

И.А. БАРЛАСОВ, А.А. МУСАЕВ
**АНАЛИЗ ТОРГОВЫХ СИТУАЦИЙ.
ГЕНЕЗИС НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ
И ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ
АЛГОРИТМОВ ОЦЕНИВАНИЯ**

Барласов И.А., Мусаев А.А. Анализ торговых ситуаций. Генезис неопределенности и основные подходы к синтезу алгоритмов оценивания.

Аннотация. Статья носит научно-методический характер и посвящена формализованной постановке задачи оценивания торговой ситуации на рынках капитала в интересах проведения эффективных торговых операций. Представлены основные факторы, определяющие высокий уровень неопределенности при формировании оценки состояния рынков финансовых активов. Рассмотрен традиционный подход к анализу состояния рынка на основе методов статистического системного синтеза. Приведены основные технологии к построению статистически устойчивых алгоритмов оценивания состояния торговых ситуаций.

Ключевые слова: статистический синтез, анализ торговых ситуаций, критерии эффективности, теория систем.

Barlasov I.A., Musaev A.A. Trade situation analysis. Uncertainty Genesis and Some Approaches to Estimation Algorithms Synthesis.

Abstract. Article has scientifically-methodical character and is devoted the formalized statement of the situation analysis problem in the trade markets in interests of effective trading operations carrying out. The major factors defining the highest level uncertainty at financial markets state estimation formation are presented. The basic efficiency criteria of the situation analysis from the system theory point of view are considered. The traditional approach to the market state analysis on the basis statistical system synthesis is considered. The construction of statistically steady algorithms basic methods for trading situations estimation is represented.

Keywords: system statistical synthesis, situation analysis, efficiency criteria, system theory.

1. Введение. Современные технологии анализа торговых ситуаций принято разделять на фундаментальные и технические. *Фундаментальный* анализ базируется на субъективных представлениях экспертов о влиянии факторов мировой динамики и локальных экономических вариаций на изменение котировок различных финансовых активов, представленных на торговых площадках фондовых, валютных и других бирж. *Технический* анализ ориентирован на моделирование и формализованный анализ трендов, образованных изменением котировок активов и представленных совокупностью ретроспективных и текущих данных. При этом соответствующие ряды наблюдений, формируются путем мониторинга состояния рынков. В конечном счете на основе двух указанных подходов и их сочетаний трейдеры формируют индивидуальные торговые стратегии, используемые в процессе приня-

тия управляющих решений. Как показывают статистические обзоры, эффективность таких стратегий такова, что от 75 до 95% игроков на электронных биржах завершают свои торговые операции полной потерей имеющихся депозитов. Причины неудач торговых операций связаны с крайне высоким уровнем неопределенности среды погружения (среды взаимодействия), в которой функционируют указанные рынки и в которой осуществляются торговые операции. По существу, речь идет о непрерывном нелинейном многофакторном воздействии, причем сами факторы влияния взаимосвязаны, а степень их взаимосвязанности и характер воздействия на торговые активы непрерывно меняются во времени. При этом все факторы воздействуют на котировки не непосредственно, а через психологический фильтр рынка, определяемый «состоянием умов» торгового сообщества (инвесторов, спекулянтов, торговых манипуляторов и т. д.).

Котировки рыночных активов не являются физическими величинами, они представляют собой результат групповой ментальной оценки и представляют собой безынерционный стохастический процесс с элементами хаотической динамики. Наличие хаотической составляющей в изменении котировок торговых активов приводит к низкой эффективности прогноза развития торговой ситуации и, как следствие, к низкой эффективности формируемых торговых решений.

Естественное требование повышения качества управления торговыми операциями приводит к необходимости формализовать анализ торговой ситуации, учитывающей специфику динамики ценообразования активов и позволяющей построить теоретическую платформу для применения и, при необходимости, модификации современных математических технологий. Методическим аспектам этой задачи и посвящена настоящая статья.

2. Генезис неопределенности. В рамках гипотезы эффективного рынка (Efficiency Market Hypothesis, ЕМН) предполагается, что инвесторы ведут себя рационально, т. е. склонны принимать торговые решения исходя из общепринятых вероятностных представлений об ожидаемых изменениях состояния того или иного рынка [13, 19]. К сожалению, применение этой гипотезы на практике показало ее несостоятельность. Причина достаточно очевидна — уровень и природа неопределенности, лежащей на пути эффективного прогноза, оказываются значительно выше и сложнее, чем те ограничения, в рамках которых реализуются традиционные методы торгового анализа.

Рассмотрим перечень причин, порождающих указанную неопределенность, в виде набора проблем, стоящих перед финансовым аналитиком, специализирующимся на прогнозе состояния рынка.

Проблема динамической неопределенности. Данная проблема возникает при формировании оценки и прогноза развития состояния торговой ситуации. Объектом исследований для фундаментального и технического анализа является реализация случайного процесса. Наличие неопределенности в динамике ценообразования составляет главную проблему для анализа торговой ситуации, проводимого в интересах формирования эффективного управления торговыми операциями. Подробнее данный вопрос рассмотрен в [11].

Проблема статистической неопределенности. На текущее состояние и отдельного актива, и всего рынка влияет огромное множество факторов различной природы. Число значимых факторов — экономических, политических, психологических, социологических и т. п. — может достигать сотен и тысяч. При этом указанные факторы сами представляют собой реализации случайных процессов, значимость влияния которых может существенно изменяться во времени.

Стремление использовать аппарат вероятностного моделирования и статистического анализа данных привело к моделям статистической динамики котировок, основанных на гипотезе IID (независимость и идентичность распределения) рыночной прибыли [18]. Данная гипотеза базируется на ряде допущений о природе финансового рынка и позволяет обосновать нормальное распределение изменений котировок с устойчивым средним и ограниченными дисперсиями. В простейшем случае данная схема выливается в схему марковских случайных блужданий, предполагающую достаточность текущих наблюдений для торгового прогноза. Проблема статистической неопределенности состоит в том, что вероятностная структура реальных данных существенно неадекватна совокупности ограничений, допускающих применимость или эффективность традиционных статистических алгоритмов обработки.

Проблема хаотической неопределенности. В середине XX века в основополагающих трудах Е. Лоренца [20], Г. Хакена [16] и И. Пригожина [12] были заложены основы новой синергетической парадигмы, описывающей возникновение хаотических явлений в динамике открытых нелинейных систем, описываемых системами детерминированных дифференциальных уравнений. В соответствии с общей теорией нелинейных дифференциальных уравнений их решение содержит так называемые точки бифуркации, в которых динамическая система

является параметрически неустойчивой. При этом даже крайне незначительное возмущение, приложенное в момент прохождения системой точки бифуркации, может радикально изменить дальнейшее решение. С экономической точки зрения точки бифуркации представляют собой моменты параметрической неустойчивости, когда даже небольшое внешнее влияние или внутренние изменения могут катастрофически изменить динамику развития рынка.

