

УДК 336.76

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ**

© 2008 г. В.А. Сычев, Т.Н. Сычева

*Южно-Российский государственный технический университет  
(Новочеркасский политехнический институт)*

*Изложен новый подход к исследованию задач фундаментального анализа и среднесрочного прогнозирования финансовых рынков как задач распознавания структурной неустойчивости в кольцевых структурах причинно-следственных связей макроэкономических процессов, позволяющий эффективно решать задачи хеджирования рисков в операциях внешнеэкономической деятельности предприятий. Предлагаются новые качественные показатели оценки возникновения структурной неустойчивости динамических процессов на финансовых рынках.*

*The new way of fundamental analysis tasks accomplishing is worked out, that is also useful for medium-dated prediction of financial markets. These tasks are being accomplished using the way of structural instability identification (for the ring-shaped structures of cause-effect relations in macroeconomic processes). The new way allows to hedge risks for the enterprises' foreign-economic activity.*

Ключевые слова: *предприятие, экономическая устойчивость, финансы, динамика рынка, структурный анализ, прогнозирование, риски, хеджирование.*

Возрастание роли внешнеэкономической деятельности хозяйствующих субъектов, ценовые и конъюнктурные колебания на международных валютных рынках вследствие их глобализации, желание инвесторов иметь надежные инструменты хеджирования рисков способствовали возникновению срочных производных финансовых инструментов (деривативов), таких как опционные, форвардные, фьючерсные валютные контракты [1]. За последние два десятилетия индустрия производных финансовых инструментов из одноразовых сделок выросла в ежедневные потоки бизнеса, измеряемые в миллиардах долларов. В США и Европе клиенты требуют от банков обслуживания на рынках деривативов как одну из стандартных услуг. Индустрия деривативов интенсивно развивается и в РФ, где значительную часть валютных доходов страны обеспечивает экспорт сырья, и поэтому РФ весьма выгодно страховать поступления от экспорта с помощью деривативов. Расширение международной торговли, планируемое Российским правительством, сопряжено с крупными валютными рисками, и это также требует соответствующего стра-

хования. Совершенно очевидно: в России вырастет новая отрасль финансовой индустрии, специализирующаяся на опционах и других производных инструментах. И значит потребуются развитый инструментарий решения задач покрытия валютных рисков.

Анализ особенностей срочных производных инструментов показывает, что использование любой из существующих форм деривативов опирается на фундаментальный анализ и среднесрочное прогнозирование макроэкономической динамики финансовых рынков. При этом акцент в процедурах прогнозирования для срочных производных инструментов, в особенности в опционных сделках, как наиболее совершенной формы деривативов, переносится с получения численных прогнозных оценок валютного курса на прогноз качественных и интервальных характеристик их трендов (направления, формы, временных диапазонов зарождения, развития, окончания трендов валютных курсов, ориентировочных интервалов их изменения на каждой из указанных фаз и т. п.). Эти знания позволяют финансовому менеджеру синтезировать эффективную опционную

стратегию по экспортно-импортным операциям и принимать окончательные решения по расчетам не в момент заключения сделки, а в наиболее выгодной рыночной ситуации в будущем.

Указанное обуславливает целесообразность разработки нового подхода к задачам фундаментального анализа и среднесрочного прогнозирования развития макроэкономических процессов на финансовых рынках, основанного на использовании систем поддержки и принятия решений (СППР), позволяющих решать данные задачи в условиях их большой размерности и неопределенности, обусловленной как сложностью структуры связей фундаментальных индикаторов в исследуемой макросистеме, так и сильным влиянием на макродинамику поведения активных элементов системы, которое не может быть четко определено какими-либо известными математическими формализмами. Структура такой СППР представлена на рис. 1.

Отметим, что к предметной области данной СППР относится множество процессов международного движения капитала, развития национальных экономик и воздействия на них механизмов денежно-кредитного регулирования, особенности которых позволяют рассматривать такое множество как сложную систему с большим количеством контуров обратных связей, определяющих плохо предсказуемую традиционными методами траекторию ее развития [2]. При этом важное место в исследовании динамики указанных макроэкономических взаимодействий должен занимать анализ контуров с обратной связью. На это обращает внимание в своей работе Дж.

