

На правах рукописи

Тимофеев Сергей Алексеевич

**МОДЕЛИ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНЫХ ПАР НА ОСНОВЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ**

Специальность 08.00.13 – Математические и инструментальные методы экономики

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Санкт-Петербург - 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель доктор экономических наук, профессор
Юрьев Владимир Николаевич

Официальные оппоненты: Медников Михаил Дмитриевич
доктор экономических наук, профессор кафедры
«Мировая и региональная экономика», ФГБОУ ВПО
«СПбГПУ»

Ичкитидзе Юрий Роландович
кандидат экономических наук, доцент кафедры
«Исследования операций в экономике им. Ю.А.
Львова», ФГБОУ ВПО «СПбГЭУ»

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»

Защита состоится "12" декабря 2013 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.229.23 при ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по адресу: 195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, 3-й учебный корпус, ауд. 506.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет».

Автореферат разослан "7" ноября 2013 г. и размещен на сайте ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»
http://www.spbstu.ru/science/council_defends.html.

Ученый секретарь

Диссертационного Совета Д 212.229.23,
доктор экономических наук, профессор

Сулоева Светлана Борисовна

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. Валютный рынок представляет собой систему устойчивых экономических и организационных отношений, возникающих при осуществлении операций по покупке и/или продаже иностранной валюты, платежных документов в иностранных валютах, а также операций по движению капитала иностранных инвесторов. Его основными участниками являются банки, валютные биржи, пенсионные фонды, страховые компании и частные лица. Все они тщательно изучают рынок, делая прогнозы, строят свои торговые стратегии, которые основаны на различных методиках и моделях.

С развитием математических методов и информационных технологий растет заинтересованность трейдеров в проверке существующих стратегий торговли, а также в поиске новых методов и моделей прогнозирования динамики валютных пар. Основные виды анализа валютного рынка – технический и фундаментальный. Технический анализ подразумевает прогнозирование изменений цен в будущем на основе анализа изменений цен в прошлом, кроме того используется информация об объемах торгов и другие статистические данные. Фундаментальный анализ включает в себя комплекс анализируемых показателей – экономических, социальных и политических. И тот и другой анализ подразумевает наличие определенного плана действий в отношении способов использования полученной информации в качестве основы для построения стратегии торговли. Применение на валютном рынке эффективных современных методов, в частности, нейронных сетей, методов статистического анализа, информационных технологий, несомненно, является актуальным и может внести определенный вклад в развитие принципов изучения изменений валютных котировок и в возможность более точного прогнозирования.

Кроме того, следует учитывать, что с течением времени количество освещаемых в средствах массовой информации (СМИ) экономических показателей постоянно растет.

Таким образом, необходимо исследование большого перечня экономических показателей в ежедневно выходящих новостях, что указывает на актуальность и практическую значимость выбранной темы диссертации.

Необходимость разработки новых математических моделей, ориентированных на определение направлений изменений валютных котировок в краткосрочной перспективе и численных значений их динамики, определили выбор темы диссертационного исследования.

В диссертации предпринята попытка решения научной задачи, которая заключается в построении математических моделей динамики валютных пар на основе фундаментального анализа.

Степень разработанности проблемы. Наиболее весомый вклад в развитие теории и практики построения моделей динамики валютного курса внесли такие зарубежные ученые как М. Фридман, М. Флеминг, К. Рогофф, М. Обстфельд, Д. Мид, Ф. Махлуп, Р. Манделл, Р. Макдональд. Российскими экономистами и специалистами в области валютного рынка также проводятся исследования в этой области.

Большинство работ посвящено исследованию технического анализа поведения валютных пар с использованием различных методов и моделей (факторный, фрактальный и регрессионный анализы, исследования изолированной и совместной работы различных индикаторов и осцилляторов, нейро-нечеткие сети и др.). В работах, посвященных фундаментальному анализу, используются линейный регрессионный анализ, модель паритета покупательной способности, модель Манделла-Флеминга, монетарная модель и др. Однако практически всем разработанным моделям, основанным на фундаментальном анализе, присущ небольшой набор анализируемых факторов.

Область исследования. Диссертационное исследование проведено в рамках специальности 08.00.13 «Математические и инструментальные методы экономики», паспорта специальностей ВАК раздела 1 «Математические методы»: пункты 1.6. «Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов» и 1.8. «Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития»; а также раздела 2 «Инструментальные средства» пункт 2.3. «Разработка систем поддержки принятия решений для рационализации организационных структур и оптимизации управления экономикой на всех уровнях».

Цель и задачи диссертационного исследования. Цель диссертации состоит в построении и исследовании математических моделей, позволяющих прогнозировать динамику валютных котировок в краткосрочной перспективе, основываясь на фундаментальных экономических показателях. Для достижения сформулированной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- определить и сгруппировать фундаментальные показатели экономики, используемые для экономико-математического анализа;
- оценить степень влияния каждой группы показателей на изменение валютной пары, а так же определить межгрупповые связи и возможность совместного использования сформированных групп при построении моделей;
- разработать модели прогнозирования валютных пар, основанные на статистическом анализе экономических показателей;

- определить значимость и возможность практического использования разработанных моделей, проверить их работоспособность на реальных данных и выявить те, которые наиболее точно отражают динамику валютных котировок;
- разработать методику анализа валютных пар и алгоритм торговли на валютном рынке с учетом построенных моделей;
- произвести расчет экономического эффекта от применения разработанной методики для анализируемых валютных пар.

Объектом исследования являются валютные котировки EUR/USD, EUR/RUB, USD/RUB.

