

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Использование интеллектуальных агентов на автоматизированном грузовом терминале // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. – № 7 (132). – С. 174-180.
2. Berghman L., Leus R., Spiessma F.C.R. Optimal solutions for a dock assignment problem with trailer transportation // Annals of Operations research. Springer Netherlands, 2011.
3. Кросс-докинг. Перспективная схема складской логистики. – 2009. – <http://www.nlsklad.ru/stat-i/kross-doking.html>.
4. Фетисова Т., Бабаев А. Технологическая эффективность кросс-докинга, 2012. – <http://www.concept-logic.ru/publication/works/work12.php>.
5. Луцан М.В., Нужнов Е.В. Трехмерная упаковка прямоугольных объектов с определением последовательности их погрузки // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным системам «IS-IT'11». Научное издание в 4-х томах. – М.: Физматлит, 2011. – Т. 3. – С. 285-291.
6. Нужнов Е.В., Барлит А.В. Трехмерная упаковка на основе эвристических процедур // Известия РГТУ. – 2002. – № 3 (26). – С. 95-101.
7. Wooldridge M.J. Intelligent Agents // Multiagent Systems. – 2001. – P. 27-79.
8. Кныш Д.С., Курейчик В.М. Проблемы, обзор и параллельные генетические алгоритмы: состояние // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2010. – № 4. – С. 72-82.
9. Курейчик В.М., Курейчик В.В., Родзин С.И. Модели параллелизма эволюционных вычислений // Вестник ростовского государственного университета путей сообщения. Научно-технический журнал. – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУПС. – 2011. – № 3. – С. 91-96.

Статью рекомендовала к опубликованию д.т.н., профессор Л.С. Лисицына.

Луцан Максим Васильевич – Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге; e-mail: maxim.lutsan@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП 17А; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; аспирант.

Нужнов Евгений Владимирович – e-mail: nev@tsure.ru; кафедра систем автоматизированного проектирования; к.т.н.; доцент.

Lutsan Maxim Vasilyevich – Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Autonomy Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”; e-mail: maxim.lutsan@gmail.com; GSP 17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; postgraduate student.

Nuzhnov Evgenij Vladimirovich – e-mail: nev@tsure.ru; the department of computer aided design; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 681.3.06: 681.323 (519.6)

Я.Е. Ромм, А.И. Тренкеншу

**ВЫДЕЛЕНИЕ ТРЕНДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧЕК РАЗВОРОТА
ТЕНДЕНЦИЙ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ НА ОСНОВЕ СХЕМ
СОРТИРОВКИ**

Изложен метод программного выделения основных тенденций на финансовых рынках с автоматическим подбором определяющих параметров. Метод опирается на алгоритмы устойчивой сортировки, с помощью которой идентифицируются все локальные экстремумы входной последовательности цен закрытия дня финансовых инструментов. Представлен алгоритм автоматического выделения экстремумов на графиках финансовых инструментов, являющихся опорными точками трендов. Предложен метод определения сигнала разворота тенденции на финансовых рынках, учитывающий важнейшие характеристики локализованных с помощью автоматического подбора параметров экстремумов. Приведе-

ны пример и результаты применения метода разворота тенденции к инструментам финансовых рынков. На основе предложенных методов построен алгоритм прогнозирования будущего движения цены.

Тенденции; алгоритм; сортировка; финансовые рынки; метод разворота; ценовой прогноз; выделение тренда; локализация экстремумов.

Ya.E. Romm, A.I. Trenkenshu

IDENTIFICATION OF TECHNICAL PATTERNS AND SELECTION OF THE MAIN TRENDS OF FINANCIAL MARKETS USING SORTING SCHEMES

The method of software-based selection of main trends on financial markets with automatic selection of key parameters is recounted. The method is based on stable sorting algorithms, with help of which all local extremums, of input price daily returns sequence of financial instruments, are identified. The algorithm of extremums automatic selection on graphics of financial instruments, which are supporting point of trends, is presented. The method of definition signal of changing trends on financial markets, which takes into consideration important characteristics of localized with help of automatic selection parameters extremums, is proposed. Examples and results of the method application to instruments of financial markets, are given. The algorithm or future price movement prediction based on proposed methods is built

Trends; algorithm; sorting; financial markets; changing method; price prediction; trend selection; extremums localization.