Проблема многомерности и многосвязности. Проблема многомерности достаточно очевидна: на состояние рынка, как уже отмечалось, воздействует множество факторов самой различной природы (экономические, политические, социальные, управленческие и т. д.). Чем больше факторов мы можем учесть, тем, теоретически, точнее модель эволюции состояния рынка, тем достовернее прогноз и рациональнее торговое решение. Однако, учет каждого фактора предполагает выявление его уровня значимости (который может меняться на интервале прогноза), параметрическую идентификацию динамики эволюции самого фактора и функции его влияния на состояние рынка. Иными словами, необходим комплексный мониторинг всей среды взаимодействия рынка, а это означает необходимость отслеживания сотен и тысяч значимых и взаимосвязанных факторов влияния.

Проблема психологии рынка. Классическая модель эффективного рынка основана на гипотезе рационального инвестора, оперирующего данными в соответствии с общими представлениями о здравом смысле и приоритетах устойчивости торговых операций [13, 19]. К сожалению, ни индивидуальная психология отдельного инвестора, ни социальная психология отдельных групп инвесторов и биржевых игроков во многих ситуациях не вписываются в эти модели.

Проблемы ограниченности восприятия. Окончательные решения в области торгового анализа, как правило, принадлежат человеку. Вместе с тем специфика организации человеческого мышления в области количественного анализа позволяет корректно учитывать крайне незначительное число факторов влияния (в лучшем случае два-три). Человеческое сознание в принципе ограничено трехмерным представлением реальности, в то время как требования к корректному учету возмущающих воздействий предполагают оперирование с пространствами состояний размерностью в сотни и тысячи единиц. Таким образом, задача в принципе выходит из-под количественного контроля эксперта, аналитика или инвестора. Естественным выходом из создавшегося положения является агрегирование данных до размерностей, допускающих визуализацию контролируемых процессов. Однако лю-

бое агрегирование, любое сжатие неизбежно приводит к частичной потере информации.

Проблема многокритериальности. Торговое решение, как правило, принимают исходя из анализа двух и более критериев определения качества. В простейшем случае в роли таких критериев выступают противоречивые требования максимизация прибыли и минимизация риска.

Проблема качества исходных данных. Наличие результатов мониторинга состояния рынка и торговой среды является необходимым, но далеко не достаточным условием для формирования эффективных решений. Дело в том, что результаты мониторинга могут либо не содержать сведений (даже косвенных), необходимых для подготовки качественной прогностической оценки состояния рынка, либо отображать их недостаточно корректно. Причины данного несоответствия можно грубо разделить на две части:

1) причины, обусловленные неполнотой или техническим несовершенством мониторинга;

2) причины, обусловленные человеческим фактором.

Проблемы интеграции разнородных методов торгового анализа. В настоящее время отсутствуют эффективные методики, позволяющие корректно, на высоком уровне формализации объединять положительные результаты, получаемые на основе различных технологий анализа состояния рынка (фундаментального, технического, методов эконометрики и т. п.).

Проблема интерпретации. Данная проблема является комплексной, она содержится в явном или неявном виде в целом ряде вышеприведенных проблем (в проблемах качества исходных данных, многокритериальности, ограниченности восприятия, психологии рынка и др.). Тем не менее она достойна для выделения в самостоятельную область исследований. По-видимому, данный вопрос не имеет однозначного решения при использовании традиционных схем анализа данных и требует подключения новейших информационных технологий. К ним, в частности, можно отнести технологии искусственного интеллекта (Artificial Intelligence, AI), включая задачи формирования баз знаний, методы психологического анализа игровых задач для индивидуальных и групповых схем выработки решений и т. п.

Перечисленные проблемы в интегрированном виде, отвечающем реальным процессам динамики объектов анализа, создают комплекс условий, существенно затрудняющий выработку эффективных торговых решений. В связи с этим возникает крайне важная задача строгой

формализованной постановки, позволяющей на ее основе создавать конструктивные методы оперативного исследования торговой ситуации, прогноза ее развития и выработки эффективных управляющих решений. Этому вопросу посвящены последующие подразделы настоящей статьи.

3. Моделирование процессов изменения состояния рынка на основе концепции пространства состояний. Рассмотрим модель объекта анализа (рынка), как алгебраическую структуру $S = \{u, x, y\}$. Здесь текущее состояние рынка описывается вектором $x_{\langle 1:m \rangle} = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$, входные воздействия (в том числе управления и возмущения) — вектором $u_{\langle 1:c \rangle} = (u_1, u_1, \dots, u_c)^T$, выходные — вектором $y_{\langle 1:d \rangle} = (y_1, y_1, \dots, y_d)^T$. Объект анализа погружен в некоторую среду погружения M (*media*), с которой он находится в непрерывном или дискретном взаимодействии. В общем случае данная среда является активной, неоднородной и нестационарной. Простейшая кибернетическая модель среды погружения представляет собой объект, допускающий описание, аналогичное приведенному выше, т. е. $M = \{u_m, x_m, y_m\}$. При этом понятия входных и выходных процессов среды M рассматриваются с точки зрения ее взаимодействия с объектом анализа, как это показано на рисунке.



Взаимодействие объекта анализа со средой взаимодействия

В общем случае для полного описания состояния и входных воздействий объекта анализа и среды погружения требуются бесконечномерные векторы. Однако в практике задач наблюдения и управления всегда используются векторы конечной размерности, что приводит к возникновению неопределенности в описании торговой ситуации и ее эволюции. Неучтенные факторы

$$V_{(1:\infty)} = \{x_{m+1}, \dots, \infty, u_{n+1}, \dots, \infty\} = \{v_1, v_2, \dots, \infty\}$$

разбиваются на три категории:

1) известные факторы $v1$, непосредственно влияющие на состояние объекта анализа, но не учитываемые в модели взаимодействия, исходя из априорных представлений аналитика об их малом влиянии на качество решаемых ею задач;

2) факторы $v2$, косвенно влияющие на объект анализа через среду, с которой этот объект взаимодействует и не учтенные в модели в силу отсутствия априорных представлений об их значимости и характере влияния;

3) факторы $v3$, не известные составителю модели торговой ситуации.

В соответствии с принципом детерминизма Лапласа при точном учете всех существующих факторов не остается места для какой-либо неопределенности. Однако в силу принципиальной невозможности учесть бесконечное число таких факторов, а также в силу неполной информированности составителя модели неопределенность всегда сохраняется, и для ее описания, как уже отмечалось, используются главным образом вероятностно-статистические методы анализа.

