© В.А. Сычев
к.т.н., доцент РМИЭ СКАГС
© И.В. Сычев
к.э.н., ст. преподаватель
РГЭУ «РИНХ»

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕЖДУНАРОДНОГО ВАЛЮТНОГО РЫНКА

Неотъемлемым элементом в системах управления корпоративными финансами является проблема минимизации операционных рисков в расчётах по внешнеторговым сделкам. Последняя в значительной степени зависит от качества прогнозирования изменения валютных курсов. Для решения данной задачи разработчики используют различные базовые модели и методы. Как правило, к ним относят макроэкономические модели, модели статистического прогнозирования, методы технического анализа финансовых рынков в сочетании с их фундаментальным анализом.

При этом анализ использования известных эконометрических моделей развития мировой экономики [7] показывает, что последние не дают прямого решения задачи прогнозирования валютного курса. Их основная ориентация состоит в выявлении особенностей макроэкономического развития, а не в решении задач прогнозирования динамики спроса и предложения на валютные активы. Также используемый в эконометрических моделях статистический аппарат уравнений множественной регрессии не позволяет учитывать и оценивать ожидания участников рынка, в частности ожидания изменения темпов инфляции, ожидания роста процентных ставок, ожидания изменения тренда валютного курса и т.п., оказывающих в соответствие с теорией рефлексивности [9] значимое воздействие на макроэкономические процессы.

Применение статистических моделей прогнозирования, в основе большинства из которых лежит статистическое оценивание временных рядов, сталкивается с весьма сложными задачами идентификации нестационарных случайных дискретных процессов [3, 15], к которым относятся колебания валютных курсов. Здесь даже такие современные модели, как модели, построенные на базе адаптивных алгоритмов цифровой фильтрации случайных сигналов [8, 13], не всегда дают приемлемые для практики результаты прогнозирования и требуют постоянного участия человека-оператора, решающего задачи как оценки целесообразности применения этих моделей на том или ином участке нестационарного случайного процесса, так и коррекции вида его нелинейной систематической составляющей.

На практике с учётом сложности вышеуказанных моделей значительная часть аналитиков при оценке динамики и прогнозировании валютных курсов используют методы технического анализа финансовых рынков [11], анализируя поведение тех или иных технических индикаторов, входящих в библиотеки аналитических комплексов. Однако получаемые при этом оценки требуют постоянного их сопоставления с ожиданиями изменения валютного курса вследствие публикаций информационными агентствами тех или иных информационных сообщений о состоянии развития экономик и финансовых систем стран-участниц валютного рынка, поскольку данные сообщения выступают в качестве событий, которые могут существенно менять характер динамики валютного курса. Оценка этих ожиданий, определяющих систематическую компоненту тренда валютного курса, и составляет суть фундаментального анализа валютного рынка.

Следует сказать, что количество публикаций по фундаментальному анализу валютного рынка крайне ограничено, их материал носит в основном концептуальный характер и практически не затрагивает вопросов автоматизации принятия решений в фундаментальном анализе. В настоящей статье авторы излагают новый подход к вопросам построения функциональной структуры системы принятия решений в фундаментальном анализе валютного рынка как системы качественного логического анализа сложных систем [4], являющегося весьма эффективным инструментом их исследования.

Очевидно, что международный валютный рынок безусловно можно отнести к сложным системам. Тогда с учётом особенностей фундаментального анализа валютного рынка, изложенных авторами в работах [10, 12], в функциональную структуру системы принятия решений как системы логического анализа развития рыночных ситуаций, учитывающей влияние трендов одних макроэкономических фундаментальных индикаторов на другие, целесообразно включить следующие функциональные задачи:

- обеспечение сжатого качественного представления наблюдений за множеством рыночных индексов и фундаментальных макроэкономичес-

ких индикаторов, массивы данных по которым представляют своего рода экспериментальные кривые, получаемые из опубликованных отчетов информационных агентств. При этом в структуре качественного описания рассматриваемых экспериментальных кривых должны быть отражены не только текущие значения, но и имеющие место тренды развития фундаментальных индикаторов;

- логический анализ экспериментальных кривых с целью распознавания присутствия или отсутствия в них закономерных связей, отражающих влияние тренда одного фундаментального индикатора на тренд другого с учетом различных фаз развития этих трендов;

- логический анализ развития рыночных ситуаций, связанный с оценками ожиданий (прогнозом) изменения состояний трендов фундаментальных индикаторов в цепочках причинно-следственных связей с учетом выявленных закономерностей влияния одних фундаментальных индикаторов на другие;