Постановка задачи. Выявление различных фигур и трендов на графиках инструментов финансовых рынков (валютных пар, акций, фьючерсов и т.п.) является составной частью графического анализа, позволяющего иногда достаточно точно предсказать движение цены. В [1, 2] было показано, что применение локализации экстремумов на основе сортировки с сохранением обратной индексации [3, 4] к оцифрованным данным значений цен закрытия различных финансовых инструментов позволяет выделять на ценовых графиках основные модели графического анализа [5–7] при вариации радиусов окрестностей точек экстремумов. На этой же основе в [8] был синтезирован алгоритм автоматического компьютерного выделения и идентификации фигур графического анализа цен закрытия как на валютном рынке FOREX, так и на других финансовых рынка. В [8] показано, что на той же основе можно выделить существенные тенденции на финансовых рынках и построить прогноз движения цены. Задачей данной работы является поиск инструментария по уточнению прогноза движения цены, в частности, позволяющего предсказывать разворот существующей на рынке тенденции. Предложенные методы анализа и алгоритмы реализованы в среде программирования Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition на языке C#.

Для программного эксперимента выбраны дневные графики различных финансовых инструментов, поскольку на графиках более мелких временных масштабов содержится много шума, препятствующего определению тенденций на финансовых рынках, а на графиках более крупных масштабов (недельных и месячных) – теряется значительное количество важной информации.

Выделение основных тенденций на финансовых рынках с автоматическим подбором определяющих параметров. Тенденции на финансовых рынках можно выделить с помощью экстремумов, которые отражают наиболее существенные особенности графиков, т.е. подъемы и падения. С этой целью применяются операторы локализации экстремумов, которые определяются следующим образом [1]. Пусть $a[1..N]$ – исходная числовая последовательность, $Sort$ – оператор сортировки, упорядочивающий исходные данные и сохраняющий обратную индексацию элементов. Пусть $IndexVector[k], k = 0, N-1$ – массив индексов отсортированных элементов. Тогда $a[IndexVector[k]]$ – минимальный элемент [3] (в даль-

нейшем минимум) в некоторой Eps -окрестности тогда и только тогда, когда

$$| IndexVector[k] - IndexVector[k - r] | > Eps \quad \forall r = 1, 2, \dots, k - 1.$$

Аналогичным образом определяется максимум исходной числовой последовательности:

$$| IndexVector[k] - IndexVector[k + r] | > Eps \quad \forall r = 1, 2, \dots, n - k.$$

Применение описанного оператора к исходной ценовой последовательности позволяет выделить экстремумы на графиках финансовых рынков при различных радиусах локализации, образуя первично локализованную последовательность экстремумов, при этом экстремумы идентифицируются по значению и по индексу. Если первично локализованные экстремумы выделить в отдельную подпоследовательность, к которой затем снова как к исходной применить оператор локализации экстремумов, то получится разреженная вторичная подпоследовательность экстремумов. В силу фильтрующих свойств предложенного способа выделения экстремумов, осуществляемого без изменений значений и индексов обрабатываемой последовательности, вторичная подпоследовательность будет содержать меньше шума. Точнее, она будет выражать наиболее существенные экстремальные особенности входной последовательности. На этой основе она может более точно отражать тенденции. Таким образом, применяя данную процедуру, которая из исходной ценовой последовательности данных локализует последовательности экстремумов (без их искажения), используемые далее для локализации подпоследовательностей экстремумов (также без их искажения), мы выделим множество наиболее существенных экстремумов, которые и будут являться опорными точками тренда на графиках. Рассматриваемая процедура выполняется для различных радиусов локализации экстремумов, которые подбираются программно («автоматически») на основе эксперимента с графиками финансовых рынков. Процесс подбора представляет собой итерационный процесс, который согласно эксперименту обладает свойством «сходимости». Данным свойством обладает как процесс локализации максимумов, так и процесс локализации минимумов. Под «сходимостью» понимается получение совпадающих результатов локализации одновременно всех экстремумов вторичной последовательности при некотором фиксированном наборе радиусов окрестности, по крайней мере, для четырех следующих друг за другом итераций.