Сорос [3], анализируя процессы, возникающие в исследованных им «кругах благоденствия и кругах порочности». На это же указывают и идеи М. Эйгена [4], который ввел в рассмотрение понятие гиперцикла— циклического комплекса взаимодействующих химических и биохимических реакций (рис. 2). Эйген показал, что если в средах, где имеет место много реакций, каждая из которых в обычных условиях имеет малую вероятность инициировать воспроизводимость, цепь реакций замыкается в кольцо, причем так, чтобы продукты реакций стимулировали производство друг друга, то вероятность воспроизведения такой кольцевой структуры во много раз повышается. Иначе, Эйгену удалось выделить существенный элемент самоорганизации в развитии динамических процессов — кольцевую структуру связей. И этот элемент является основой не только воспроизведения биологических макромолекул, а развития динамических процессов в сложных системах вообще. Применительно к рассматриваемой макросистеме это означает, что в кольцевых структурах причинно-следственных связей макроэкономических процессов исследуемой системы при определенных условиях может возникать структурная неустойчивость, приводящая к существенному изменению значений фундаментальных индикаторов, входящих в данную структуру, в том числе и валютного курса. Распознавание и моделирование развития таких ситуаций, как отмечалось выше, и составляет с точки зрения авторов основное содержание задач фундаментального анализа макроэкономических процессов на финансовых рынках.

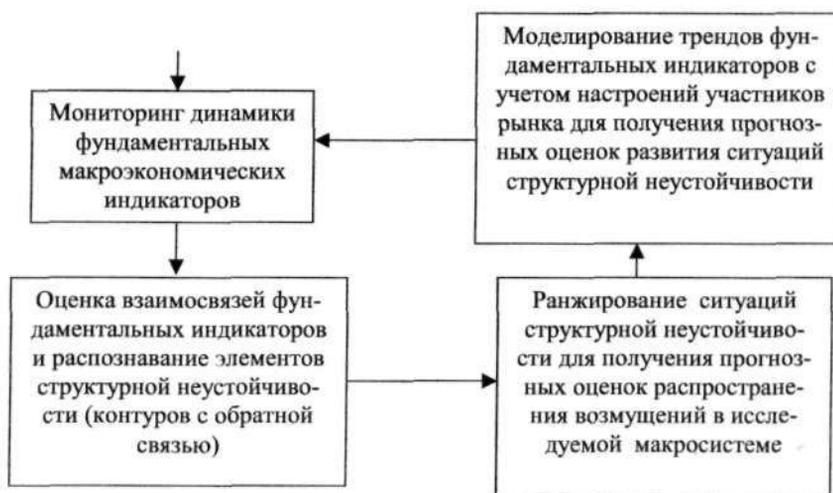
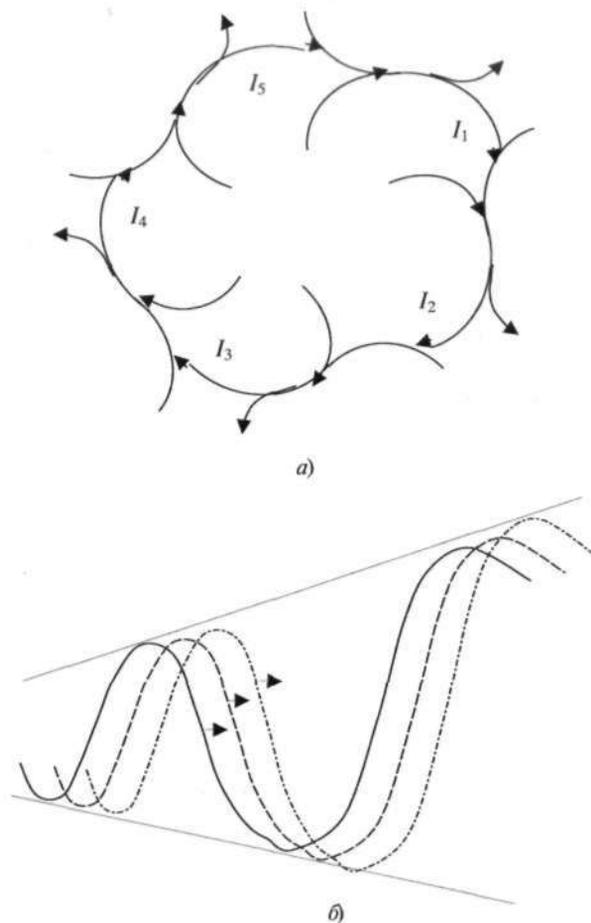