Сделаем два замечания:

1) в задачах, связанных с описаниями торговых ситуаций неметрического характера, иногда пользуются методологией анализа, основанной на теории нечетких множеств (*fuzzy sets*) [4];

2) как уже отмечалось, генезис неопределенности расширяется не только из-за недостаточной информированности разработчика модели, но и в существенной степени в результате неустойчивости нелинейных динамических систем в так называемых точках бифуркаций интегральных кривых [12, 16].

Рассмотренная выше модель объекта анализа может быть полезна с точки зрения исследования его взаимодействия со средой погружения. Однако в контексте функционального управления торговыми операциями объект анализа представляет собой динамическую систему, состояние которой непрерывно изменяется во времени. В связи с этим

эффективное управление активами возможно лишь при использовании динамических моделей торговой ситуации, отражающих совместную эволюцию состояния объекта анализа и среды погружения. Математическое описание, в соответствие с которым эволюция состояния объекта анализа $x_{<1:m>}$, в общем случае определяется нелинейным дифференциальным уравнением вида [2]:

$$\dot{x}(t) = \varphi\{x(t), w(t)\} \quad (1)$$

или, при наличии опорных значений $x_0(t)$, отвечающих номинальным или среднестатистическим значениям состояния, линеаризованной моделью эволюции вида:

$$\dot{x}(t) = F(t)x(t) + G(t)w(t) \quad (2)$$

где $F(t)$, $G(t)$ — известные матрицы размера $\langle m : n \rangle$; $w(t)$ — вектор шумов системы, определяемый влиянием множества неизвестных или неточно известных факторов, воздействующих на объекта анализа и приводящих к ошибкам моделирования.

Типичными (хотя и не всегда верными) предположениями относительно вероятностной природы $w(t)$, является утверждение об их гауссовости, стационарности и независимости [2, 6], т. е.

$$w_k \in N[0; \Sigma_k \delta_{kj}],$$

где Σ — корреляционная матрица шумов системы, δ_{kj} — функция, равная 1 при $k = j$ и равная 0 в остальных случаях.

Исходными данными для управления активами служат наблюдения (в том числе и долговременные) за параметрами торговой ситуации в процессе ее функционирования, развития и взаимодействия со средой погружения. В качестве простейшей модели наблюдений (как правило, дискретной) обычно используется схема прямых наблюдений

$$z_k = x_k + v_k$$

или линеаризованное отображение косвенных наблюдений

$$z_k = H_k x_k + v_k$$

где v_k — погрешность наблюдений.

В соответствии со спецификой технического анализа основными исходными данными для формирования торговых решений являются данные мониторинга и массивы ретроспективных наблюдений за состояниями объекта анализа и средой погружения M .

Как правило, управление рыночными активами выдвигает перед инвесторами и трейдерами вопросы оценки не одномоментного состо-

нения объекта анализа, а задачу комплексного освещения динамической торговой ситуации, отражающей поведенческие аспекты объекта анализа и торговой среды на заданном интервале времени $(t-T, t)$, где t — текущее время. При этом в зависимости от расположения изучаемого временного интервала относительно текущего момента времени t различают задачи ситуационного, прогностического или ретроспективного анализа.

Заметим, что качество анализа данных в соответствии с общими принципами системной квалиметрии [3, 9] следует определять исходя из требований иерархически вышестоящей системы, в интересах которой он применяется — *системы подготовки принятия решений* (СППР, DSS, decision support system). Основной задачей при формировании торгового решения d (или при выборе торгового решения d из множества допустимых торговых решений D) является достижение наибольшего экономического эффекта. Пусть указанный эффект измеряется с помощью некоторого количественного показателя качества $Q(d)$. В общем случае данный показатель носит вероятностный характер. В частности, в роли показателя качества можно использовать эффективность торговых решений, характеризуемая вероятностью выполнения априорно поставленных торговых задач.

Нетрудно предположить, что качество принимаемых торговых решений непосредственно зависит от значений частных показателей качества вскрытия анализируемой торговой ситуации (q_1, q_2, \dots, q_s) . В некоторых случаях допускается искать условно-оптимальное торговое решение, обеспечивающее достижение экстремального значения лишь одного из этих показателей, принятого за главный. При этом поиск экстремума осуществляется в области допустимых значений, определяемой совокупностью априорных ограничений, накладываемых на оставшиеся показатели. Например, требуется максимизировать уровень получаемой прибыли $q_1 = \max$ при условии, что торговые расходы не превысят допустимого уровня затрат $q_2 < q_2^*$, а торговый риск не превышал бы некоторого критического значения $q_3 < q_3^*$.

В ряде случаев задача формирования торгового решения может решаться при более мягких условиях. Например, когда по условию задачи требуется обеспечить результат в вероятностном смысле (вероятность того, что торговые затраты будут не больше допустимых $P\{q_2 > q_2^*\} > P^*$ с уровнем доверия α). Соответствующие вероятности

обычно рассчитать достаточно сложно. В связи с этим пользуются числовыми характеристиками, в частности, осуществляют расчеты «в среднем», используя статистические оценки математического ожидания. Например, осуществляется поиск торгового решения, при котором средняя величина риска возникновения скачкообразных изменений стоимости актива не превышала бы некоторого порогового значения q_3^* , т. е. $E\{q_3\} < q_3^*$ с уровнем доверия α , где $E\{\cdot\}$ — символ математического ожидания.

Следует заметить, что сформулированная выше постановка задачи оценки результативности применения анализа торговой ситуации в задачах управления операциями с активами носит достаточно общий характер и может характеризовать эффективность торговых решений в целом. Однако торговое решение отдельных задач анализа торговых ситуаций требует более подробной детализации. Рассмотрим некоторые из них.

Выявление значимых факторов влияния. Рассмотрим случай, когда торговая ситуация описывается решением системы дифференциальных уравнений (1, 2). Предположим, что существует конечное число известных возмущающих факторов $v_{<1:r>} = \{v_1, v_2, \dots, v_r\}^T$, по тем или иным соображениям ранее не учитываемым в модели (неучтенные возмущения первого и второго типов). Рассмотрим расширенный вектор состояния объекта анализа $x_e = \{x_1, x_2, \dots, x_m, v_1, v_2, \dots, v_r\}^T$, и отвечающую ему фундаментальную матрицу блочного вида

$$\tilde{F}(t) = \begin{pmatrix} F(t) & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & F_v(t) \end{pmatrix}$$

В этом случае неоднородное стохастическое уравнение состояния будет иметь вид

$$\dot{x}_e(t) = \tilde{F}(t)x_e(t) + \tilde{G}(t)w_e(t) \quad (3)$$

где $w_e(t)$ — расширенный вектор шумов системы, а $\tilde{G}(t)$ — отвечающая ему градиентная матрица.

В результате раздельного решения уравнений (2) и (3) торговая ситуация будет описываться двумя решениями (интегральными кривыми): $x(t)$ и $x_e(t)$. Далее, вводится некоторая метрика $\mu\{x(t), x_e(t)\}$, описывающая расстояние между двумя торговыми решениями. Если значение этой метрики оказывается меньше критического μ^* , т. е.