- организация прогнозного моделирования на заданный временной интервал по известному календарю событий (публикаций информационными агентствами макроэкономических данных) изменений состояний трендов и их ожиданий для валютного курса и других макроэкономических фундаментальных индикаторов, отражающих всю структуру причинно-следственных связей в концептуальных моделях платежного баланса, развития экономик и механизмов денежно-кредитного регулирования;

- обработка протоколов оценок ожиданий изменения состояний трендов фундаментальных индикаторов в цепочках их причинно-следственных связей и определение множества наиболее значимых с точки зрения влияния на валютный курс фундаментальных индикаторов с оценками динамики изменения их состояний, дающими качественную картину развития рыночных ситуаций.

Для решения первых двух из перечисленных задач, с точки зрения авторов, целесообразно использовать так называемый лингвистический подход [1]. Данный подход разрабатывался в рамках решения задач синтаксического распознавания образов и заключается в том, что для анализируемого типа экспериментальных кривых создаются словарь признаков, задающих геометрические характеристики трендов, и грамматика, позволяющая строить из слов словаря конструкции — описания экспериментальных кривых. Другими словами, создается специальный формальный язык, словами которого служат синтаксические конструкции, характеризующие «форму» выделенных фрагментов экспериментальных кривых, а грамматика используется для обобщения и получения качественной интегральной оценки выделенного фрагмента, которую можно использовать для выявления наличия или отсутствия закономерных связей в исследуемых трендах фундаментальных индикаторов. Отметим, что главной особенностью лингвистического (структурного) распознавания является то, что конечная цель соответствующих ему распознающих процедур — это не просто получение ответов типа «да», «нет» или «не знаю», но и получение структурных описаний входных объектов и, в частности, экспериментальных кривых фундаментальных макроэкономических индикаторов. Лингвистический подход в решении проблемы распознавания использует математический аппарат порождающих грамматик [14]. Такой подход основан на существующей глубокой аналогии между структурами объектов лингвистического распознавания и структурами естественных или искусственных языков, для исследования которых и был создан аппарат порождающих грамматик.

Также положительным моментом лингвистического подхода является то, что он дает возможность описывать различные структурные особенности достаточно сложных объектов путем использования небольшого множества непроизводных элементов и грамматических правил. При этом одним из привлекательных аспектов данной возможности является использование рекурсивной природы грамматик. Грамматическое правило (правила подстановки) может быть применено любое число раз, так что оказывается возможным весьма компактно выразить основные структурные характеристики объекта.

Систему лингвистического распознавания можно считать состоящей из трех основных частей [14], а именно из блока предобработки, блока синтаксического анализа и блока распознавания связей входных экспериментальных кривых (см. рис. 1).

Блок предобработки осуществляет, во-первых, функции кодирования (идентификации геометрических характеристик трендов) и аппроксимации и, во-вторых, функции фильтрации, восстановления и улучшения входного объекта (экспериментальной кривой тренда фундаментального индикатора).

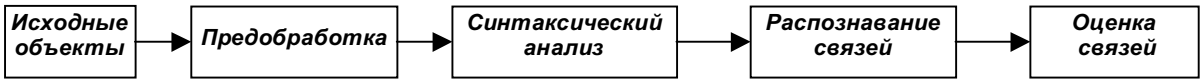

Рис. 1. Блок-схема системы лингвистического распознавания

В частности, исходные экспериментальные последовательности значений фундаментальных индикаторов целесообразно представить в виде последовательности сегментов экспериментальных кривых, отражающих те или иные фазы развития трендов фундаментальных индикаторов. Последовательности таких сегментов можно поставить в соответствие последовательность символов конечного алфавита. Такую последовательность можно трактовать как некоторый текст, структура представления которого позволяет идентифицировать и описывать фазы зарождения, развития и умирания трендов фундаментальных индикаторов, то есть давать не точечную оценку тренда, а описание динамики его развития, что принципиально важно для рассматриваемого нового класса систем принятия решений в фундаментальном анализе валютного рынка. Последующее применение методов фильтрации должно обеспечить улучшение качества символьной аппроксимации экспериментальных кривых.

После предобработки экспериментальной кривой, в результате которой формируется ее некоторое идеализированное представление, выполняется следующий этап лингвистического распознавания. Он заключается в построении описания идеализированного представления экспериментальной кривой в виде определенной структуры (графа) символов, представляющей собой «фразу или предложение» некоторого языка. Иначе, строится полное синтаксическое описание анализируемого участка экспериментальной кривой в терминах грамматических единиц или дерева грамматического разбора, которое в дальнейшем может использоваться для выявления присутствия или отсутствия закономерных связей с аналогичным деревом экспериментальной кривой другого фундаментального индикатора.