Рис. 1. Архитектура СППР, ориентированная на задачи фундаментального анализа микроэкономических процессов



**Рис. 2.** Гиперцикл взаимодействующих реакций как система, связывающая множество самовоспроизводящихся единиц  $\{I_1, I_2, I_3, I_4, I_5\}$  посредством циклических связей (а); гиперцикл и возникновение структурной неустойчивости развития динамических процессов в сложных системах (б)

В качестве примера, показывающего сложность взаимодействия вышеуказанных макроэкономических процессов, на рис. 3 с определенными упрощениями представлен фрагмент схемы наиболее характерных когнитивных связей валютного курса  $E_{EUR/USD}$  и фундаментальных индикаторов, отражающих макроэкономические процессы экономического развития и международного движения капитала на финансовых рынках [2].

В общем случае концептуальную модель исследуемой макросистемы можно представить в виде гиперграфовой структуры  $H = (X, U)$ , где изменение состояний вершин  $X$  отображает динамику множества фундаментальных макроэкономических индикаторов  $FI(x)$ ,  $x \in X$ , характеризующих макросистему, а множество дуг  $U$  — схему их взаимосвязей. С формальных позиций под гиперграфовой структурой

$H = (X, U)$  понимается пара множеств, где  $X = \{x_i\}$ ,  $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$  — множество вершин гиперграфа,  $U = \{u_j\}$ ,  $j \in J = \{1, 2, \dots, m\}$  — множество ориентированных ребер, где каждое ребро  $u$  определяется как подмножество в множестве  $X$ , в котором одна вершина помечена индексом «\*» и является корнем ребра  $u$ . [5]. Отметим, что каждое ребро  $u$  гиперграфа также может быть представлено в виде орграфа  $G(u) = (X_j, D_j)$ , где  $X_j = \{x_\alpha^*, x_\beta, \dots, x_i\}$ ,  $D_j = \{\langle x_\beta, x_\alpha^* \rangle, \dots, \langle x_i, x_\alpha^* \rangle\}$ , в котором все дуги  $\{\langle x_\beta, x_\alpha^* \rangle, \dots, \langle x_i, x_\alpha^* \rangle\}$  направлены от вершин  $x_\beta, \dots, x_i$ , определяющих множество влияющих индикаторов  $FI(x_\beta), \dots, FI(x_i)$ , к вершине  $x_\alpha^*$ , представляющей корень ребра  $u_j$  и определяющей индикатор  $FI(x_\alpha^*)$ , являющийся объектом влияния. Для каждого  $G(u_j)$  может быть определен расплывчатый кортеж  $u_j = \{(\mu_j(x_\alpha^*)/x_\alpha^*), (\mu_j(x_\beta)/x_\beta), \dots,$

$(\mu_j(x_i)/x_i)$ , где  $x_{\alpha^*}, x_{\beta}, \dots, x_i \in X_j$ , а  $\mu_j(x_{\beta}), \dots, \mu_j(x_i)$  — значения функции принадлежности [5], определяющие степень инцидентности ребра  $u_j$  и вершин  $x_{\beta}, \dots, x_i \in X$ , а  $\mu_j(x_{\alpha^*})$  — значение функции принадлежности текущего состояния тренда  $FI(x_{\alpha^*})$ ,  $x_{\alpha^*} \in X_j$ , зависящее от  $\{(\mu_j(x_{\beta})/x_{\beta}), \dots, (\mu_j(x_i)/x_i)\}$ . При этом значения  $\mu_j(x_{\beta}), \dots, \mu_j(x_i)$  будем отождествлять со значениями функции принадлежности нечеткой переменной, характеризующей степень сходства трендов фундаментальных индикаторов  $FI(x_{\beta}), \dots, FI(x_i)$  при оценке их связи с трендом  $FI(x_{\alpha^*})$ .