$\mu\{x(t), x_e(t)\} < \mu^*$, то совокупность дополнительных факторов $v_{<l;r>}$ является малозначимой для изучаемой торговой ситуации и ей можно пренебречь. В противном случае требуются дополнительные исследования, уточняющие какие именно факторы являются значимыми и какова степень их влияния на контролируемую ситуацию. При этом в качестве математического аппарата такого анализа можно использовать многофакторный дисперсионный анализ [14].

Выявление скрытых закономерностей. Предположим, что методами корреляционного или дисперсионного анализа удастся выявить факторы, влияющие на развитие изучаемой торговой ситуации. При этом возникает вопрос о характере их влияния.

Данная задача сводится к определению зависимости $x = f(\delta, t)$, где $\delta_{<l;r>} = \{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_g\}^T$ — вектор параметров, определяющих форму кривой f . При этом требуется подобрать оценку вектора $\hat{\delta}$ так, чтобы результирующий процесс изменения состояния объекта анализа $x(t)$, входящий в описание торговой ситуации, в наибольшей степени соответствовал совокупности наблюдений

$$\{z\}: \mu\{x(t), \hat{\delta}, H(t)z(t) | t \in (t, t-T)\} \rightarrow \min$$

В частности, для квадратической функции потерь, задача сводится к отысканию совокупности $\{\hat{\delta}\}$, такой, что $\int_{t-T}^t [x(t, \hat{\delta}) - H(t)z(t)]^2 = \min$.

В общем случае задача решается методами регрессионного анализа. Непараметрическая форма задания зависимости $x = f(\delta, t)$ осуществляется на основе выбора из некоторой априорной совокупности возможных кривых. При неудачном выборе, когда даже минимальное значение метрики μ оказывается не удовлетворительным с точки зрения решаемой задачи, переходят к другой форме аппроксимирующей регрессионной кривой и решение задачи параметрической подгонки осуществляется еще раз.

В частности, приведенная задача выявления скрытых закономерностей может быть весьма эффективно решена на основе сочетания статистического регрессионного анализа и метода эволюционного моделирования [15].

Выявление скрытых связей. В ряде случаев крайне полезной может оказаться информация о взаимосвязи тех или иных параметров состояния объекта анализа (или параметров состояния объекта анализа

и среды взаимодействия). Выявление таких связей обычно осуществляется методами проверки статистической гипотезы о значимости величины оценки коэффициента корреляции r между такими параметрами. При этом в качестве оценки коэффициента корреляции используется статистика

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - \bar{x}_1)^2 \sum_{i=1}^n (x_{2i} - \bar{x}_2)^2}}$$

Гипотеза H_0 : $r = 0$ отвергается на уровне значимости α , если

$$(n-2)^2 / (1-r^2) \geq [t_{(n-2)}(1-\alpha/2)]^2,$$

где $t_{(n-2)}(1-\alpha/2)$ — $(1-\alpha/2) \cdot 100$ — % -ая точка t -распределения Стьюдента с $(k-2)$ степенями свободы.

Однако в ряде случаев данная связь может проявляться не во всех торговых ситуациях, что может привести к ошибкам, имеющим существенные негативные последствия.

Прогнозирование развития нестационарных торговых ситуаций. Решение проблемы прогнозирования развития торговых ситуаций является первостепенной в процессе подготовки проектов торговых решений. Однако большинство существующих количественных методов прогностики ориентировано на стационарные ситуации, когда вероятностная структура контролируемых процессов остается неизменной на интервале предсказания. В частности, в последнее время широкое применение нашли алгоритмы прогноза развития торговых ситуаций, основанные на различных моделях временных рядов. В качестве примера можно привести модель *авторегрессии—скользящего среднего* $APCC(p, q)$ (или, используя английскую аббревиатуру, $ARMA(p, q)$) вида

$$v_k = \sum_{i=1}^p a_i v_{k-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{k-j} + \varepsilon_k$$

где $\{\varepsilon_k\}$ — последовательность независимых, нормально распределенных случайных величин с параметрами $(0, \sigma_\varepsilon^2)$; $\{a_1, a_2, \dots, a_p\}$ — авторегрессионные параметры; $\{b_1, b_2, \dots, b_q\}$ — параметры скользящего среднего [1].

Обобщение данной модели — процесс интегрированной АРСС (АРИСС) позволяет учитывать нестационарность развития торговой ситуации, обусловленную медленно изменяющимися факторами влия-

ния, т. е. гладкими (полиномиальными) изменениями среднего.

Приведенная формализованная постановка позволяет осуществить строгие аналитические исследования динамики изменения состояния объекта анализа и среды взаимодействия. Однако применение вышеприведенной схемы к задаче выработки торговых решений требует строгой формализации понятия качества управления и критериев его оценки.

4. Элементы теории статистического синтеза торговых решений. Традиционный подход. Как уже отмечалось, характерной чертой любых открытых систем, в том числе и систем управления торговыми операциями, является наличие случайных входных воздействий. Задача состоит в том, чтобы в указанных условиях сформировать эффективное торговое решение. Процесс формирования эффективных решений (*статистический синтез*) на основе имеющейся информации сводится к поиску управления, обеспечивающих экстремальное значение выбранного показателя качества. Указанный экстремум, как правило, является условным и связан с некоторой совокупностью априорных ограничений, определяемых выбранной моделью реальной торговой ситуации.

В качестве основного подхода к задаче статистического синтеза информационных решений используется теория *статистических решений* [Брайсон, Ли]. Указанная теория дает естественный язык, на котором можно формировать задачи синтеза управляющих решений. Общая теория статистических решений не связана с конкретным видом задач и обеспечивает нахождение оптимальных стратегий, определяющих как структуру синтезируемых систем, так и наилучшее значение их параметров. Однако ее использование в задачах управления торговыми активами и анализа торговых ситуаций имеет свои особенности, связанные с экономической спецификой структуры информационного поля. Задача состоит в том, чтобы, исходя из общей теории статистических решений, сформировать прикладную методологию анализа торговых процессов.

Основным понятием в теории синтеза статистических решений, как и в теории вероятностей в целом, является вероятностная *структура* $\{\Omega, F, P\}$, где Ω — пространство наблюдений (выборочное пространство), F — пространство событий, или семейство подмножеств, замкнутых относительно операций дополнения, пересечения и объединения (т. е. образующих σ -алгебру событий), и P — семейство вероятностных мер (распределений), заданных на F [5]. Определение количественных или качественных характеристик этой меры служит

основанием для принятия конкретных статистических решений.