В качестве символов алфавита для качественного описания сегментов экспериментальных кривых фундаментальных индикаторов весьма привлекательным является использование нечетких переменных, определяемых в теории нечетких множеств [5, 6]. Нечеткие переменные, обеспечивающие существенное сжатие числа анализируемых ситуаций при анализе экспериментальных кривых, могут описывать, например, следующие состояния трендов фундаментальных индикаторов (ФИ). Для бычьего тренда: no (t) — неопределенное состояние, характеризующее отсутствие в текущий момент времени t в тренде ФИ выраженных тенденций его роста или снижения; ps (t) — состояние «слабого роста» (slow positive) тренда ФИ, когда имеет место незначительное преобладание положительных изменений в суммарных вариациях ФИ за анализируемый период; pm (t) — состояние «среднего роста» тренда ФИ, когда имеет место определенное, но не существенное преобладание положительных изменений в суммарных вариациях ФИ за анализируемый период; pb (t) — состояние «интенсивного роста» тренда ФИ, когда имеет место существенное преобладание положительных изменений в суммарных вариациях ФИ за анализируемый период. Для медвежьего тренда к состоянию no (t) добавляются: ns (t) — состояние «слабого падения» тренда ФИ, когда имеет место незначительное преобладание отрицательных (slow negative) изменений в суммарных вариациях ФИ за анализируемый период; nm (t) — состояние «среднего падения» тренда ФИ, когда имеет место определенное, но не существенное преобладание отрицательных изменений в суммарных вариациях ФИ за анализируемый период; nb (t) — состояние «интенсивного падения» тренда ФИ, когда имеет место существенное преобладание отрицательных изменений в суммарных вариациях ФИ за анализируемый период.

Пример представления последовательностей сегментов экспериментальных кривых (ЭК) для бычьего и медвежьего трендов фундаментального индикатора в виде цепочек символов из заданного множества нечетких переменных приведен на рис. 2.

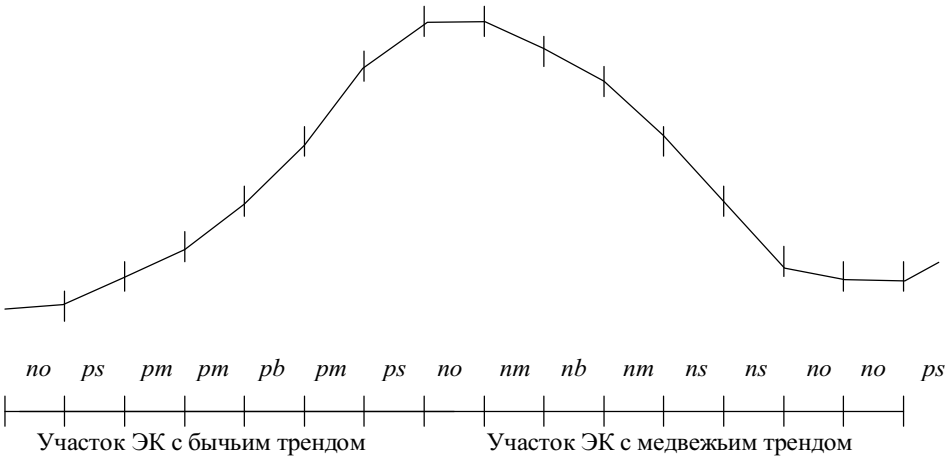

Рис. 2. Представление сегментов ЭК с символьными цепочками

Построение для полученных символьных цепочек деревьев грамматического разбора с использованием тех или иных контекстно-свободных программных грамматик [14] позволяет получить формальное описание геометрических особенностей трендов фундаментальных индикаторов (синтаксическую структуру трендов). Тогда, вводя операции наложения и сравнения синтаксических описаний для трендов различных ФИ, можно решать задачи распознавания присутствия или отсутствия в трендах закономерных связей, отражающих влияние тренда одного ФИ на тренд другого.

Отметим, что аналогичное формальное качественное представление трендов целесообразно и при задании и анализе динамики оценок ожиданий изменения фундаментальных индикаторов.