Динамические системы, фазовые изменения траекторий которых могут отображать возникновение явления резонанса или волны хаотических колебаний, в настоящее время часто называют хаотическими [6]. Данные системы устроены весьма сложно и определение признаков их вхождения в хаотический режим и прогнозирование динамики развития с использованием традиционных для решения этих задач методов нелинейной динамики требует достаточных усилий и не всегда приводит к получению приемлемых для практики результатов. Указанное определяет целесообразность поиска новых подходов к оценке динамики систем рассматриваемого класса, опирающихся, в частности, как на анализ структурных особенностей текущих макроситуаций, так и на анализ особенностей фазовых траекторий изменения фундаментальных индикаторов, по аналогии с подходами, используемыми в логико-динамических системах. С этой целью в работе предложены новые схемы проведения структурного анализа ситуаций в  $H = (X, U)$  и процедуры решения следующих функциональных задач по оценке динамики вышеуказанных макроэкономических процессов:

- сужение гиперграфовой структуры  $H = (X, U)$  до  $H' = (X', U')$  с включением в  $H' = (X', U')$  лишь тех вершин  $FI(x_{\alpha^*})$  из ребер  $H = (X, U)$ , для которых состояние взаимосвязи трендов  $SVZ(x_p, x_{\alpha^*})$ ,  $l = \beta, \dots, i$  соответствует значению «влияние» или «дивергенция» [2], и определение в  $H' = (X', U')$  множества возможных маршрутов (гиперцепей) распространения возмущений фундаментальных индикаторов с выделением в них контуров с положительной обратной связью;
- организация мониторинга и распознавание возникновения структурной неустойчивости в контурах с обратной связью в  $H' = (X', U')$ , ранжирование текущих макроси-

туаций с целью определения наиболее значимых фрагментов для последующего их прогнозного моделирования и оценки изменения трендов  $FI(x)$ ,  $x \in X$ .

Методы решения первой из перечисленных задач предложены в [2]. Ниже охарактеризуем задачи распознавания возникновения/исчезновения структурной неустойчивости в системе связей фундаментальных индикаторов  $H' = (X', U')$ , связанные с оценкой присутствия/отсутствия в  $H'$  признаков замыкания/размыкания в контурах с положительной обратной связью (КПОС), а также признаков развития/угасания уже возникшей волны хаотических колебаний в этих контурах и т. п.

При определенных упрощениях эффективным математическим аппаратом для оценки динамики рассматриваемых макросистем являются методы анализа взаимодействующих процессов на знаковых орграфах [7], позволяющие анализ взаимодействия макроэкономических процессов в  $H'$  связать с оценкой устойчивости/неустойчивости КПОС, включающих в себя такие значимые фундаментальные индикаторы, как валютный курс  $E_{EUR/USD}$ , объемы розничных продаж, промышленного производства, объемы кредитных вложений и др. При этом трудности решения данной задачи обуславливаются нестационарным характером связей макроэкономических индикаторов  $FI(x_i)$ ,  $x_i \in X$ , сложностью их идентификации в виде хорошо исследованных разностных или дифференциальных уравнений и т. п., что не позволяет синтезировать эффективные вычислительные алгоритмы расчета характеристических показателей Ляпунова для оценки устойчивости КПОС. Поэтому использование даже таких современных методов анализа макросистем, как методы нелинейной динамики, достаточно сложно в вычислительном плане и не всегда приводит к получению приемлемых для практики результатов.

