

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПОРТФЕЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Комиссаров Н. П., группа ИУС-06м

Руководитель проф. Спорыхин В.Я.

В настоящее время отсутствуют программные средства, позволяющие инвестору использовать их в своей профессиональной деятельности на всех этапах управления портфелем ценных бумаг, а решаемые ими определенные задачи и реализуемые функции на отдельных этапах не в полной мере отвечают сегодняшним требованиям. Это обстоятельство объясняется тем, что процесс управления портфелем ценных бумаг реализуется в условиях неопределенности и неуверенности, характеризуемой недостатком информации для формализации задач автоматизации. Такой вид неопределенности обусловлен индивидуальным поведением на рынке каждого его участника.

Разработана ситуационно-сценарная модель (ССМ), связывающая состояние рынка для акции *IND* с решением трейдера относительно действий на рынке. ССМ позволяет идентифицировать ситуацию на рынке и выработать с наибольшей долей уверенности рекомендацию для трейдера (ЛПР) о действиях с акциями.

Структура ССМ зависит от торгового метода трейдера, его сложности. В результате анализа торгового метода определяются входные параметры модели  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ , а в качестве выходного параметра всегда будет ситуация, имеющая три градации: «покупать», «продавать», «оставить без изменений», для описания которых достаточно бинарных переменных  $h_1$  и  $h_2$ :  $H = \{h_1, h_2\}$ , где

$$h_1 = \begin{cases} 1, & \text{покупать} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad h_2 = \begin{cases} 1, & \text{продавать} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}.$$

Связь между входными и выходными параметрами модели устанавливается согласно торговому методу трейдера (знаний трейдера) в виде производственных правил.

Введены два понятия, характеризующие тип ситуации: простые ситуации, представленные индикаторами технического анализа, и композиционные ситуации, описываемые набором простых ситуаций.

Структура диаграммы влияния для построения ССМ, представляющей собой ориентированный ациклический граф, с тремя типами вершин – вершины решения, вершины элементарных событий и узлы оценки качества (рис.1). Вершины элементарных событий соответствуют непосредственно наблюдаемым данным (ИТА), вершины решения соответствуют возможным ситуациям на рынке, узлы качества являются виртуальными данными, которые влияют на уверенность в воздействии элементарного события на ситуацию на рынке. Дуги в графе имеют различное назначение. Дуги от элементарных событий  $x$  к узлам качества  $u$  указывают на полезность (качество) элементарного события для ситуации, а дуги от узлов качества  $u$  к вершинам решения  $h$  представляют вероятностную зависимость ситуации на рынке от качества элементарных событий.

Идентификация композиционных ситуаций проводится как идентификация совокупности простых ситуаций.

Установлено, что трейдер (ЛПР) анализирует в процессе принятия решений большое количество разноплановых индикаторов, имеющих несколько уровней градаций качества, в результате чего возможны ситуации, когда решение приходится принимать на основе неотчетливых данных. Для решения этой проблемы поставлена и решена задача оценки качества события на рынке: для любой возможной ситуации на рынке  $h \in H$  и любого события на рынке  $x \in X$  необходимо оценить качественное свойство значения  $U$ , определяющего качество события на

рынке  $x$  для ситуации на рынке  $h$  (рис. 5).

Введены в рассмотрение два типа торговых сигналов, вырабатываемые элементарными событиями на рынке:

1. Точный торговый сигнал, подлежащий однозначной идентификации.  
В случае точного торгового сигнала  $u$  может принимать только два значения  $\{0,1\}$ .
2. Неточный торговый сигнал, значением которого являются элементы нечеткого множества.

Для каждого неточного торгового сигнала  $x_n \in X_N$ , определяющего

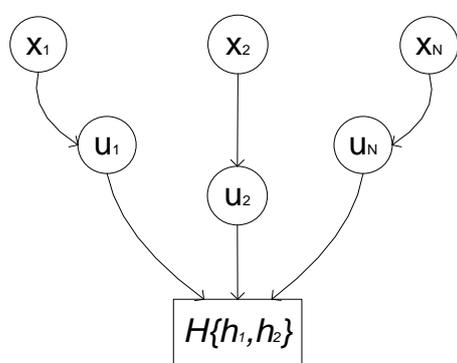


Рис. 1 Диаграмма влияния

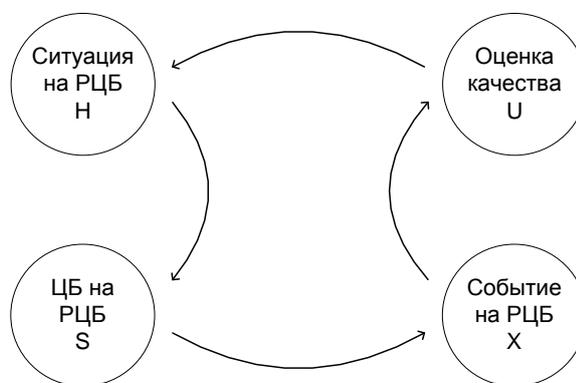


Рис. 2. Задача оценки качества

элементарного события на РЦБ

возможную ситуацию на рынке  $h_m \in H_M$ , введена в рассмотрение нечеткая переменная  $\alpha_n, \langle \alpha, \mu(x), x \in X \rangle$  «Качество сигнала», со следующим содержательным смыслом «Рост качества с увеличением (уменьшением)  $x$ ». Оценка качества  $u$  характеризуется функцией принадлежности  $\mu(x)$ , которая связывает с каждым значением  $x_n$  число, характеризующее качество сигнала в интервале  $[0,1]$ . Вид функции принадлежности определяется ЛПР и позволяет интерпретировать ее, как субъективную оценку вероятностной меры уверенности ЛПР относительно истинности того, что при наблюдении элементарного события, выраженного в проявлении торгового сигнала  $x_n$  на РЦБ, будет иметь

место ситуация  $h_m$ .