С точки зрения формирования конкретной системы анализа торговой ситуации, результатом статистического синтеза должно служить торговое решение, базирующееся на статистической оценке ситуации и характеризуемой некоторым векторным параметром θ из пространства параметров Θ . Параметрический подход к заданию статистической структуры торговой ситуации нашел широкое применение в задачах анализа и синтеза управляющих решений.

Формирование решений путем статистического синтеза связано с заданием статистической модели состояния торговой ситуации (например, x_1, x_2, \dots, x_n — независимые одинаково распределенные случайные величины с общей плотностью $f(x, \theta)$, $x \in R^1$, $\theta \in \Theta \subset R^m$, где R^m — m -мерное вещественное евклидово пространство) и пространства решений D . Предполагается, что информация о θ нужна для выбора торгового решения d из указанного заранее множества решений D . В общем случае d — это результат той или иной процедуры торгового анализа, включающего в себя формализованную обработку данных и интерпретацию полученных результатов.

На практике торговое решение d формируется исходя из значений вектора оценки торговой ситуации $\hat{\theta}$. Данная оценка реализуется путем статистической обработки вектора наблюдений $z = (z_1, z_2, \dots, z_N)$. Торговой стратегией (*решающей функцией*) называется отображение $S: Z^N \rightarrow D$, т. е. правило, по которому в рамках данной статистической модели набору наблюдений торговой ситуации z_1, z_2, \dots, z_N соответствует торговое решение $d \in D$. Таким образом, стратегия, по существу, представляет собой процедуру анализа и обработки наблюдений вместе с правилом интерпретации результата.

Фундаментальной задачей статистического синтеза торговых решений является выбор стратегии, которая была бы оптимальна относительно некоторой конкретной меры качества. Такой выбор требует введения в класс всех стратегий отношения порядка «больше — меньше», «лучше — хуже». Стратегию S называют *допустимой*, если она обеспечивает получение торговых решений, отвечающих заданному классу ограничений. Стратегия S является оптимальной в заданном классе стратегий $\{S\}$, если она, с учетом имеющихся ограничений, превосходит по выбранной мере качества любую другую стратегию.

гию из этого класса.

Самый распространенный способ упорядочения множества стратегий требует задания *функции потерь* $w(\theta, d)$, осуществляющей отображение $\Theta \times D \rightarrow R^+$, где R^+ — положительная полуось вещественной оси R , имеющая смысл ущерба от принятия торгового решения d на основе оценки $\hat{\theta}$ в условиях, когда истинное состояние торговой среды описывается векторным параметром θ .

В задачах оценивания в качестве функции потерь часто используют *полный квадрат ошибки*

$$w(\theta, \hat{\theta}_n) = (\hat{\theta}_n - \theta)^2, \quad (4)$$

т. е. квадрат евклидова расстояния между $\hat{\theta}_n$ и θ . Иногда (4) усложняют и рассматривают $w(\theta, \hat{\theta}_n) = \lambda(\theta)(\hat{\theta}_n - \theta)^2$, где $\lambda(\theta)$ выбирается из условия конкретной задачи.

Каждой торговой стратегии S ставится в соответствие средний ущерб, или риск $R_S(\theta) = E\{w(\theta, d)\}$, где $E\{\cdot\}$ — символ математического ожидания. В случае точечного оценивания вектора состояния торговой ситуации θ по независимой выборке наблюдений z_1, z_2, \dots, z_N с плотностью распределения $f(z, \theta)$, средний ущерб от выбранного торгового решения будет иметь вид

$$R_S(\theta) = \int \dots \int_{R^n} w(\theta, \hat{\theta}_n(z_1, \dots, z_n)) \prod_{i=1}^N f(z_i, \theta) dz_0.$$

Для (4) риск называется *средним квадратом ошибки* и имеет вид

$$R_S(\theta) = E\{(\hat{\theta}_n - \theta)^2\} = D\{\hat{\theta}_n\} + (E\{\hat{\theta}_n\} - \theta)^2,$$

где $D\{\hat{\theta}_n\}$ — дисперсия $\hat{\theta}_n$.

В задачах параметрического синтеза $\hat{\theta}_n$ часто ограничивается классом асимптотически несмещенных, асимптотически нормальных оценок, т. е. стратегия S , приводящая к такой оценке, для которой при $n \rightarrow \infty$ для любых x

$$P\{\sqrt{n}[\hat{\theta}_n(x_1, x_2, \dots, x_n) - \theta] < x\} \rightarrow \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) dx = N(\theta, \sigma^2).$$

Торговый риск здесь связан с вероятностным рассеянием $\hat{\theta}_n$ около истинного значения θ . Для нормального закона существует естественная мера рассеяния — дисперсия. Отсюда важной характеристикой

ей торгового риска в теоретическом анализе допустимых решений является дисперсия $\lim_{n \rightarrow \infty} E\{\hat{\theta}_n - \theta\} = \lim_{n \rightarrow \infty} D\{\hat{\theta}_n\} = \sigma^2$. При других функциях распределения и ограниченных выборках наблюдений естественной общей меры рассеяния не существует, и выбор приходится осуществлять, сообразуясь с условиями конкретной задачи.

Риск $R_s(\theta)$ так задает в множестве стратегий частичное упорядочение, что

$$S_1 \geq S_2 \Leftrightarrow R_{S_1}(\theta) \leq R_{S_2}(\theta) \quad \text{для } \forall \theta \in \Theta.$$

Как правило, кривые $R_{S_1}(\theta)$ и $R_{S_2}(\theta)$ оказываются непересекающимися и, значит, соответствующие стратегии в целом несравнимы. Лишь в очень редких случаях можно рассчитывать на существование в данном классе кривой, лежащей равномерно, при $\forall \theta \in \Theta$, ниже всех остальных и соответствующей тем самым оптимальной стратегии.

Рассмотрим теперь особый случай, когда, по существу задачи, параметр θ сам есть случайная величина. Статистическая модель здесь имеет следующий вид: дан случайный вектор $(\theta, x_1, \dots, x_n)$ с $(n+1)$ -мерной плотностью распределения $\rho(\theta, x_1, \dots, x_n)$. В результате эксперимента получена одна реализация этого вектора, в которой компоненты x_1, \dots, x_n являются наблюдаемыми, а θ — ненаблюдаемой. Требуется дать оценку значения θ на основе значений x_1, \dots, x_n . Очевидно, плотность распределения θ можно записать в виде

$$h(\theta) = \frac{\rho(\theta, z_1, \dots, z_N)}{f(z_1, \dots, z_N | \theta)} = \frac{\rho(\theta, z_1, \dots, z_N)}{\int_{-\infty}^{+\infty} \rho(\theta, z_1, \dots, z_n)}$$

В качестве оценки могут выступать различные числовые характеристики распределения: математическое ожидание, мода, медиана и т. п.