Экспериментально подтверждено, что такой процесс позволяет выделить тренды на графиках финансовых рынков. Итерационный алгоритм процесса локализации экстремумов имеет следующий вид:

Шаг 1. Задаем радиус первичной локализации Eps , вычисляем экстремумы при заданном радиусе локализации. Присваиваем целочисленной переменной i значение 1.

Шаг 2. Назначаем найденную на *Шаге 1* последовательность экстремумов в качестве исходной. Присваиваем целочисленной переменной i значение 1. Вычисляем экстремумы исходной последовательности при радиусе локализации i . Помещаем их в объект CurrExtr. Значение счетчика Counter=0.

Шаг 3. $i=i+1$. Вычисляем экстремумы исходной последовательности при радиусе локализации i . Помещаем их в объект TempExtr. Если TempExtr=CurrExtr, то перейти к шагу 4, иначе – к шагу 5.

Шаг 4. Counter=Counter+1. Если Counter=3, то остановить процесс, иначе переход к шагу 3.

Шаг 5. Counter=0. Переход к шагу 3.

Программная реализация алгоритма представлена в [8].

Приведем пример выделения тренда. На рис. 1 приведено выделение опорных точек тренда на графике Евро/Доллар за период с 02.01.1998 по 01.11.2011. Радиусы локализации максимумов: первичный $r = 1$, вторичный, подобранный на основе автоматизированного итерационного процесса – $r = 25$. Радиусы локализации минимумов в данном случае те же.

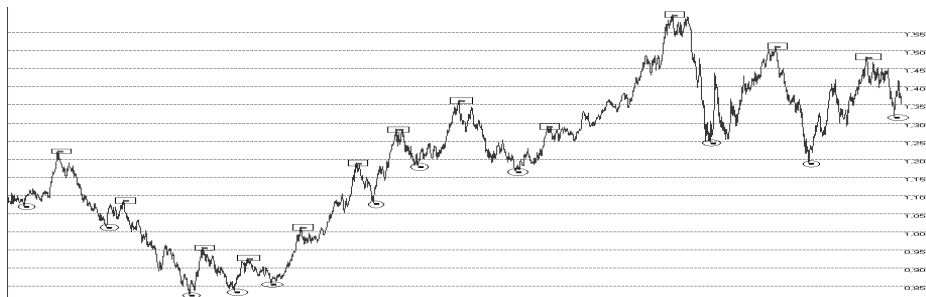


Рис. 1. Выделение тренда на графике Евро/Доллар за период с 02.01.1998 по 01.11.2011

Заметим, что опорные точки тренда указывают сам тренд на момент появления последней опорной точки, если тренд понимать в усредненном смысле с учетом предложенной фильтрации шумов.

Метод определения разворота тенденции. С помощью численного и программного исследования был синтезирован метод, применение которого к локализованным экстремумам позволит предсказать разворот существующей на рынке тенденции. Этот метод учитывает важнейшие характеристика локализованных с помощью автоматического подбора параметров экстремумов. Введем следующие понятия:

Расстояние между экстремумами – разность индексов двух экстремумов, взятая по модулю. *Приведенная разность* – отношение, взятое по модулю, разности величин двух ближайших экстремумов противоположного типа к расстоянию между ними. *Приращение экстремумов* – величина, равная разности значений двух ближайших экстремумов противоположного типа, взятая по модулю. *Экстремальный треугольник* – прямоугольный треугольник на графике, гипотенуза которого – отрезок, соединяющий точки экстремумов, а катеты – расстояние между точками экстремумов по горизонтали и по вертикали. *Угол α* – угол экстремального треугольника между гипотенузой и горизонтальный катетом.

