

Рис. 3. Графіки ймовірності абонентського пункту №1

Висновки. На основі реалізації поданої моделі визначається структура системи керування при реалізації інформаційно-довідкових функцій, отримано вирази для визначення характеристик МС, на основі яких формують найкращу дисципліну обслуговування, визначають час очікування обслуговування, яке впливає на запізнення з представленням інформації.

Для більш точного обліку факторів, визначаючих розглянуті характеристики, необхідно складання моделей, побудованих з використанням інших імовірнісних моделей МС. Можливість варіювання різного роду алгоритмами та їхнє альтернативне використання при імітаційному моделюванні МС дозволяє обрати оптимальний метод керування чергами кожного типу та збудувати структуру МС, що задовільняє заданим вимогам.

1. Разработка математического обеспечения моделирования процессов информационного обеспечения управления ТС, ТО и РАТ: Отчет о НИР 0184.000. / Руководитель А.И. Рожков – Д., 1984. – 65 с.

Надійшла до редколегії 18.09.09

УДК 519.688

С.В. Попенко, Аль-Равашдех Адиль Галибъ Мустафа

Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара.

ІНФОРМАЦІОННА ТЕХНОЛОГІЯ АНАЛІЗА ФІОЧЕРСНИХ РИНКОВ

Наведені основні процедури, пов'язані з інформаційним аналізом ф'ючерсних ринків на прикладі міжбанківського, міжнародного ринку Forex. Наведено опис сучасних методів оцінки функцій ризику при оперативному аналізі поведінку валютних пар в ході щоденних торгів.

Ключові слова: *Forex, функції ризику, валютні пари*

Представлены основные процедуры, связанные с информационным анализом фьючерсных рынков на примере межбанковского, международного рынка Forex. Приведено описание современных методов оценки функций риска при оперативном анализе поведения валютных пар в ходе ежедневных торгов.

Ключевые слова: *Forex, функции риска, валютные пары*

Presents the basic procedures related to information analysis of futures markets as an example of inter-bank, the international market Forex. Shown a description of modern methods of risk functions assessment at the operational analysis of the behavior of currency pairs in the course of daily trading.

Key words: *Forex, risk function, currency pairs*

Построение модели.

Существует два подхода к анализу и построению прогноза Forex. Фундаментальный и технический. В основу фундаментального подхода положен анализ экономических показателей различных стран, форс-мажоров, политических и социальных событий в различных странах. Технический анализ основан исключительно на анализе котировок валютных пар и объемах продаж валюты за определенный период. Для построения математической модели рынка применим именно технический анализ.

Для решения задачи оценки функции риска выбрана стохастическая модель, в основе которой лежат марковские случайные процессы, аппарат статистического анализа данных.

Информационная технология оперативного анализа финансовых рынков предполагает решение следующих задач:

- формирование и ведение динамических баз данных;

- проведение первичного статистического анализа, который основывается на сформированных динамических базах данных;
- анализ разного рода индикаторов и осцилляторов, характеризующих состояние рынка;
- анализ информационных потоков в режиме реального времени, путем введения непрерывных функций, оценивающих состояние рынка, с реализацией фильтрации данных и выделения состояний рынка;
- решения задачи, оценки риска нахождения рынка в одном из определенных состояний;
- построение оперативного и краткосрочного прогнозов;
- реализация системы принятия решений на основе различных инструментов поддержки.

Формирование и ведение динамических баз данных. Решение задачи построения стохастической модели рынка в первую очередь опирается на формирование и постоянное пополнение базы данных.

Существует гибкий и перспективный способ решения данной подзадачи. Заключается он в использовании программных продуктов, имеющих в своем ядре известные инструменты технического анализа: индикаторы, осцилляторы, инструменты графического анализа и предоставляющие интерфейсы для разработки различного рода подсистем на базе своего ядра. Таким образом, есть возможность получать и анализировать данные в режиме реального времени.

