системах анализа данных. Многие из таких систем интегрируют в себе сразу несколько подходов. Тем не менее, как правило, в каждой системе имеется какой-то ключевой компонент, на который делается главная ставка. Ниже приводится классификация указанных ключевых компонентов: статистические методы, нейронные сети, деревья решений, системы рассуждения на основе аналогичных случаев (теория прецедентов), нечеткая

логика, генетические алгоритмы, эволюционное программирование, алгоритмы ограниченного перебора, комбинированные методы.

Эволюционное программирование сегодня – самая молодая и наиболее перспективная ветвь анализа данных. Суть метода заключается в том, что гипотезы о виде зависимости целевой переменной от других переменных формулируются системой в виде программ на некотором внутреннем языке программирования. Если это универсальный язык, то теоретически на нем можно выразить зависимость любого вида. Процесс построения этих программ строится подобно эволюции в мире программ. Когда система находит программу, достаточно точно выражающую искомую зависимость, она начинает вносить в нее небольшие модификации и отбирает среди построенных таким образом дочерних программ те, которые повышают точность. Таким образом, система «выращивает» несколько генетических линий программ, которые конкурируют между собой в точности выражения искомой зависимости. Специальный транслирующий модуль переводит найденные зависимости с внутреннего языка системы на понятный пользователю язык (математические формулы, таблицы и прочее), делая их легкодоступными. Для того чтобы сделать полученные результаты еще понятнее для пользователя-нематематика, имеется богатый арсенал разнообразных средств визуализации обнаруживаемых зависимостей.

Поиск зависимости целевых переменных от остальных ведется в форме функций какого-то определенного вида.

Для финансовых рынков характерна нестабильность и неустойчивость. При этом известные модели на практике часто оказываются непригодными для прогнозирования. В такой ситуации для анализа, моделирования и прогнозирования этих процессов целесообразно применять методы прямого построения моделей по данным наблюдений (статистики). Цель таких методов – выявление неявных причинно-следственных связей и закономерностей, скрытых в ретроспективных данных, и построение математических моделей в явной форме. При этом необходимо искать как структуру, так и параметры моделей, то есть решать задачу структурно-параметрической, или просто структурной, идентификации.

Одним из наиболее удачных подходов к построению алгоритмов поиска зависимости переменных является метод группового учета аргументов (МГУА) [3]. С помощью этого метода зависимость ищется в форме полиномов. Причем сложные полиномы заменяются несколькими более простыми, учитывающими только некоторые признаки (группы аргументов). Обычно для этого используются попарные объединения признаков.

В качестве класса возможных структур предлагается полином Колмогорова-Габора.

$$P(x) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i k_i^-(x) + \sum_{r=n+1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{g=1}^n a_r k_i^H(x) * k_g^H(x) + \dots$$

$$i = \overline{1, n}; g = \overline{1, n}, r = \overline{n+1, m}.$$

Он позволяет описать любую нелинейную зависимость и не накладывает никаких априорных ограничений, так как содержит в своем составе как первые, так и более высокие степени характеристик $k_i(x)$ и все возможные их комбинации [4].

МГУА основан на разбиении множества переменных на комбинаторные группы (чаще всего на пары). Для каждой группы формируется простейший полином (структура модели), и для него на основе экспериментальной выборки решается задача параметрической идентификации. Эта задача решается или путем составления и решения системы нормальных алгебраических уравнений, базирующихся на экспериментальных данных о численных значениях входа и выхода исследуемого объекта, или путем аппроксимации тех же данных по критерию наименьших квадратов (МНК). Задача идентификации параметров решается для каждой локальной групповой модели на обучающей экспериментальной последовательности и затем определяется ее качество по заданному критерию на проверочной последовательности. На основе этого производится селекция заданного числа лучших по качеству моделей первого уровня, которые опять группируются, и для них строятся аналогичные первому уровню полиномы. Процедура циклически повторяется до тех пор, пока будет получен полином оптимальной сложности [5].