Распознавание связей трендов влияющих и оцениваемых фундаментальных индикаторов в дереве их причинно-следственных отношений составляет основу для решения следующей функциональной задачи фундаментального анализа, а именно: логического анализа развития рыночных ситуаций, связанного с оценками ожиданий (прогнозом) изменения трендов фундаментальных индикаторов в дереве причинно-следственных отношений после опубликования информационными агентствами каждых новых значений фундаментальных индикаторов. Задачу оценки изменений трендов ФИ как задачу принятия решений (ПР) о развитии рыночных ситуаций с учетом положений теории рефлексивности Дж. Сороса [9] и представлении международного валютного рынка как сложной системы целесообразно решать по аналогии с разработкой алгоритмов ПР на основе моделей, имитирующих процесс ПР опытным экспертом, принимающим решение [5, 6]. Здесь эксперт — лицо, принимающее решение (ЛПР), строит решение, опираясь не столько на результат решения некоторых экстремальных задач, а сколько на относительно простые и в то же время достаточно гибкие логические решающие правила типа «если..., то ...» [5]. В дальнейшем описании процесса ПР будем исходить из следующих положений: процесс ПР характеризуется несколькими входными и одним выходным параметрами; информация о стратегиях ПР, получаемая от эксперта (инженера-когнитолога) описывается системой условных логических высказываний в терминах нечетких и лингвистических переменных [5], устанавливающих связь между входными и выходными параметрами процесса ПР. Важное достоинство логических решающих правил, используемых ЛПР, состоит в том, что формулировка закономерностей процесса ПР в виде системы конъюнкций соответствует широко используемой продукционной форме представления знаний экспертов в интеллектуальных системах [5].

Отметим, что на практике доказано [6], что человеку несвойственно мыслить и принимать решение только в «количествах». Он мыслит прежде всего в «качествах», для него поиск решения — это, в первую очередь, поиск замысла решения, и здесь количественные оценки играют вспомогательную роль. ЛПР использует качественные нечеткие оценки типа «слабое», «среднее», «интенсивное» изменение (рост, снижение) и т.п. Естественно, для обработки информации о развитии рыночной ситуации должна применяться логика, отличающаяся от обычной (четкой) возможностью существования значений истинности, промежуточных между абсолютной истиной (степень истинности «1») и абсолютной ложью (степень истинности «0»). Иными словами, в нечеткой логике высказывания могут иметь степени истинности из замкнутого интервала [0, 1], что обуславливает ряд специфических особенностей нечеткой логики, используемой в процедурах ПР. В частности, представляет интерес разработанный в [5, 6] композиционный метод нечеткого логического вывода.

Модель оценки ожиданий изменения трендов фундаментальных индикаторов составляет основу для решения следующей функциональной задачи фундаментального анализа, а именно: организации прогнозного моделирования на заданный временной интервал по известному календарю событий изменений состояний трендов и их ожиданий для исследуемого валютного курса и других фундаментальных индикаторов, связанных деревом причинно-следственных отношений. При этом под календарем событий понимается публикация последовательности данных о значениях выходящих фундаментальных индикаторов. Каждый выход новых данных должен инициализировать соответствующую последовательность процедур переоценки состояния тренда влияющего ФИ и ожиданий изменения трендов фундаментальных индикаторов в дереве причинно-следственных отношений, связывающих тренд исследуемого валютного курса и тренд влияющего индикатора. Отработка набора логически связанных последовательностей процедур, инициализированных календарем событий, и составляет суть задачи организации прогнозного моделирования международного валютного рынка.

Концептуальной основой организации прогнозного моделирования может выступать объектно-ориентированное представление когнитивных графов, связывающих множество оценок трендов фундаментальных индикаторов международного валютного рынка и ожиданий их изменений в единую систему причинно-следственных отношений. Модельную концепцию объектно-ориентированного представления указанных когнитивных графов целесообразно базировать

на достаточно простом и понятном механизме функционирования объектно-ориентированной модели вычислений Хьюитта [16]. В соответствии с данной схемой каждый макроэкономический показатель (фундаментальный индикатор) как объект может характеризоваться определенным набором свойств или атрибутов, изменение значений которых отражает изменение состояний рассматриваемого объекта. Тогда цепочку причинно-следственных изменений состояний каждого фундаментального индикатора можно определить как процесс, отображающий динамику поведения индикатора, а воздействие одного фундаментального индикатора на другой (в соответствии с дугами когнитивных графов) можно представить как передачу сообщения от одного объекта к другому. При этом получение объектом того или иного сообщения можно рассматривать как событие, которое может привести к изменению состояния объекта. К событиям также следует отнести публикацию информационными агентствами последних новостей о текущих значениях тех или иных фундаментальных индикаторов. Данные события инициализируют последовательности причинно-следственных изменений в состояниях смежных объектов, которые в соответствии со структурами когнитивных графов, рассмотренных в разделе, приводят в конечном счете к изменению состояния таких объектов как «оценки ожиданий изменения валютного курса в краткосрочном и среднесрочном периодах», что и является конечной задачей процедуры прогнозирования в фундаментальном анализе международного валютного рынка.