В настоящий момент наиболее популярными программами технического анализа являются: Metatrader, Internet Dealing System, MetaStock® Professional 7.0., Rumus 2.

Первичная обработка. Первичная обработка данных предполагает использование следующих индикаторов: момента; среднего направленного движения (ADX); среднего правдивого диапазона (ATR); скорость изменения (ROC); простого, взвешенного, экспоненциального скользящего среднего (SMA, WMA, EMA); полос Боллинджера. Практически все индикаторы работают только на нетрендовых участках рынка. Для выделения в потоке данных участков возрастающего, убывающего и бокового тренда можно использовать осциллятор ADX и японские свечи.

Марковская модель функционирования рынка. Важным методом с позиции эффективности прогнозирования является аппроксимация движения цен Марковским процессом.

При анализе графиков динамики изменения цен аналитики выяснили, что рынок подвержен закономерностям, с другой стороны

будущее поведение рынка не зависит от его прошлого, что является свойством Марковского процесса, и переходы между состояниями рынка можно рассматривать как последовательность случайных процессов. Все это говорит о правомочности представления этого процесса в виде Марковского.

Аппроксимация процесса происходит в несколько шагов:

1. Определение состояний рынка. Поскольку мы говорим о марковских цепях, то необходимо определить какие события будут в них участвовать.

2. Определение точек разладки – построение массива моментов времени, в которых процесс переходит из одного состояния в другое.

3. Построение матрицы интенсивностей перехода. На основании найденного массива вычисляют λ_{ij} – интенсивность перехода из состояния i в состояние j .

4. Построение системы дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена, описывающих процесс.

5. Решение системы уравнений, имитационное моделирование и анализ полученных результатов с оценкой функции риска, т.е. время нахождения во введенных состояниях.

Фьючерсный рынок рассматривается как система с тремя состояниями: восходящий (бычья линия), нисходящий (медвежья линия) и боковой тренд (флет) (рис.1).

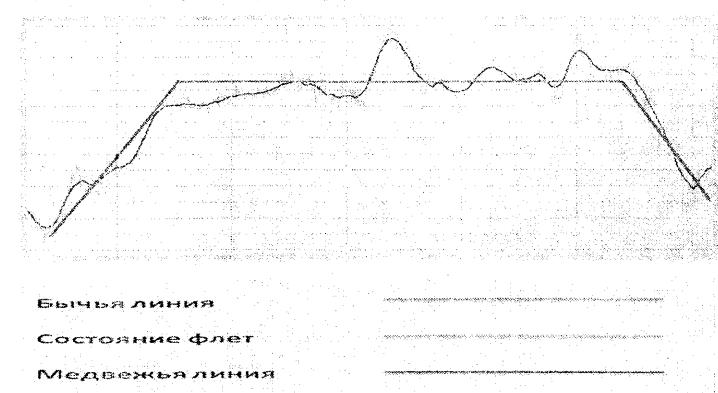


Рис. 1. Состояния рынка Forex.

Считается, что переход из состояния в состояние в данной модели осуществляется под воздействием внешних данных, которые определяются функциями интенсивности. Для определения интенсивностей ставится задача анализа информационных потоков.

Таблиця 1
Массивы переходов между состояниями.

Тип тренда	Тип тренда		
	боковой (0)	убывающий (1)	возрастающий (2)
0	{ $\tau_{00_1}, \tau_{00_2}, \dots, \tau_{00_{n_{00}}}$ }	{ $\tau_{01_1}, \tau_{01_2}, \dots, \tau_{01_{n_{01}}}$ }	{ $\tau_{02_1}, \tau_{02_2}, \dots, \tau_{02_{n_{02}}}$ }
1	{ $\tau_{10_1}, \tau_{10_2}, \dots, \tau_{10_{n_{10}}}$ }	{ $\tau_{11_1}, \tau_{11_2}, \dots, \tau_{11_{n_{11}}}$ }	{ $\tau_{12_1}, \tau_{12_2}, \dots, \tau_{12_{n_{12}}}$ }
2	{ $\tau_{20_1}, \tau_{20_2}, \dots, \tau_{20_{n_{20}}}$ }	{ $\tau_{21_1}, \tau_{21_2}, \dots, \tau_{21_{n_{21}}}$ }	{ $\tau_{22_1}, \tau_{22_2}, \dots, \tau_{22_{n_{22}}}$ }