Указанное определяет необходимость поиска новых схем в оценке поведения систем рассматриваемого класса. В частности, устойчивость КПОС в  $H'$  предлагается оценивать не по показателям Ляпунова, а с использованием множества качественных признаков, характеризующих начало процессов замыкания/размыкания в контурах с положительной обратной связью, а также признаков развития/угасания уже возникшей волны хаотических колебаний в этих контурах, что

позволяет ранжировать КПОС и определять наиболее значимые фрагменты для последующего их прогнозного моделирования и оценки изменения в них трендов фундаментальных индикаторов  $FI(x_i), x_i \in X$ .

В качестве таких качественных признаков в работе предлагается использовать:

— меру расхождения  $R(t)$  между последовательностью значений  $r_k(t), k = 1, \dots, K$ , характеризующих текущие состояния трендов фундаментальных индикаторов  $FI(x_i), x_i \in$  КПОС и их взаимосвязей в анализируемом контуре, и последовательностью нормативных значений  $r^*_k(t), k = 1, \dots, K$ , характеризующих состояния трендов фундаментальных индикаторов и их взаимосвязей в условиях экстремального возбуждения КПОС;

— значение консонанса  $CON(t)$  контура с положительной обратной связью, определяемого как отношение числа дуг, имеющих такое же направление влияния, как и импульс возбуждения в КПОС, к общему числу дуг КПОС и характеризующего зону распространения волны возбуждения в КПОС. Очевидно, что чем больше значение  $CON(t)$ , тем КПОС ближе к замыканию и переходу в состояние структурной неустойчивости;

— значение расширенного консонанса  $CONR(t)$  контура с положительной обратной связью, определяемого как отношение числа дуг «зоны» КПОС [2], имеющих такое же направление влияния, как и импульс возбуждения в КПОС, к общему числу дуг «зоны» КПОС.

С формальных позиций  $R(t)$  определяется выражением

$$R(t) = (1/2K * \sum_{k=1}^{2K} (r_k(t) - r^*_k(t)))^{1/2},$$

где  $r_k(t) \in \{SOS_1(x_\alpha, t), SVZ_1(x_\alpha, x_\beta, t), \dots, SOS_k(x_w, t), SVZ_k(x_w, x_z, t), \dots, SOS_K(x_v, t), SVZ_K(x_v, x_u, t)\}, k=1, \dots, K, x_\alpha, x_\beta, x_w, x_z, x_u, x_z \in$  КПОС;  $r^*_k(t) \in \{SOS^*_1(x_\alpha, t), SVZ^*_1(x_\alpha, x_\beta, t), \dots, SOS^*_k(x_w, t), SVZ^*_k(x_w, x_z, t), \dots, SOS^*_K(x_v, t), SVZ^*_K(x_v, x_u, t)\}, k = 1, \dots, K, x_\alpha, x_\beta, x_w, x_z, x_u, x_z \in$  КПОС;  $SOS_k(x_\alpha, t)$  — оценка текущего состояния тренда фундаментального индикатора  $FI(x_\alpha), x_\alpha \in$  КПОС [2], имеющего  $k$ -й номер в КПОС;  $SVZ_k(x_\alpha, x_\beta, t)$  — оценка текущего состояния взаимосвязи тренда индикатора  $FI(x_\alpha)$  и тренда влияющего индикатора  $FI(x_\beta), x_\alpha, x_\beta \in$  КПОС [2];  $SOS^*_k(x_\alpha, t)$  — оценка нормативного состояния тренда индикатора  $FI(x_\alpha), x_\alpha \in$  КОС в условиях экстремального возбуждения КПОС;  $SVZ^*_k(x_\alpha, x_\beta, t)$  —

оценка нормативного состояния взаимосвязи тренда индикатора  $FI(x_\alpha)$  и тренда влияющего индикатора  $FI(x_\beta), x_\alpha, x_\beta \in$  КПОС в условиях экстремального возбуждения КПОС.