Рис. 2 иллюстрирует описанные характеристики.



Рис. 2. Иллюстрация характеристик экстремумов

Тогда признаком разворота текущей тенденции является одновременное выполнение следующих условий:

1. Приращение экстремумов в направлении противоположном направлению тенденции отличается от приращения экстремумов в направлении тенденции на величину не более 230.
2. Расстояние между экстремумами в направлении противоположном направлению тенденции меньше расстояния между экстремумами в направлении тенденции.
3. Либо угол α в направлении противоположном направлению тенденции больше угла α в направлении тенденции не менее, чем на 8 градусов, либо величина гипотенузы в экстремальном треугольнике в направлении противоположном направлению текущей тенденции меньше величины гипотенузы в экстремальном треугольнике в направлении тенденции, по крайней мере, на величину 50.

Данный метод проверки разворота тренда применяется при появлении следующего минимума при восходящей тенденции и максимума – при нисходящей.

Результаты работы метода определения разворота тенденции на графиках финансовых инструментов. Разработанный метод был применен к графикам различных финансовых инструментов. Приведем пример определения разворота тенденции.

На рис. 3 изображен график валютной пары Евро/Доллар за период с 02.01.1998 по 10.01.2001, на котором показаны локализованные экстремумы, являющиеся опорными точками тенденции, и характеристики экстремумов, о которых было сказано выше. Ниже в табл. 2 сведены характеристики экстремумов в направлении противоположном направлению тренда (на рис. 3 это направление обозначено цифрой 2) и в направлении тренда (на рис. 3 это направление обозначено цифрой 1).

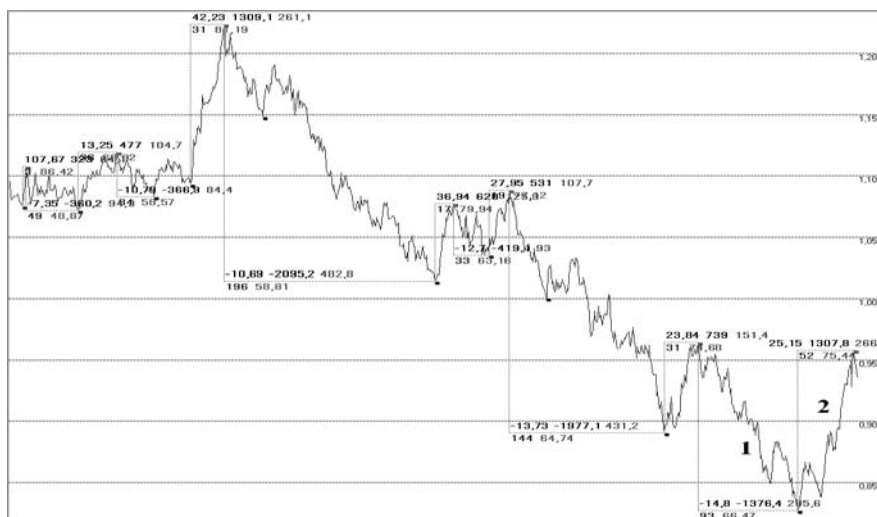


Рис. 3. График пары Евро/Доллар за период с 02.01.1998 по 10.01.2001

На рис. 4 изображен график валютной пары Евро/Доллар за период с 02.01.1998 по 01.02.2003, который подтверждает разворот тенденции, предсказанный на рисунке (см. рис. 3).