3. Формирование оценки эффективности инвестиций

После синтеза модели (1) следует этап анализа, он состоит в вычислении ожидаемого инвестиционного эффекта R . Решение этой задачи существенно осложняется тем, что характеристики $K_i, i = \overline{1, n}$ содержат неопределенности различных видов. Это обусловливается неполнотой знаний, погрешностями измерений, малым интервалом ретроспективного наблюдения процесса, сознательным искажением данных и так далее. В результате будем предполагать, что любой из элементов K_i кортежа $\langle K_i \rangle, i = \overline{1, n}$ представляет собой интервал возможных значений K_i , которые характеризуют значения левой и правой границы K_i^{\min} и K_i^{\max} :

$$K_i^{\max} \leq K_i \leq K_i^{\min} \quad (2)$$

Если $K_i^{\max} = K_i^{\min}$, величина K_i является детерминированным точечным значением, в противном случае это интервальная величина. Распределение значений внутри интервала может характеризоваться:

- статистической информацией (математическое ожидание, дисперсия, функция плотности распределения вероятности);
- нечеткой информацией в виде функции принадлежности некоторому нечеткому множеству;

- отсутствием информации, то есть представлять собой интервальное значение.

В этих условиях необходимо вычислить оценки финансовой эффективности инвестиции. Это можно сделать двумя путями:

- методом Монте-Карло [6];
- методом варьирования значений кортежей $\langle K_i \rangle, i = \overline{1, n}$.

Достоинство метода Монте-Карло заключается в том, что на основе статистического моделирования можно получить функцию плотности распределения интегральной оценки, ее математическое ожидание и дисперсию. Недостаток — высокая трудоемкость метода. Альтернативой является формирование матрицы платежей вида представленного в табл. 1.

4. Правила и критерии принятия решений в условиях риска и неопределенности

Результаты инвестирования зависят от многих условий, являются ненадежными и могут иметь следующий характер:

- 1) Оценка ожидаемой прибыли от инвестиций производится при известной вероятности получения того или иного результата.
- 2) Оценка производится в условиях, когда известна некоторая интервальная вероятность получения результата.
- 3) Оценка производится в условиях, когда нет четкой информации о результате, либо неполная информация для определения вероятности получаемого результата.

На основе субъективных эвристических соображений задачи второго и третьего типов можно свести к задачам первого типа. Рассмотрим различные варианты решения подобных задач.

При наличии конечного числа рассматриваемых альтернатив $A_j (j = \overline{1, m})$ инвестирования и известных значений кортежа различных факторов $\langle K_i \rangle, i = \overline{1, n}$, определяющих результат, а также при наличии функции, с помощью которой можно вычислить скалярную оценку результата инвестирования CK_{ji} , исходную информацию для принятия решения можно представить в виде следующей матрицы (табл. 1).

Таблица 1

Альтернатива	Действие различных факторов				
	$\langle K_1 \rangle$...	$\langle K_i \rangle$...	$\langle K_n \rangle$
A_1	CK_{11}		CK_{1i}		CK_{1n}
⋮					
A_j	CK_{j1}		CK_{ji}		CK_{jn}
⋮					
A_j	CK_{j1}		CK_{ji}		CK_{jn}

Элементы матрицы (CK_{ji}) соответствуют значениям ожидаемого эффекта, которые принимает альтернатива A_j при состоянии среды Z_i , и исходя

из которых инвестор или ЛПР с помощью некоторых правил принятия решений может обоснованно выбрать ту или иную альтернативу.

Под неопределенностью следует понимать отсутствие, неполноту или недостаточность информации об объекте, процессе, явлении или неуверенность в достоверности информации. Неопределенность обуславливает появление ситуаций, не имеющих однозначного исхода для различных экономических, инвестиционных и других объектов. К основным правилам принятия решений при неопределенности относятся [1]:

- 1) правило Вальда, или правило максимина;
- 2) правило максимакса;
- 3) правило Гурвица.

В соответствии с правилом Вальда из альтернативных инвестиций (см. табл. 1) выбирают ту альтернативу A_j , которая при самом неблагоприятном состоянии внешней деловой среды $\langle K_i \rangle, i = \overline{1, m}$ имеет наибольшее значение эффекта CK_{ji} . Альтернатива A^* , которой принадлежит это максимальное значение, предлагается к реализации:

$$A^* = \left\{ A_j \max_j \min_i CK_{ji} \right\}.$$

Инвестор, принимающий решение по правилу Вальда, имеет малую склонность к риску и высокую – к пессимизму: предполагая экстремально негативное развитие состояния внешней деловой среды, он учитывает наименее благоприятное развитие каждой инвестиционной альтернативы.

Оптимистический инвестор, напротив, для выбора альтернатив использует правило максимакса, выбирая инвестицию с наивысшим достигаемым значением стоимости капитала и не учитывая при принятии решения риска, связанного с неблагоприятным развитием состояния внешней деловой среды. Следовательно, оптимальная альтернатива A^* , определяется по формуле:

$$A^* = \left\{ A_j \max_j \max_i CK_{ji} \right\}.$$

Основной недостаток правил максимина и минимакса при принятии решения заключается в использовании только одного варианта развития для каждой инвестиции. Таким образом, часть информации при этом не учитывается.