Здесь следует отметить, что вершины  $x_i \in X$  рассматриваемого знакового орграфа всегда обладают свойством абсолютной устойчивости [7], указывающим на то, что последовательность абсолютных величин  $|x_i(t)|, x_i \in X, t = 0, 1, 2, \dots$  ограничена при имеющих место импульсных процессах изменения значений воздействующих индикаторов. Однако вариации значений  $x_i \in X$  могут быть достаточно значительными.

Очевидно, что расчет  $R(t)$  является достаточно простой вычислительной процедурой, которая может быть использована для организации мониторинга изменения общего состояния анализируемого КПОС. При этом в случае возникновения тенденции уменьшения  $R(t)$  во времени можно говорить, что КПОС стремится к замыканию и переходу в состояние структурной неустойчивости. При получении дополнительных оценок, указывающих на увеличение во времени  $CON(t)$  и  $CONR(t)$  для данного контура можно утверждать, что вероятность возникновения в нем структурной неустойчивости весьма высока.

Как отмечено выше, рассматриваемая макросистема является достаточно сложной по своей структуре и содержит большое число КПОС. При этом для фундаментального анализа важным моментом является их ранжирование. Данная задача может быть достаточно просто решена с использованием вышеопределенных качественных характеристик на основе теории нечетких множеств [8]. Приведем один из возможных алгоритмов ее решения.

Пусть анализируемая макросистема содержит определенное число КПОС, которые будем рассматривать как множество альтернатив  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ . Их оценочные характеристики определим как множество критериев  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ . При этом оценки альтернатив по каждому  $i$ -му критерию можно представить в виде вектора значений функции принадлежности, который можно рассматривать как соответствующее нечеткое множество

$$C_i = \{\mu_{c_i}(a_1)/a_1, \mu_{c_i}(a_2)/a_2, \dots, \mu_{c_i}(a_j)/a_j, \dots, \mu_{c_i}(a_m)/a_m\}, \\ i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m.$$