Часто задача рассматривается в упрощенной постановке, когда измерения z_1, z_2, \dots, z_N — независимые одинаково распределенные случайные величины с общей плотностью $f(x, \theta)$, а θ — независимая от них случайная величина с плотностью $g(\theta)$, так что

$$\rho(\theta, z_1, \dots, z_N) = g(\theta) \prod_{i=1}^N f(z_i, \theta).$$

Функцию $g(\theta)$ называют априорной, $h(\theta)$ — апостериорной плотностью величины θ . Данную особую форму постановки задач

математической статистики называют *байесовской*. Она обладает многими положительными чертами, поскольку позволяет учитывать с помощью распределения $g(\theta)$ ту априорную информацию о неизвестном параметре, которая всегда в той или иной форме имеется у наблюдателя.

5. Формализованная постановка задачи анализа состояния рынка. Принятие торговых решений в соответствии с общей теорией статистических решений представляет собой процедуру выбора решения d из пространства D на основе результатов наблюдений за состоянием интересующей нас торговой ситуации, описываемой параметрами θ из пространства Θ . В реальной обстановке векторный параметр θ часто не может наблюдаться непосредственно, и суждение о нем выносится на основе технически доступных наблюдений z , функционально связанных с θ . Иными словами в распоряжении инвестора или трейдера обычно имеются лишь косвенные наблюдения, функционально связанные с исследуемой торговой ситуацией.

В качестве примера рассмотрим идентификацию и прогнозирование фазовой траектории состояния актива в визуализируемой системе координат «прибыль Π — риск R — время T » по данным наблюдений. Торговая ситуация параметрически описывается соответствующими оценками указанных параметров $\theta = (\dot{I}, R, T)$. В некоторых случаях, в частности, для формирования прогнозов изменения торговой ситуации, в число оцениваемых параметров включают оценки скорости и ускорения изменения ожидаемой прибыли и меры риска. Тогда вектор оцениваемых параметров фазовой траектории на момент времени $t = T$ будет иметь вид

$$\theta = (\dot{I}, \dot{I}', \dot{I}'', R, R', R'', T).$$

Однако непосредственно измерить эти значения (кроме времени) нельзя, наблюдения z в этом случае представляют собой измерения каких-то иных эконометрических, политических, социальных и других параметров, совокупность которых определяет динамику ожидаемой прибыли и риска.

Воздействие возмущений, оказываемых средой взаимодействия на любую реальную торговую ситуацию, приводит к тому, что имеющиеся наблюдения практически всегда содержат, как уже отмечено, вероятностную составляющую. При этом связь наблюдений z с вектором параметров может быть задана с помощью некоторого, в общем случае нелинейного оператора \hat{O} : $z = \hat{O}(\theta, \xi)$, $z \in Z$, $\theta \in \Theta$.

Выбор торгового решения $d \in D$ осуществляется на основе наблюдений $z \in Z$ и априорной информации, имеющейся в распоряжении инвестора. Таким образом, процедуру принятия торгового решения, формирование которой является основным предметом статистического синтеза, можно записать в виде оператора S : $d = S(z | \theta, \xi)$.

В идеальном случае оператор S выполняет функцию обращения Φ . Причем качество реализации этого обращения в значительной степени зависит от наличия и достоверности априорной информации. Недостатком того или иного объема достоверной априорной и текущей информации о торговой ситуации задается уровень неопределенности, при которой принимается торговое решение.

Наиболее полным уровнем априорной информации является вероятностное описание пространств Z и Θ с помощью априорного распределения $h(\theta)$ и семейства распределений $f(z | \theta)$ для всех $\theta \in \Theta$. В этом случае торговое решение выбирается в соответствии с *байесовским упорядочением стратегий*:

$$S_1 \geq S_2 \Leftrightarrow R_{S_1}(\theta) \leq R_{S_2}(\theta) \quad \text{для } \forall \theta \in \Theta,$$

причем правило предпочтения строится на основе байесовского риска

$$R_S = R_S(f, g) = \int_{\Theta} R_S(\theta, f) g(\theta) d\theta = \int_{\Theta} g(\theta) \int_{R^n} W(\theta, \hat{\theta}_n(z_1, \dots, z_n)) \prod_{i=1}^n f(z_i, \theta) dz_i.$$

Подобный подход обеспечивает наиболее эффективное торговое решение. Однако в большинстве практических ситуаций априорной информации недостаточно для задания $h(\theta)$. Тогда переходят к стратегиям, не использующим информацию об $h(\theta)$, т. е. способным обеспечить рациональное торговое решение в условиях более высокого уровня априорной неопределенности.

В качестве известного подхода к поиску решений при известной функции распределения наблюдений с плотностью $f(z - \theta)$ можно назвать *метод максимального правдоподобия* (ММП) [6]. Идея метода сводится к нахождению торгового решения, минимизирующего функцию правдоподобия

$$L(\theta) = \prod_{i=1}^n f(z_i - \theta), \tag{5}$$

где $z_i, i = 1, \dots, n$, — наблюдения, полученные путем измерений.

Известно [7, 14], что такое решение является наилучшим с точки зрения минимизации дисперсии оценки и отыскивается путем численного решения системы *уравнений правдоподобия*

$$\nabla\{L(\theta) = 0, \quad (6)$$

где ∇ — градиент функции правдоподобия L по θ .

В некоторых случаях торговое решение на основе (6) может быть получено в явном виде. В качестве примера рассмотрим описанную в этой главе схему определения параметров фазовой траектории «прибыль — риск — время» по данным наблюдений z , связанных с ними линейной моделью вида

$$z = A\theta + \xi,$$

где A — градиентная матрица, ξ — вектор аддитивных погрешностей наблюдений.

Предположим, что значения ξ подчинены центрированному нормальному закону распределения с дисперсией σ^2 . Тогда, в соответствии с (5), искомое торговое решение $d = d(z, \theta)$ будет представлять собой аргумент, минимизирующий значение функционала

$$J = \sum_{i=1}^n (z_i - A\theta)^2 \quad (7)$$

Построение статистических оценок, обеспечивающих минимум выражения (7), основано на известном *методе наименьших квадратов* (МНК) [2, 6, 7]. При этом выражение (6) образует так называемую *систему нормальных уравнений*, решение которой приводит к явному выражению для МНК оценки, минимизирующей (7):

$$\hat{\theta} = (A^T A)^{-1} A^T z. \quad (8)$$

В ситуациях, когда измерения являются неравноточными с дисперсиями $\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2$, в выражение (8) входит диагональная весовая матрица

$$R^{-1} = \text{diag}(\sigma_1^{-2}, \dots, \sigma_n^{-2}): \hat{\theta} = (A^T R^{-1} A)^{-1} A^T R^{-1} z.$$