Правило Гурвица (правило оптимизма-пессимизма), сочетая правила максимина и минимакса, позволяет ЛПР выбирать оптимальную альтернативу A^* , по следующей формуле:

$$A^* = \left\{ A_j \max_j \left[(1 - \alpha) \cdot \min_j CK_{ji} + \alpha \max_i CK_{ji} \right] \right\},$$

где α – коэффициент оптимизма, $\alpha = [0, 1]$.

Если $\alpha = 1$, то выбор альтернативы проводится по правилу максимакса, если $\alpha = 0$ – по правилу максимина.

При применении правила Гурвица информации используется больше, чем при правилах максимина и минимакса в отдельности, но не вся имеющаяся в распоряжении ЛПР информация.

Под ситуацией риска следует понимать сочетание, совокупность различных обстоятельств и условий, создающих обстановку вокруг того или иного вида деятельности. Ей соответствуют три условия:

- 1) наличие неопределенности;
- 2) необходимость выбора альтернатив;
- 3) возможность оценить вероятность реализации выбираемых альтернатив. К основным правилам и критериям принятия решений в ситуации риска относятся правило Байеса; $\mu\sigma$ – критерий, или критерий среднего значения и стандартного отклонения; критерий Бернулли.

Правило Байеса применяется, если известна вероятность наступления p_i возможных состояний внешней среды, тогда в качестве критерия выбора можно использовать значение математического ожидания j -й альтернативы A . При наличии множества инвестиционных альтернатив оптимальная A^* альтернатива находится по формуле:

$$A^* = \left\{ A_j \max_j M[A_j] \right\}; \quad M[A_j] = \sum_{i=1}^n CK_{ji} \cdot p_i,$$

где $M[A_j]$ – математическое ожидание, CK_{ji} – эффективность j -й альтернативы при i -м состоянии внешней среды с вероятностью p_i его наступления.

Заметим, что элементы матрицы CK_{ji} являются оценками инвестиционных эффектов. Таким образом, изменение эффекта по отношению к изменению значения стоимости капитала принимается пропорциональным, а отношение к риску – нейтральным.

Критерий среднего значения и стандартного отклонения, или $\mu\sigma$ -критерий, позволяет оценивать отношение инвестора к риску.

Рассматривая, кроме математического ожидания $M[x]$, дисперсию Dx или стандартное среднеквадратическое отклонение σ -результатов как степень риска в критерии принятия решения, можно отметить, что риск тем выше, чем выше значение σ . Полезность альтернативных решений, так называемая полезность риска, зависит от $M[x]$ и σ и отражается функцией приоритетности риска, или коэффициентом вариации V .

Есть возможность замены $M[x]$ и моментов риска целевых функций на ожидаемую полезность; при этом вместо монетарных целевых функций используется полезность, которую ЛПР связывает с целями и ожидаемой степенью их достижения с учетом личного отношения к риску.

По критерию Бернулли, ЛПР способно оценить выгоду различных возможных инвестиций, отыскивая максимум «морального ожидания» (МО) для каждой альтернативы по следующей формуле:

$$MO = \sum_{i=1}^n f(CK_{ji}) \cdot p_i; \quad \sum_{i=1}^n p_i = 1,$$

где $f(CK_{ji})$ – дегрессивно растущая функция полезности, (CK_{ji}) – стоимость капитала j -й альтернативы при i -м состоянии внешней среды; p_i – вероятность его наступления.

С помощью теории полезности Бернулли можно определить функции полезности ненадежных результатов (ожиданий), например, стоимости капитала. Для этого находят надежный результат, так называемый надежный эквивалент, имеющий сходную выгоду с двумя ненадежными результатами, характеризующимися определенными значениями вероятности получения.

С помощью функции полезности можно определить ожидаемые значения полезности альтернатив; при этом в величины полезности трансформируются все возможные результаты. Альтернатива, имеющая максимальное значение математического ожидания полезности, считается оптимальной. При нейтральном отношении к риску этот критерий соответствует правилу Байеса.