Анализ информационных потоков предполагает оценку времени разладок. Тем самым формируются состояния рынка и массивы состояний (табл.1). Это дает возможность дать описание информационных потоков по каждому из состояний через анализ интенсивностей.

Задача о нахождении разладок можно разделить на 2 типа:

1. Имеются все значения наблюдений, и по этим данным, что поступили, необходимо определить, имеются или нет нарушения в однородности, а если есть, то по возможности точнее оценить момент или моменты времени нарушения однородности;

2. Наблюдения над процессом осуществляются последовательно, и цель состоит в том, чтобы согласно текущим данным, как можно быстрее дать ответный сигнал о появлении разладок, придерживаясь при этом условия, что ошибочные сигналы, что поступают к моменту разладки, должны быть, по возможности, игнорированы или приведены к минимуму.

Алгоритмы для решения задач первого рода:

- метод заключения в коридор;
- метод измерением углов;

Алгоритмы для решения задач второго рода:

- алгоритм кумулятивных сумм (АКМ) для изменения среднего;
- АКС для изменения дисперсии;

Далее рассмотрим по одному методу из каждого класса.

Метод определения разладок заключением в коридор. Пусть x_i – величина, которую мы наблюдаем.

1. Зафиксируем начальный и конечный момент в процессе, внутри которого будем искать точку разладки: m – начальный момент времени, n – конечный момент времени. На этом промежутке будем искать лишь одну точку разладки.

2. Для этого участка построим массив $\{d_i, i = \overline{n, m}\}$,

$$d_i = \frac{|kx_i - y_i + b|}{\sqrt{k^2 + 1}},$$

где k, b – найденные коэффициенты уравнения прямой ($y = kx + b$), проходящего через точки (m, x_m) и (n, x_n) .

1. Точка разладки находим в такой момент времени r , что:

$$v_r = \max_{r \in [n, m]} d_i, r \in (n, m), x_r > b,$$

где b – барьер чувствительности метода (рис. 2).

2. Если точка разладки была найдена, то момент времени r разбивает промежуток $[n, m]$ на два: $[n, r]$ и $[r, m]$, которые рассматриваем аналогичным способом, переходя на пункт 1.

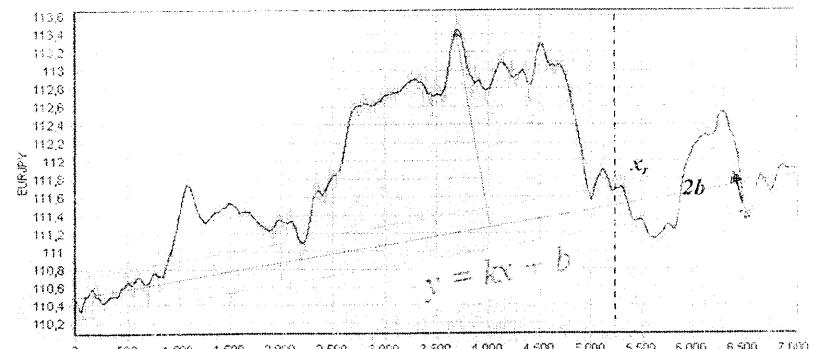


Рис.2. Принцип работы метода

Практически, x_r – самое большое расстояние от прямой к точке временного ряда. Результаты его работы можете видеть на рисунке 3:

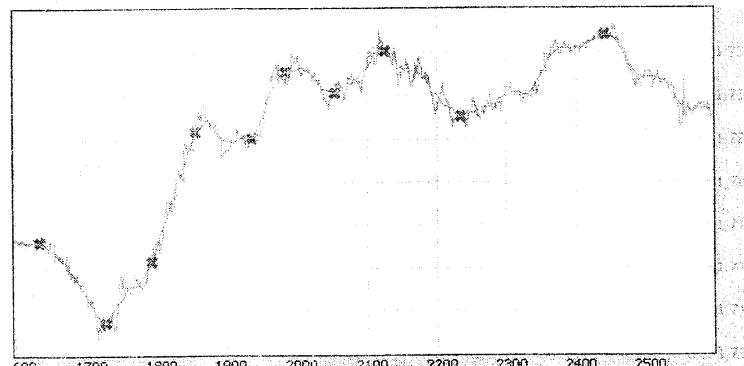


Рис. 3. Точки разладки, найденные методом заключения в коридор

АКС для изменения среднего. Сам по себе этот метод требует много априорной информации и используется при резком изменении среднего стационарного процесса.

Основная задача алгоритма АКС – выявление момента времени, когда осуществляется изменение свойств процесса, который контролируется. Это дает возможность решать сформулированную задачу оперативно в реальном времени.

Пусть x_i – величина, которую мы наблюдаем, и она – нормально распределена.

Для использования этого алгоритма нам необходима следующая информация:

- m_1 – значение математического ожидания до разладки;
- m_2 – значение математического ожидания после разладки;
- σ^2 – считаем, что дисперсия не изменилась.

Алгоритм построен на последовательном вычислении значений статистики R_n согласно значениям x_i в реальном времени. Подсчитанное значение R_n сопоставляют с порогом h . Если $R_n < h$, то процесс контроля продолжается, иначедается сигнал о присутствии разладки.

Последовательные значения функции R_n считаются рекуррентно, исходя из значений статистики на предыдущем шаге R_{n-1} и следующего значения x_i .

Используется следующая формула:

$$R_i = \begin{cases} \max(0, R_{i-1} + g(i)), & \text{если } i > 0 \\ 0 & \text{если } i = 0 \end{cases}$$

$$g_i = \begin{cases} \frac{x_i - m}{\sigma}, & m_1 < m_2 \\ \frac{m - x_i}{\sigma}, & m_1 > m_2 \end{cases}$$

где

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2}$$

Момент разладки определяется следующим образом:
 $N = \inf\{i : R_i \geq h\}$.

Для того, чтобы адаптировать этот алгоритм к нашей задаче, необходимо провести сглаживание временного ряда и разбиение его на классы. Недостатком является то, что алгоритм будет выдавать сигналы о разладках во всех точках временного ряда, где тренд будет иметь постоянную тенденцию к росту или спаду, поэтому точки разладки нужно удалить на таких участках, где можно провести

аппроксимирующую прямую и отклонение временного ряда от нее не будет превышать установленного барьера.

Результат работы такого метода (параметры метода: ширина класса – 20, барьер – 10% разницы между максимальным и минимальным значением временного ряда) изображен на рис. 4:

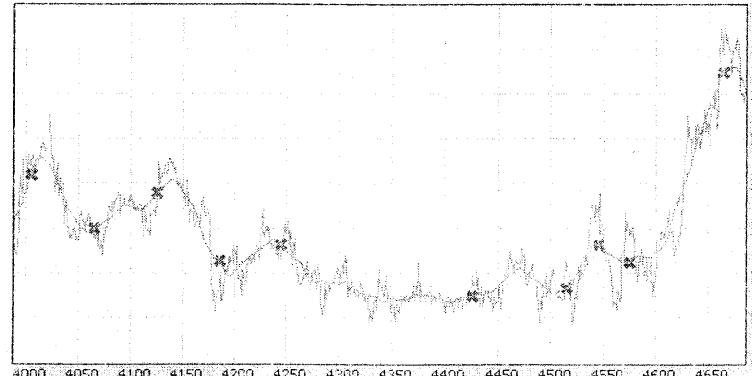


Рис. 4. Точки разладки, найденные критерием изменения среднего

Граф системы. Так для системы Forex формируется граф переходов (рис.5), где $P_0(t)$, $P_1(t)$, $P_2(t)$ – соответственно функции риска нахождения системы в состояниях