В некоторых случаях при определении параметров фазовых траекторий имеет место не линейная, а лишь линеаризованная зависимость между измерениями и оцениваемыми параметрами. В результате оценка находится итерационно:

$$\hat{\theta}_i = \hat{\theta}_{i-1} + \Delta\hat{\theta}_i,$$

причем в качестве исходных данных выступают невязки dz между данными, соответствующими опорной фазовой траектории, получен-

ной в результате прогнозирования (экстраполяции), и реальными данными, полученными в результате оперативного мониторинга ситуации. При этом оценивается не сам вектор θ , а вектор поправок к начальному приближению

$$\Delta\hat{\theta} = (A^T R^{-1} A)^{-1} A^T R^{-1} dz.$$

Естественно полагать, что чем больше достоверной априорной информации о торговой ситуации используется процедурой анализа данных, тем выше качество найденного торгового решения. В этом смысле байесовские оценки и оценки по ММП являются наилучшими. Однако это справедливо лишь при наличии *достоверной* априорной информации о распределении вектора состояния объекта анализа и статистических характеристиках среды взаимодействия. Даже при незначительных отклонениях реальных характеристик от ошибочно принятой исходной модели их эффективность может существенно снизиться, т. е. указанные оценки могут оказаться *статистически неустойчивыми*, что неизбежно скажется на достоверности анализа торговой ситуации и в конечном счете существенно снизит эффективность формируемых торговых решений.

На практике требования к априорному знанию распределения $f(z|\theta)$ во многих случаях, связанных с мониторингом торговых ситуаций, являются невыполнимыми. При этом задача формирования торгового решения переходит к следующему, более высокому уровню неопределенности в предположении $h(\theta)$ и $f(z|\theta)$ неизвестными. В этом случае естественным выбором математической платформы торгового анализа является методология непараметрической статистики, которая практически не использует априорную информацию. Считаются известными лишь различия между конкурирующими гипотезами о распределениях. Достаточно очевидно, что практически полный отказ от использования априорной информации, характерный для непараметрических методов синтеза, может привести к существенному снижению качества соответствующих процедур анализа торговых ситуаций. В связи с этим возникает стремление к построению компромиссных методов статистического синтеза, способных без существенного снижения эффективности принимаемых решений устойчиво функционировать в условиях априорной неопределенности относительно вероятностных характеристик данных, получаемых при мониторинге торговых ситуаций.

Один из путей реализации такого направления основан на применении *адаптивных методов*, позволяющих перестраивать структуру

процедуры анализа и системы формирования торговых решений или подбирать их числовые параметры в соответствии с изменениями, происходящими в среде погружения и в самом объекте анализа. Однако при использовании адаптивных алгоритмов всегда необходимо учитывать, что их применение предполагает наличие известной структурной, информационной или временной избыточности, что не всегда допустимо в реальных ситуациях. В частности, наличие хаотической компоненты в динамике котировок рыночных активов приводит к тому, что задержки, связанные с оценкой изменений в структуре данных, существенно увеличивают число ошибочных торговых решений. Кроме того, большинство адаптивных процедур анализа носит эмпирический характер, что существенно затрудняет определение области их допустимости.

В качестве альтернативы к адаптивному подходу следует указать на робастные методы статистического синтеза решений, обладающие повышенной устойчивостью к нарушениям адекватности между априорной вероятностной моделью наблюдений и их реальными свойствами [8, 17]. Робастные (или статистически устойчивые) методы позволяют синтезировать системы анализа ситуаций и подготовки решений в некотором диапазоне изменений возмущающих воздействий без существенного снижения показателя качества. Одно из важнейших направлений в реализации этого подхода — применение принципа минимакса, идея которого сводится к построению наилучшего торгового решения для наименее благоприятных условий. Минимаксный подход является одним из немногих методов, обеспечивающих в условиях неопределенности строгий математический результат [17]. Идея минимакса обладает высоким уровнем общности, и на ее основе могут быть получены как частные случаи анализа торговой ситуации, так и многие современные методы статистического синтеза.

6. Заключение. Настоящая статья представляет собой введение в серию математических исследований, посвященных управлению в стохастических средах с элементами хаотической динамики, и носит научно-методический характер. Некоторые из этих исследований уже были опубликованы в сборниках СПИИРАН [10, 11 и др.]. Однако общая формализованная постановка к задаче синтеза управляющих решений в задачах, связанных с торговыми операциями, в них отсутствовала, что привело к необходимости настоящей публикации.

В настоящей работе рассмотрен генезис возникновения неопределенности, существенно ограничивающей возможность получения эффективных решений при анализе динамики эволюции торговых ситуа-

ций на основе традиционных подходов. В качестве теоретической платформы для моделирования процессов изменения состояния рынка использовалась калмановская концепция пространства состояний.

Приведена формализованная постановка задачи анализа на основе теории статистических решений и предложены основные пути по повышению их устойчивости.

Литература

1. *Андерсон Т.* Введение в многомерный статистический анализ. М.: Физматгиз, 1963. 500 с.
2. *Брайсон А., Хо Ю-Ши.* Прикладная теория оптимального управления. М.: Мир, 1972. 544 с.
3. *Вознюк М.А., Мусаев А.А., Елиин А.А.* Теоретические основы квалиметрии информационных систем. СПб: Изд. Военной академии связи, 1999. 107 с.
4. *Заде Л.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. М., 1974. С. 5–48.
5. *Колмогоров А.Н.* Основные понятия теории вероятностей. М.: Наука, 1974. 119 с.
6. *Ли Р.* Оптимальные оценки, определение характеристик и управление. М.: Наука, 1966. 176 с.
7. *Линник Ю.В.* Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. М.: Физматгиз, 1958. 349 с.
8. *Макианов А.В., Мусаев А.А.* Робастные методы обработки результатов измерений. Л.: Изд. МО СССР, 1980. 144 с.
9. *Морозов Л.М., Петухов Г.Б., Сидоров В.Н.* Методологические основы теории эффективности: Учебное пособие. Л.: Изд. ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1982. 236 с.
10. *Мусаев А.А.* Quod est veritas. Трансформация взглядов на системную составляющую наблюдаемого процесса // Труды СПИИРАН. 2010. Вып. 15. С. 53–74.
11. *Мусаев А.А., Барласов И.А.* Анализ динамических характеристик состояния рынка ценных бумаг // Труды СПИИРАН. Вып. 6. 2008. С. 150–160.
12. *Николис Г., Пригожин И.* Самоорганизация в неравновесных структурах: От диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации. М.: Мир, 1979. 512 с.
13. *Петерс Э.* Хаос и порядок на рынке капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены, и изменчивость рынка. М.: Мир, 2000. 334 с.
14. *Рао С.Р.* Линейные статистические методы. М.: Наука, 1968. 548 с.
15. *Фогель Л., Оуэнс А., Уолли М.* Искусственный интеллект и эволюционное моделирование / Пер. в англ. под ред. А. Г. Ивахненко. М.: Мир, 1969. 230 с.
16. *Хакен Г.* Синергетика. Иерархии неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1985. 419 с.
17. *Хьюбер П.* Робастность в статистике. М.: Мир, 1984. 303 с.
18. *Bachelier L.* Theory of speculation // The random character of stock market prices. Cambridge: MIT Press, 1964. P. 17–78.
19. *Fama E. F.* The behavior of stock market prices // J. of Business. 1965. Vol. 38. P. 34–105.
20. *Lorenz E.N.* Deterministic nonperiodic flow // J. of the Atmospheric Sci.. 1963. Vol. 20. P. 130–141.