Прогнозирование риска связано с разработкой сценариев улучшения финансового состояния субъекта рынка, с предвидением наступления определенных и неожиданных случайных событий, с проработкой альтернатив развития, рыночных механизмов и принятием гибких экстренных решений. Выбор варианта решения может осуществляться в разнообразных условиях возможных хозяйственных ситуаций, когда их вероятности могут быть как известными заранее, так и неизвестными, но при существовании оценок их относительных значений или знания основных направлений оценки результата вложения капитала.

Заключение

Принятие решений в таких сферах как анализ процессов в макроэкономике, прогнозировании поведения финансовых рынков, проверке надежности фирм, требуют инструментальных средств, которые способны находить точные модели процессов. При этом возникают проблемы, связанные с большим числом переменных, небольшим количеством наблюдений и неизвестными динамическими связями между переменными. Такие экономические объекты являются сложными плохо-обусловленными системами, которые характеризуются:

- 1) недостаточной априорной информацией;
- 2) большим количеством параметров, которые не измеряются;
- 3) зашумленными или короткими выборками данных;
- 4) плохо-обусловленными объектами с характеристиками.

Проблемы моделирования сложных экономических систем могут быть решены с помощью дедуктивных логико-математических или с помощью индуктивных переборных методов. Дедуктивные и имитационные методы имеют преимущества в случае простых задач моделирования, если известна теория объекта, который моделируется, и потому возможно построение модели, исходя из физической обоснованных принципов, применяя знания человека относительно процессов в объекте. Но эти методы не в состоянии дать удовлетворитель-

ный результат для сложных систем. В этом случае получение знаний по данным, то есть нахождение модели на основе экспериментальных измерений, имеет преимущества. Такие объекты содержат минимальное априорное знание или не имеют теоретических основ вообще. Эти проблемы могут быть решены с помощью Метода Группового Учета Аргументов (МГУА), который находит знание об объекте непосредственно по выборке данных. Этот индуктивный переборный метод имеет преимущества при исследовании сложных объектов, которые не имеют определенной теории, в частности объектов с размытыми характеристиками.

Список литературы: 1. Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. – К.: Наукова думка, 2002. 161с. 2. http://www.citforum.ru/consulting/BI/data_mining/3.shtml. 3. Ивахненко А.Г., Лана В.Г. Предсказание случайных процессов, АН УССР, 1971. 416с. 4. Петров Э.Г., Булавин Д.А., Петров К.Э. Использование генетических алгоритмов для решения задачи структурно-параметрической идентификации модели индивидуального многофакторного оценивания // Проблемы бионики: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2003. – № 60. 5. Петров Э.Г., Булавин Д.А., Петров К.Э. Решение задачи структурно-параметрической идентификации модели индивидуального многофакторного оценивания методом группового учета аргументов // АСУ та прилади автоматизи: Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. – 2004. – Вип. 4. – С. 65-76. 6. Словарь по кибернетике / Под ред. В.М. Глушкова. Киев, 1979. – С.335.

Поступила в редколлегию 7.10.2008

УДК 519.08

Методи прийняття рішень в інвестиційному аналізі / Е. Г. Петров, Т.С. Чайнікова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал – 2008. – № 2 (69). – С. 120-124.

Прийняття рішень у таких сферах, як аналіз процесів у макроекономіці або прогнозуванні фінансових ринків потребують засобів, які можуть знаходити точні моделі на основі прогнозів процесів. Проблеми моделювання складних економічних систем можуть бути вирішені за допомогою дедуктивних або індуктивних переборних методів. Вони мають переваги у випадку роботи з простими моделями. Та у разі моделювання складних систем вони не здатні надати задовільний результат. Ця проблема може бути вирішена за допомогою Метода Групового Урахування Аргументів (МГУА), який знаходить знання про об'єкт безпосередньо за вибіркою даних, зокрема, для об'єктів з розмитими характеристиками.

Табл.: 1. Бібліогр.: 6 найм.

UDC 519.08

The decision-making techniques in investment analysis / E.G. Petrov, T.S. Chaynikova // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. – 2008. – № 2 (69). – P. 120-124.

Decision making in the spheres of process analysis in macroeconomics or financial markets forecasting require tools that are able to search accurate models on the base of process estimate. The problem of the complex economic systems modeling can be solved with the help of deductive or inductive selective methods. They have an advantage when there are plain models but in case of complex systems modeling these methods are not able to give reliable results. This problem can be solved by the Group Method of Data Handling (GMDH). It finds knowledge about the object directly by the data access. This inductive selective method has advantages while investigating complex objects, particularly for the objects with degraded characteristics.

Tab.: 1. Ref.: 6 items.