- 0 - восходящий тренд;
- 1 - нисходящий тренд;
- 2 - боковой тренд;
- λ_{ij} – интенсивности переходов из состояния i в состояние j .

В данной статье делается предположение о том, что мы имеем дело с простейшим потоком событий и интенсивности $\lambda_{ij} = const$.

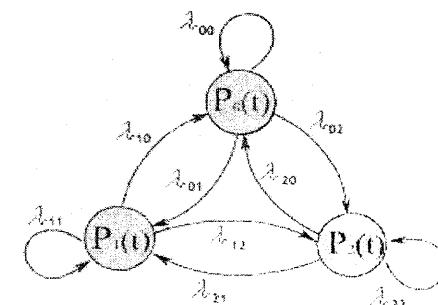


Рис. 5. Граф функционирования модели рынка Forex

Для которого вводится Марковская модель функционирования рынка. Как известно, данный процесс представим в виде системы дифференциальных уравнений Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -P_0(t) \cdot (\lambda_{01} + \lambda_{02}) + P_1(t) \cdot \lambda_{10} + P_2(t) \cdot \lambda_{20}; \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = -P_1(t) \cdot (\lambda_{10} + \lambda_{12}) + P_0(t) \cdot \lambda_{01} + P_2(t) \cdot \lambda_{21}; \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = -P_2(t) \cdot (\lambda_{21} + \lambda_{20}) + P_1(t) \cdot \lambda_{12} + P_0(t) \cdot \lambda_{02}; \\ \sum_{i=0}^2 P_i(t) = 1 \end{cases} \quad (1)$$

Решение данной системы при заданных начальных условиях (2). Дает возможность получить в аналитическом виде функции риска и определить время, при котором процесс входит в стационарный режим.

$$\begin{cases} P_0(0) = 0; \\ P_1(0) = 0; \\ P_2(0) = 1 \end{cases} \quad (2)$$

Решение имеет вид.

Динамический режим:

$$\begin{aligned} P_0(t) = & \frac{\lambda_{10}\lambda_{20} + \lambda_{10}\lambda_{21} + \lambda_{12}\lambda_{20}}{\lambda_{01}\lambda_{21} + \lambda_{02}\lambda_{21} + \lambda_{01}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{12} + \lambda_{20}\lambda_{10} + \lambda_{20}\lambda_{12} + \lambda_{20}\lambda_{01}} + \\ & + \left(D - 2\lambda_{01}\sqrt{D} - 2\lambda_{02}\sqrt{D} + 2\lambda_{10}\lambda_{20} + 2\lambda_{10}\lambda_{21} + 2\lambda_{12}\lambda_{20} - \lambda_{20}^2 - 2\lambda_{20}\lambda_{21} - \lambda_{21}^2 - \right. \\ & \left. - 2\lambda_{21}\lambda_{12} - \lambda_{10}^2 - 2\lambda_{10}\lambda_{12} - \lambda_{12}^2 + \lambda_{01}^2 + \lambda_{02}^2 + 2\lambda_{01}\lambda_{02} \right) / \left(2\sqrt{D}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} - \sqrt{D})} + \\ & + \left(D - 2\lambda_{01}\sqrt{D} - 2\lambda_{02}\sqrt{D} + 2\lambda_{10}\lambda_{20} + 2\lambda_{10}\lambda_{21} + 2\lambda_{12}\lambda_{20} - \lambda_{20}^2 - 2\lambda_{20}\lambda_{21} - \lambda_{21}^2 - \right. \\ & \left. - 2\lambda_{21}\lambda_{12} - \lambda_{10}^2 - 2\lambda_{10}\lambda_{12} - \lambda_{12}^2 + \lambda_{01}^2 + \lambda_{02}^2 + 2\lambda_{01}\lambda_{02} \right) / \left(2\sqrt{D}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} + \sqrt{D})}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_1(t) = & \frac{\lambda_{01}\lambda_{20} + \lambda_{01}\lambda_{21} + \lambda_{02}\lambda_{21}}{\lambda_{01}\lambda_{21} + \lambda_{02}\lambda_{21} + \lambda_{10}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{12} + \lambda_{20}\lambda_{10} + \lambda_{20}\lambda_{12} + \lambda_{20}\lambda_{01}} + \\ & + \left(\lambda_{01}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \sqrt{D}) + 2\lambda_{01}\lambda_{20} + 2\lambda_{01}\lambda_{21} + \right. \\ & \left. + 2\lambda_{02}\lambda_{21} \right) / \left(\sqrt{D}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) \times \\ & \times e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} - \sqrt{D})} \Bigg) + \left(\lambda_{01}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \right. \\ & \left. + \sqrt{D}) + 2\lambda_{01}\lambda_{20} + 2\lambda_{01}\lambda_{21} + 2\lambda_{02}\lambda_{21} \right) / \left(\sqrt{D}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) \times \\ & \times e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} - \sqrt{D})} \Bigg) + \\ & + \left(\lambda_{01}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \right. \\ & \left. + \sqrt{D}) + 2\lambda_{01}\lambda_{20} + 2\lambda_{01}\lambda_{21} + 2\lambda_{02}\lambda_{21} \right) / \left(\sqrt{D}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) \times \\ & \times e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} + \sqrt{D})} \Bigg); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2(t) = & \frac{\lambda_{01}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{12}}{\lambda_{01}\lambda_{21} + \lambda_{02}\lambda_{21} + \lambda_{10}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{12} + \lambda_{20}\lambda_{10} + \lambda_{20}\lambda_{12} + \lambda_{20}\lambda_{01}} + \\ & + \left(\lambda_{02}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \sqrt{D}) + 2\lambda_{01}\lambda_{12} + 2\lambda_{02}\lambda_{10} + \right. \\ & \left. + 2\lambda_{02}\lambda_{12} \right) / \left(\sqrt{D}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) \times \\ & \times e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} - \sqrt{D})} \Bigg) + \left(\lambda_{02}(-\lambda_{20} - \lambda_{21} - \lambda_{10} - \lambda_{12} - \lambda_{01} - \lambda_{02} - \right. \\ & \left. - \sqrt{D}) + 2\lambda_{01}\lambda_{12} + 2\lambda_{02}\lambda_{10} + 2\lambda_{02}\lambda_{12} \right) / \left(\sqrt{D}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} + \sqrt{D}) \right) \times \\ & \times e^{\frac{1}{2}(\lambda_{20} + \lambda_{21} + \lambda_{10} + \lambda_{12} + \lambda_{01} + \lambda_{02} + \sqrt{D})} \Bigg); \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} D = & 2\lambda_{12}\lambda_{21} - 2\lambda_{12}\lambda_{20} - 2\lambda_{10}\lambda_{21} + 2\lambda_{02}\lambda_{20} - 2\lambda_{10}\lambda_{10} - 2\lambda_{01}\lambda_{10} \\ & - 2\lambda_{01}\lambda_{20} + 2\lambda_{01}\lambda_{10} - 2\lambda_{01}\lambda_{12} - 2\lambda_{02}\lambda_{10} - 2\lambda_{02}\lambda_{12} + 2\lambda_{01}\lambda_{01} + 2\lambda_{01}\lambda_{02} + 2\lambda_{02}\lambda_{02} \\ & + 2\lambda_{12}\lambda_{10} + \lambda_{12}^2 + \lambda_{12}^2 + \lambda_{01}^2 + 2\lambda_{01}\lambda_{02} + \lambda_{02}^2. \end{aligned}$$