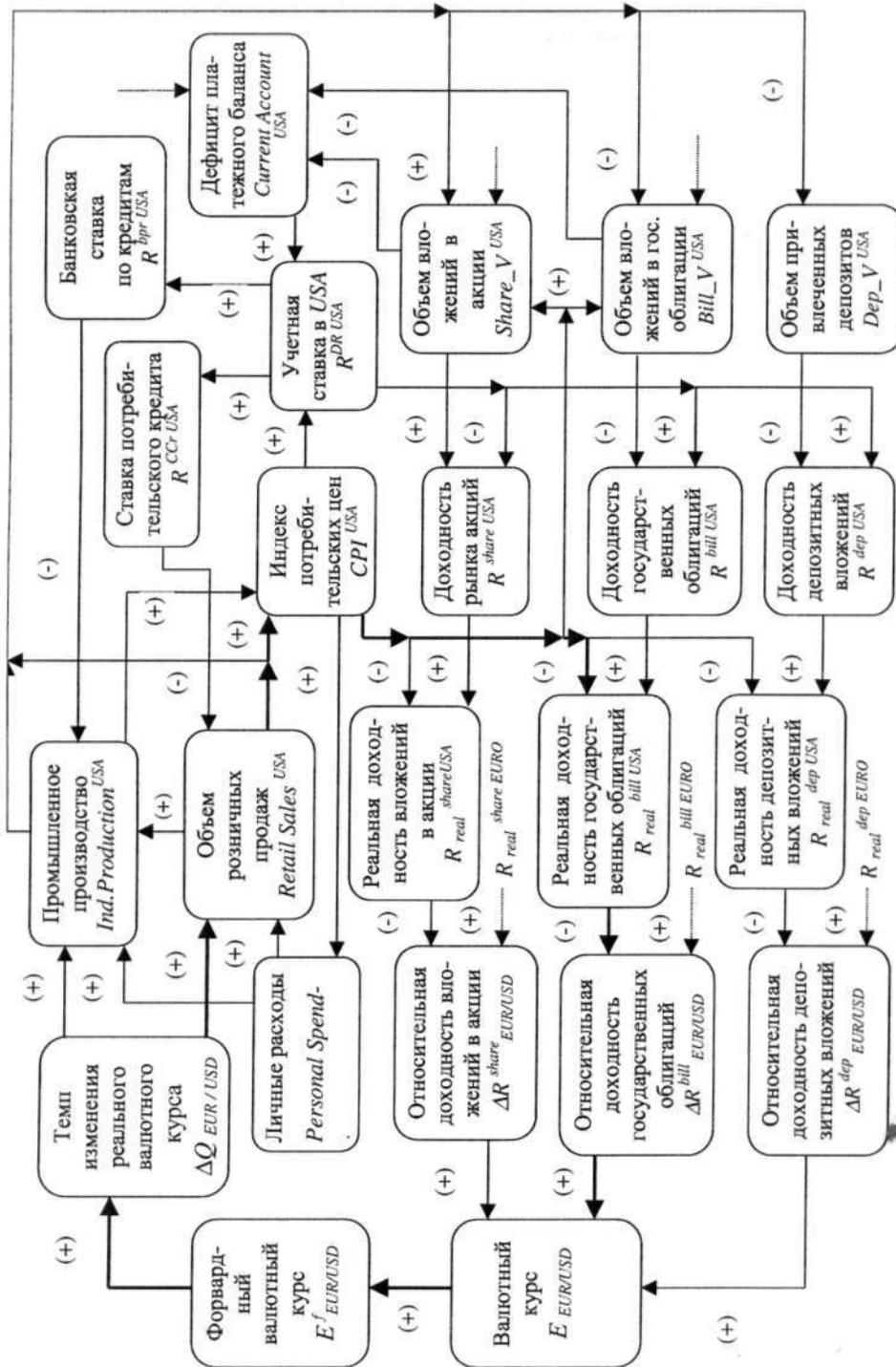


Рис. 3. Знаковый оргграф контура взаимодействия валютного курса  $E_{EUR/USD}$  с фундаментальными макроэкономическими индикаторами экономического развития и финансовых рынков

Тогда процедура ранжирования КПОС может определяться следующим максиминным правилом:

$$\mu_c(a_j \in A) = \max(\min_i(\mu_{c_i}(a_j) / a_j)).$$

Отметим, что практическая апробация предложенного подхода к оценке структурной неустойчивости контуров с положительной обратной связью в исследуемой макро-системе показала ее простоту и эффективность в решении задач фундаментального анализа финансовых рынков.

#### Литература

1. Рэдхерд К., Хьюс С. Управление финансовыми рисками: пер. с англ.— М.: ИНФРА-М, 1996.
2. Сычев В. А. Качественные методы фундаментального анализа макроэкономических процессов на международном валютном

рынке «FOREX».— Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2005.

3. Сорос Дж. Алхимия финансов: пер. с англ.— М.: «Инфра-М», 1996.— 416 с.
4. Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул.— М.: Мир, 1982
5. Малышев Н. Г., Бернштейн Л. С., Боженик А. В. Нечеткие модели для экспертных систем в САПР. — М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. Острейковский В. А. Анализ устойчивости и управляемости динамических систем методами теории катастроф.— М.: Высшая школа, 2005.
7. Чепурных Н. В., Новоселов А. Л. Экономика и экология: развитие, катастрофы.— М.: Наука, 1996.
8. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. А. Анализ, синтез, планирование решений в экономике.— М.: Финансы и статистика, 2001.



**Сычев Василий Анатольевич** — кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и управление предприятием» ЮРГТУ (НПИ).

Автор более 100 работ по проблемам проектирования систем управления, финансового менеджмента, экономического проектирования, управления рисками.



**Сычева Галина Ивановна** — кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и управление предприятием» ЮРГТУ (НПИ).

Автор более 80 работ по проблемам управленческого учета, финансового менеджмента, анализа хозяйственной деятельности, оценки бизнеса.

346428 г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132  
Тел. раб. (факс) (86352) 55-1-54, sitchev@mail.ru