Установлено, что анализ истинности последнего утверждения заключается в проверке следующего условия:

$$x * V \rightarrow U, \text{ где} \quad (1)$$

$x$  - элементарное событие на рынке;  $v$  - эталонное значение, с которым сравнивается  $x$ ; \* - предикатные символы ( $=, <, >, \geq, \leq, \leq =$ ) или нечеткое высказывание (большой, маленький, средний и т.п.);

С учетом (1) возможна идентификация ситуации при нечетких условиях, как числовых, так и лингвистических. Для этого введены узлы качества на диаграмме влияния, позволяющие записать продукционные правила следующего вида: «ЕСЛИ значение ИТА (элементарное событие  $x$ ) достигло (превысило и т.п. в зависимости от предикатного символа) некоторой величины  $v$ , ТО с вероятностью  $U$  имеет место ситуация  $h$ ».

Для случая, когда в качестве события выступает изменение значения индикатора во времени, условие (1) принимает вид:

$$x(N) * V \rightarrow U, \text{ где} \quad (2)$$

$x(N)$  - изменение значения индикатора за  $N$  торговых периодов.

С учетом (2) в узле качества возможно записать следующее правило: «ЕСЛИ значение ИТА (элементарное событие  $x$ ) за  $N$  торговых периодов изменилось на величину  $v$ , ТО с вероятностью  $U$  имеет место ситуация  $h$ ».

Для каждой описанной трейдером ситуации  $h$ , согласно (1) и (2), можно построить матрицу  $M$ , описывающую ситуацию на рынке:

$$M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1k} \\ m_{21} & m_{22} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots & m_{ij} & \dots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{nk} \end{bmatrix} \quad \text{где } m_{ij} = U(x) \text{ - субъективная вероятность}$$

трейдера, что при наблюдении элементарного события  $x$  на РЦБ будет иметь место ситуация  $h$ .

Использованы введенные Шортлиффом и Бьюкененом понятия меры

уверенности и меры неуверенности для обозначения весомости торгового сигнала  $x$  для описанной типовой ситуации. Для измерения степени уверенности в ситуации введен в рассмотрение коэффициент уверенности Шортлиффа.

Для комбинации событий на рынке в случае, когда неизвестны точные значения априорных и апостериорных вероятностей ситуаций на рынке, использованы приближенные методы оценки.

Для определения качества  $CF$  введена лингвистическая переменная  $\lambda$  на интервале  $[-1;1]$ , описываемая кортежем  $\langle \lambda, T, D \rangle$ , где  $\lambda$  - название лингвистической переменной «Уверенность в ситуации на рынке»;  $T$  - термножество {«высокая», «средняя», «низкая»};  $D$  - универсум.

Для определения лингвистической переменной использован трапециевидный вид функции принадлежности (трапециевидные нечеткие числа).

Установлена связь каждого термина лингвистической переменной с операцией. Например, «высокое качество» - совершить операцию на рынке автоматически, «среднее» - предоставить сведения о ситуации инвестору (ЛПР), и после подтверждения совершить операцию на рынке, «низкое» - не совершать операцию (без изменений). Для значений  $CF$ , попадающих в зону неуверенности («высокое»-«среднее», «низкое»-«среднее») инвестора (ЛПР), дополнительно могут быть определены действия. В зависимости от качества  $CF$  возможно активизировать различные наборы правил.

Связь между входными и выходными параметрами модели задается с помощью формализации профессиональных знаний инвестора о РЦБ в виде продукционных правил. Для продукций не устанавливается строгая последовательность выполнения, а выбор очередной продукции осуществляется с применением динамического приоритетного выбора и принципа метапродукций. В результате выбора из множества продукций  $Pr_s$  выделяется некоторое подмножество  $Pr_0$ , предпочтительных в данной ситуации с точки зрения применимости.

Обобщенный синтаксис правила выглядит следующим образом:

*Если событие  $x_1$   
(и событие  $x_2$ )  
(или событие  $x_j$ )  
тогда  $h$ .*

Вывод осуществляется в обратном направлении с проверки истинности условий, при которых предполагаемая ситуация оказывается истинной. Если степень уверенности в качестве торговых сигналов для данной ситуации менее 0.9, то при выводе подсчитывается степень уверенности в ситуации на рынке.

### Выводы

Модель представления знаний является смешанной (продукционно-фреймовой), что позволяет сочетать преимущества составляющих моделей. База знаний этой модели, состоящая из продукционных правил, задает причинно-следственные отношения между различного типа торговыми сигналами и ситуацией на рынке.

### Перечень ссылок

1. Недосекин А.О. Оптимизация модельных фондовых портфелей в условиях существенной неопределенности. 2003
2. [http://osu.tpu.ru/GOSY/ES/es\\_10.htm](http://osu.tpu.ru/GOSY/ES/es_10.htm)
3. Квятковская И.Ю. Система поддержки принятия решений при формировании оптимального портфеля ценных бумаг с использованием генетического алгоритма. // - Воронеж: 2006. с. 42-44