Стационарный режим:

$$\begin{cases} P_0 = \frac{\lambda_{02}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{20} + \lambda_{10}\lambda_{20}}{\lambda_{01}\lambda_{10} + \lambda_{01}\lambda_{12} + \lambda_{01}\lambda_{20} + \lambda_{02}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{21} + \lambda_{10}\lambda_{21} + \lambda_{12}\lambda_{21}} \\ P_1 = \frac{\lambda_{01}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{21} + \lambda_{10}\lambda_{21}}{\lambda_{01}\lambda_{10} + \lambda_{01}\lambda_{12} + \lambda_{01}\lambda_{20} + \lambda_{02}\lambda_{10} + \lambda_{02}\lambda_{12} + \lambda_{02}\lambda_{21} + \lambda_{10}\lambda_{21} + \lambda_{12}\lambda_{21}} \\ P_2 = \frac{(\lambda_{01} - \lambda_{12})\lambda_{21} + \lambda_{01}(\lambda_{12} + \lambda_{20} + \lambda_{21})}{(\lambda_{01} - \lambda_{12})(\lambda_{21} - \lambda_{10}) - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \lambda_{10})(\lambda_{12} + \lambda_{20} + \lambda_{21})} \end{cases} \quad (3)$$

Описанная модель оценки функции риска позволяет количественно оценить риски участников рынка. И является хорошим критерием в системах поддержки принятий решений.

В качестве примера возьмем к рассмотрению данные котировок USDCHF (доллар США против швейцарского франка) длинной 6796 значений и найдем точки разладки методом «заключения в коридор» (Рис.6.)

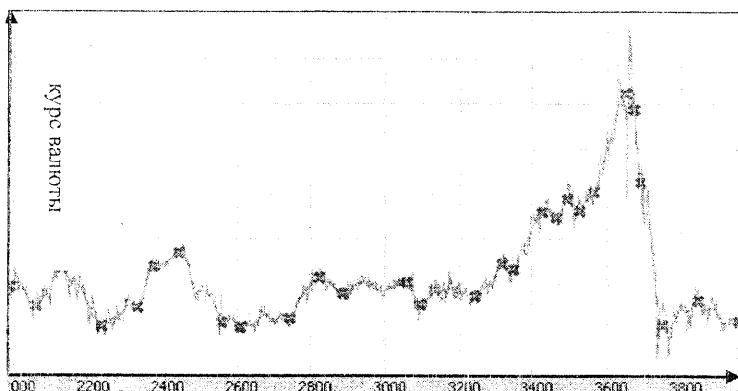


Рис. 6. Данные USDCHF с найденными точками разладки

При ширине окна в 5%, найдено 86 точек разладки

По полученным данным можно сформировать списки времен пребывания системы в конкретном состоянии перед ее переходом в другое состояние.

Полученные результаты использованы для построения таблицы переходных интенсивностей (Рис.7.).

Количество состояний:			3
Матрица интенсивностей:			
	0	1	2
0		0,01442	0,00765
1	0,01437		0,00701
2	0,01667	0,01314	

Рис. 7. Матрица интенсивностей с тремя состояниями

Таким образом, были получены следующие результаты.

Наиболее вероятным является пребывание системы в состоянии роста рынка ($P = 0.4068$).

Решение системы (1) для примера с постоянными интенсивностями приведено на Рис. 8:

	P0	T0	P1	T1	P2	T2
Аналитические	0,2062	66,5400	0,3957	56,8300	0,1975	35,4000
Имитационные	0,4563	69,0000	0,3478	68,0000	0,1499	39,0000

Рис. 8. Вероятностные показатели и время входления в стационарный режим

Надійшла до редколегії 18.12.09