Организация прогнозного моделирования международного валютного рынка позволяет обеспечить решение заключительной функциональной задачи фундаментального анализа, а именно задачи обработки протоколов оценок ожиданий изменения состояний трендов фундаментальных индикаторов в цепочках их причинно-следственных связей и определение множества наиболее значимых с точки зрения влияния на валютный курс фундаментальных индикаторов, динамика изменения состояний которых дает качественную картину развития текущей рыночной ситуации. Суть данной задачи заключается в следующем. При прогнозном моделировании для каждого события из календаря строится граф оценок ожиданий изменения состояния трендов фундаментальных индикаторов, составляющих дерево их причинно-следственных отношений. Множество данных графов определяет траекторию развития рыночной ситуации, на которой надо выявить закономерности, лежащие в ее основе. Эти задачи относятся к задачам качественного структурного анализа сложных систем, а именно к классу задач иерархической кластеризации взвешенных графов на основе отношения сходства [2], и их решение позволяет выявить наиболее устойчивые кластеры в дереве причинно-следственных отношений, т.е. наиболее значимые взаимосвязи трендов фундаментальных индикаторов, определяющие траекторию развития рыночной ситуации. Отметим, что методы качественного анализа сложных систем на основе взвешенных графов еще недостаточно разработаны и их развитие является актуальной задачей для систем принятия решений.

Обобщая вышеизложенное, отметим основные результаты работы:

• предложен новый подход к построению систем принятия решений по фундаментальному анализу валютного рынка как системы качественного логического анализа валютного рынка, оценивающей динамику трендов фундаментальных индикаторов через распознавание их синтаксической структуры и позволяющей осуществлять логический анализ и прогноз развития рыночных ситуаций с учётом выявленных закономерностей влияния одних фундаментальных индикаторов на другие;

• предложена функциональная структура системы принятия решений по фундаментальному анализу валютного рынка и определены методы решения входящих в систему функциональных задач. Формальные схемы и алгоритмы решения этих задач будут изложены в последующих работах авторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Браверман Э.М., Мучник И.Б.** Структурные методы обработки эмпирических данных. М.: Наука, 1983. 464 с.
2. **Вагин В.Н.** Дедукция и обобщение в системах принятия решений. М.: Наука. 1988. 363 с.
3. **Загоруйко Н.Г.** Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск.: Изд. Ин-та математики, 1999. 270 с.
4. **Малишевский А.В.** Качественные модели в теории сложных систем.М.: Наука, 1998. 528 с.
5. **Малышев Н.Г.** и др. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. М.: Энергоатомиздат, 1991. 136 с.
6. **Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С. Я.** Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990 г. 272 с.
7. Моделирование глобальных экономических процессов: Учеб. пособие. Под ред. В.С. Дадаяна. М: Экономика, 1984. 320 с.
8. **Прохоров Ю.Н.** Статистические модели и рекуррентное предсказание речевых сигналов. М.: Радио и связь, 1984. 240 с.

9. **Сорос Дж.** Алхимия финансов : Пер. с англ. М.: «Инфра-М»,1996. 415 с.
10. **Сычёв В.А., Сычёв И.В.** Структурно-логические методы оценки состояния и прогнозирования развития финансовых рынков / Финансовые исследования. 2001. № 3 Ростов- на- Дону. Изд. РГЭУ. С.33-39.
11. **Сычёв В.А., Сычёв И.В.** Технический анализ валютного и фондового рынков: Учеб. пособие / Рост. гос. экон. акад. Ростов-на-Дону, 1999. 96 с.
12. **Сычёв И.В., Золотарёв В.С.** Фундаментальный анализ валютного рынка при принятии решений в нечёткой обстановке. Изд. СКНЦ ВШ, Общественные науки, 1998. № 1. С. 20 - 28.
13. **Уидроу Б., Стирнз С.** Адаптивная обработка сигналов. М.: Мир, 1989. 440 с.
14. **Фу К.** Структурные методы в распознавании образов. М.: Издательство «Мир», 1997. 319 с.
15. **Цыпкин Я.З.** Информационная теория идентификации. М.: Наука, 1995. 336 с.
16. **Шлеер С., Меллор С.** Объектно-ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях. Киев.: Диалектика, 1993. 240 с.