Результаты применения метода определения разворота тенденции к финансовым инструментам приведены в табл. 3.

Таблица 2

	Против. напр. тенденции	В напр. тенденции
Раст. между экстр.	52	93
Приведенная разность	25,15	14,8
Высота	1307,8	1376,4
Угол	75,44	66,47
Гипотенуза	266	295,6
Признак разворота: $(52 < 93) \wedge (1307,8 - 1376,4 < 230) \wedge ((75,44 - 66,47 > 8) \vee (295,6 - 266 > 50)) = true$		

Из таблицы (см. табл. 2) видно, что приведенные характеристики экстремумов удовлетворяют признаку разворота тенденции.

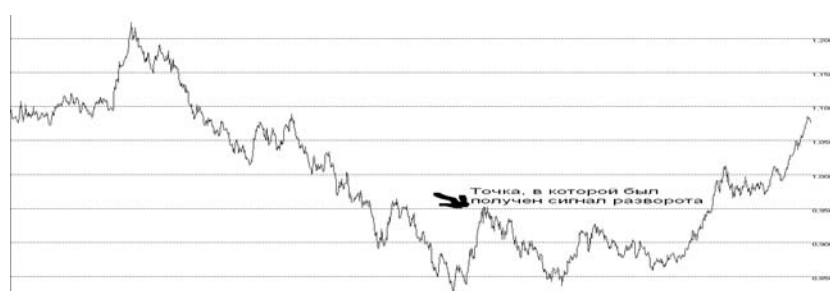


Рис. 4. График пары Евро/Доллар за период с 02.01.1998 по 01.02.2003

Таблица 3

Результаты применения метода определения разворота тенденции

Финансовый инструмент	Общее количество попыток	Количество успешных попыток	Процент успешных сделок от общего числа
EUR/USD	15	14	93,3%
USD/CHF	18	17	94,4%
USD/JPY	16	15	93,75%
GBP/USD	19	19	100%
AUD/USD	14	12	86%
NZD/USD	16	15	93,75%
USD/CAD	15	15	100%

Применение метода определения разворота тенденции для уточнения ценового прогноза. С помощью описанного метода определения разворота текущей тенденции можно существенно уточнить алгоритм прогноза движения цены в будущем.

Определение 1. В соответствии с принятой терминологией будем говорить, что тенденция на финансовом рынке восходящая, если для последних чередующихся максимумов и минимумов M_1, M_2, m_1, m_2 одновременно выполняются неравенства: $M_2 > M_1$ и $m_2 > m_1$.

Определение 2. Будем говорить, что тенденция на финансовом рынке преобладает из нисходящей в восходящую, если $P_{Cur} > T$, где P_{Cur} – текущая цена на финансовом рынке, T – значение экстремума, на котором был получен сигнал разворота предыдущей нисходящей тенденции.

Определение 3. В соответствии с принятой терминологией будем говорить, что тенденция на финансовом рынке нисходящая, если для последних чередующихся максимумов и минимумов M_1, M_2, m_1, m_2 одновременно выполняются неравенства: $M_2 < M_1$ и $m_2 < m_1$.

Определение 4. Будем говорить, что тенденция на финансовом рынке преобразуется из восходящей в нисходящую, если $P_{Cur} < T$, где P_{Cur} – текущая цена на финансовом рынке, T – значение экстремума, на котором был получен сигнал разворота предыдущей восходящей тенденции.

Приведем усовершенствованный алгоритм прогноза движения цены:

Шаг 1. Если текущая тенденция на рынке восходящая в соответствии с определениями 1 или 2, то переходим к шагу 2. Если текущая тенденция на рынке нисходящая в соответствии с определениями 3 или 4, то переходим к шагу 3.

Шаг 2. Если текущий экстремум – минимум, то переход к шагу 4.

Шаг 3. Если текущий экстремум – максимум, то переход к шагу 4.