Барласов Илья Антонович — менеджер группы корпоративного бизнеса ЗАО «Райффайзенбанк». Область научных интересов: анализ данных, управление и прогнозирование в экономике и финансах. Число научных публикаций — 4. barlasov@yandex.ru,

www.raiffeisen.ru; Райффайзенбанк, отд. «Сенная площадь», ул. Ефимова, д. 4а, Санкт-Петербург, 198150, РФ; р.т. +7(812)334-4343, факс +7 (812)343-4145.

Barlasov Ilja Antonovich — corporative business group manager of close corporation «Raiffeisenbank». Research interests: data analysis, control and management in economics and finance. The number of publications — 4. barlasov@yandex.ru, www.raiffeisen.ru; Raiffeisenbank, dep. «Hay square», 4a, Efimova street, St. Petersburg, 198150, Russia; office phone +7(812)334-4343, fax +7(812)334-4145.

Мусаев Александр Азерович — д-р техн. наук, профессор; ведущий научный сотрудник научно-исследовательской группы информационных технологий в образовании Учреждения Российской академии наук Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), научный консультант ОАО Специализированная инжиниринговая компания «Севзапмонтажавтоматика». Область научных интересов: анализ данных, управление и прогнозирование в сложных динамических системах, стохастические хаотические системы. Число научных публикаций — 176. amusaev@szma.com, www.szma.com; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)350-5885, факс +7 (812)350-1113.

Musaev Alexander Azerovich — Dr. in Appl. Math., professor; leading researcher, Education Information Technology Group, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), expert, public corporation Specialized engineering company «Sevzapmontageautomatica». Research interests: data analysis, complicated dynamic systems prognosis and control, stochastic chaos systems. The number of publications — 176. amusaev@szma.com, www.szma.com; SPIIRAS, 39, 14th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)350-5885, fax +7(812)350-1113.

Рекомендовано ИГИТО СПИИРАН, рук. канд. техн. наук, доц. А.В. Тишков.
Статья поступила в редакцию 12.01.2011.

РЕФЕРАТ

Барласов И.А., Мусаев А.А. **Анализ торговых ситуаций. Генезис неопределенности и основные подходы к синтезу алгоритмов оценивания.**

Котировки рыночных активов не являются физическими величинами, они представляют собой результат групповой ментальной оценки рыночной ситуации и образуют безынерционный стохастический процесс с элементами хаотической динамики. Наличие хаотической составляющей в изменении котировок торговых активов приводит к низкой эффективности прогноза развития торговой ситуации и, как следствие, к низкой эффективности формируемых торговых решений.

Естественное требование к повышению качества управления торговыми операциями приводит к необходимости формализации анализа торговой ситуации, учитывающей специфику динамики ценообразования активов и позволяющей построить теоретическую платформу для применения и, при необходимости, модификации современных математических технологий.

В качестве базового подхода к формализации задачи анализа торговой ситуации использовалась калмановская концепция пространства состояний в сочетании с кибернетическим описанием взаимодействия системы и среды погружения через векторные входные и выходные воздействия. Указанный подход позволяет рассматривать поставленную задачу с позиции хорошо изученных методов теории статистических решений и традиционных методов статистической обработки наблюдений. При этом удается формализовать не только общую постановку, но и ряд частных задач, связанных с анализом торговых ситуаций. К ним относятся задачи выявления скрытых закономерностей, скрытых связей, прогнозирования развития торговой ситуации и т. п.

Однако переход к традиционной постановке задачи статистического анализа не означает получение готовых решений. Более того, наличие хаотической компоненты в системной динамике котировок торговых активов приводит к тому, что известные методы статистического оценивания оказываются несостоятельными или неэффективными. Следствием такого анализа являются неэффективные торговые решения и последующее разорение биржевых игроков.

Вариантом частичного демпфирования влияния неконтролируемых факторов является использование адаптивных и робастных алгоритмов обработки. Однако их использование связано с рядом трудностей, возможность преодоления которых остается открытым вопросом. В частности, при использовании адаптивных методов система обратной связи не всегда успевает осуществить адекватную настройку контура управления, что неизбежно порождает поток ошибок управляющих решений первого и второго рода. Применение робастных может существенно снизить чувствительность формируемых решений к значимым изменениям в динамике наблюдаемых процессов.

SUMMARY

Barlasov I.A., Musaev A.A. Trade Situation Analysis. Uncertainty Genesis and Some Approaches to Estimation Algorithms Synthesis.

Quotations of market assets aren't physical magnitude, they represent result of a group mental estimation of a market situation and form without inertia stochastic process with elements of chaotic dynamics. Presence of a chaotic component in the trading assets quotations change process leads to low efficiency of the trading situation development forecast and, as consequence, to low formed trading decisions efficiency.

The natural requirement to improvement of trading operations management quality leads to necessity of the trade situation analysis formalization. Such formalization must consider specificity of trade assets pricing dynamics and allowing constructing a theoretical platform for application and, at necessity, updating of modern mathematical technologies.

As the base approach to a trading situation analysis formalization problem was used the Kalman state space concept in a combination to the cybernetic description of system and the immersing environment interaction through vector input and output actions. The specified approach allows considering a task from position of well known methods of statistical decisions and statistical data treatment. Thus it is possible to formalize not only the general statement, but also a number of the private problems connected with the trading situations analysis. Problems of latent pattern and latent regular dependence revealing, trading situation development forecasting etc. concern them.

However transition to traditional statement of statistical analysis problem doesn't mean reception of ready decisions. Moreover, presence chaotic components in trading assets quotations dynamics leads to that known statistical estimation methods become insolvent or inefficient. A natural consequence of such analysis is inefficient trading decisions and the subsequent ruin of exchange players.

Possible variant of uncontrollable factors influence partial damping is use adaptive and robust processing algorithms. However their use is connected with a number of the difficulties. Overcoming of this problem remains an open question. In particular, at use of adaptive methods the feedback system not always has time to carry out of a control contour adequate adjustment. That inevitably generates a stream of operating decisions alpha and beta errors (errors of the first and second type).

Robust algorithms application can essentially reduce formed decisions sensitivity to significant changes in observable trade processes.