Шаг 4. Применяем метод определения разворота тенденции. Если метод выдает сигнал разворота, то делается предположение о скором развороте текущей тенденции, если нет – о продолжении текущей тенденции.

Предложенный прогноз допускает отклонение цены от линии соединения экстремумов, но сохраняет общий тренд. Его достоверность согласно эксперименту составляет всего один шаг вперед – до появления следующего экстремума (такой шаг измеряется временем от недели до нескольких месяцев). Результаты применения алгоритма прогнозирования движения цены совпадают с результатами, приведенными в таблице (см. табл. 3).

Заключение. В работе изложен метод программного выделения основных тенденций на финансовых рынках с автоматическим подбором определяющих параметров. Метод опирается на алгоритмы устойчивой сортировки, с помощью которой идентифицируются все локальные экстремумы входной последовательности цен закрытия дня финансовых инструментов. Предложен метод определения сигнала разворота тенденции на финансовых рынках. На основе описанных методов построен алгоритм прогнозирования будущего движения цены.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ромм Я.Е., Тренкениу А.И. Выделение фигур графического анализа на рынке FOREX методом локализации экстремумов цен закрытия / Таганрог. госуд. педагогич. ин-т. – Таганрог, 2011. – ДЕП. в ВИНТИ 04.03.2011 №106 – В2011. – 43с.
2. Ромм Я.Е., Тренкениу А.И. Программное выделение и идентификация фигур графического анализа финансовых рынков на основе локализации экстремумов цен закрытия / Таганрог. госуд. педагогич. ин-т. – Таганрог, 2011. – ДЕП. в ВИНТИ от 19.07.2011, № 351-В2011. – 80 с.
3. Ромм Я.Е. Локализация и устойчивое вычисление нулей многочлена на основе сортировки. II // Кибернетика и системный анализ. – 2007. – № 2. – С.161 – 174.
4. Ромм Я.Е. Метод вычисления нулей и экстремумов функций на основе сортировки с приложением к поиску и распознаванию. I // Кибернетика и системный анализ. – 2001. – № 4. – С. 142-159.
5. Федоров А.В. Графический анализ финансовых рынков (профи-курс). Часть 2. Графические фигуры. – М.: Международная Академия Биржевой Торговли Форекс Клуб, 2008. – 74 с.
6. Шваргер Джек. Технический анализ. Полный курс. – М.: Альпина Паблишер, 2001. – 768 с.
7. Andrew W.LO, Harry Mamaysky, Jiang Wang. Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms, Statistical Inference and Empirical Implementation. The Journal of finance. Vol. LV, No. 4, August 2000.

8. *Ромм Я.Е., Тренкеншу А.И.* Распознавание фигур графического анализа и выделение трендов финансовых рынков на основе схем сортировки / Таганрог. госуд. педагогич. ин-т. им. А.П. Чехова – Таганрог, 2012. – ДЕП. в ВИНТИ 27.04.2012 №195 – В2012. – 21с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. И.И. Турулин.

Ромм Яков Евсеевич – ФГБОУ ВПО «Таганрогский государственный педагогический институт имени А.П. Чехова»; e-mail: romm@list.ru; 347926, г. Таганрог ул. Инициативная, 48; тел.: 88634601753, 88634601812, 88634601899; кафедра информатики; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор.

Тренкеншу Александр Игоревич – e-mail: trenkenshu@list.ru; тел.: 89604503397; кафедра информатики; аспирант.

Romm Yakov Evseevich – Taganrog State Pedagogical Institute named after A.P. Chechov; e-mail: romm@list.ru; 48, Initsiativnaya street, Taganrog, 347926, Russia; phones: +78634601753, +78634601812, +78634601899; the department of computer science; head the department; dr. of eng. sc.; professor.

Trenkenshu Alexandr Igorevich – e-mail: trenkenshu@list.ru; phone: +79604503397; the department of computer science; postgraduate student.