Предметом исследования выступают методы и модели анализа и прогнозирования динамики валютных пар.

Теоретическую и методологическую базу исследования составили научные труды отечественных и зарубежных ученых и специалистов в области теории функционирования финансовых рынков, математического моделирования, а так же современные методы и модели анализа статистических данных.

Информационной базой для проведенного исследования послужили отечественная и зарубежная литература, публикации и материалы ученых-исследователей, статистические базы данных (<http://stat.hse.ru>, <http://guide.aonb.ru/stat.html>, архивы котировок торговой платформы MetaTrader4 и другие), официальные сайты отечественных и зарубежных организаций, бирж (<http://ru.investing.com/>, <http://marketing.rbc.ru/>, <http://www.mrcmarkets.ru/> и другие).

Научная новизна и основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Предложена оригинальная группировка фундаментальных показателей экономики, используемая для прогнозирования динамики валютных пар, и определены взаимосвязи между группами.

2. Построены модели свертки фундаментальных показателей, основанные на определении коэффициентов влияния сформированных групп на изменение цены котировки, и многофакторные модели прогнозирования динамики валютных пар, в построении которых используется корреляционный анализ.

3. Разработаны математические модели линейного и нелинейного множественного регрессионного анализа прогнозирования динамики валютных котировок, отличающиеся учетом совокупности выбранных групп показателей. Определена значимость всех построенных моделей.

4. Проведен технический анализ исследуемых валютных котировок с использованием пакета прикладных программ Matlab (ANFIS-редактор), в котором применен гибридный метод оптимизации при обучении нейро-нечеткой сети. Результаты анализа обеспечивают участников валютного рынка дополнительной информацией при принятии решений.

5. Разработан алгоритм торговли на валютном рынке и методика проведения анализа валютных пар, основанная на применении построенных моделей и позволяющая в большинстве исследованных временных интервалов получать положительный эффект от заключаемых сделок.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что выводы, полученные результаты, разработанные модели и рекомендации могут быть использованы в практической деятельности различными организациями, которые связаны с валютным рынком, и в работе которых присутствует прогнозирование возможных колебаний котировок. Актуальность построенных моделей обеспечивается проведением периодических корректировок на основе обновленных статистических данных. Разработанная методика проведения анализа валютных пар и алгоритм торговли на валютном рынке могут быть использованы в системе поддержки принятия решений прогнозирования динамики валютных котировок в краткосрочной перспективе при внутрисуточной торговле.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы были представлены и опубликованы в материалах ежегодных международных научно-практических конференций молодых ученых, студентов и аспирантов: «XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. Часть VII» (3 – 8 декабря 2012 г., Санкт-Петербург, СПбГПУ), «Системный анализ в проектировании и управлении» (27 – 29 июня 2012 г., Санкт-Петербург, СПбГПУ), «Стратегическое управление организациями: традиционные и современные методы» (21 – 22 марта 2013 г., Санкт-Петербург, СПбГПУ), «Финансовые проблемы и пути их решения: теория и практика» (23 – 25 апреля 2013 г., Санкт-Петербург, СПбГПУ).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 7 научных работ объемом 1,8 п. л., в том числе 3 статьи в научных журналах, входящих в перечень ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Основной текст занимает 133 страницы, содержит 19 таблиц, 13 рисунков.

Основные положения и результаты исследования

1. Предложена оригинальная группировка фундаментальных показателей экономики, и определены взаимосвязи между группами.

В существующих методах и моделях фундаментального анализа зачастую рассматриваются лишь некоторые из экономических показателей, которые заведомо оказывают сильное влияние на стоимость валюты, например ВВП, процентная ставка, уровень занятости. Однако наряду с ними ежедневно выходит множество новостей и по другим экономическим показателям, которые тоже оказывают влияние на валютный курс, и включение их в анализ может дать более четкое представление о динамике валютной пары.

Таким образом, возникает необходимость проведения анализа множества ежедневно выходящих политических, экономических и других новостей. В нашем исследовании мы ограничиваемся только новостями из сферы экономики. Для структуризации и систематизации информации по анализируемым новостям в диссертационной работе предложено их разбиение на шесть групп. В первую группу включены новости по изменению ВВП (фактор X_1), во вторую – новости, касающиеся изменения инфляции (фактор X_2), в третью – занятости населения (фактор X_3), в четвертую – производства (фактор X_4), в пятую – строительства и объемов продаж недвижимости (фактор X_5) и в шестую группу включены новости, не вошедшие ни в одну из вышеперечисленных (фактор X_6). Новости по экономическим показателям берутся для тех стран, национальные валюты которых включены в анализируемую валютную котировку. В диссертации проведено исследование по 65 экономическим показателям, некоторые из которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Классификация новостей по группам при анализе динамики валютных пар

№ группы	Показатели
1	Изменение ВВП, %.
2	Изменение индекса потребительских цен, изменение индекса цен производителей, уровень процентной ставки и др.
3	Изменение коэффициента безработицы, изменение числа занятых, количество заявок на пособие по безработице и др.
4	Изменение индекса производственной активности, объем производственных заказов, объем промышленного производства и др.
5	Изменение индекса расходов на строительство, изменение индекса цен на жилье, количество разрешений для строительства, количество продаж нового жилья, количество продаж на вторичном рынке жилья и др.
6	Изменение потребительских расходов, изменение индекса деловой активности, изменение торгового баланса, изменение индекса настроений потребителей и др.

После группировки показателей вычислены корреляционные связи между группами для определения возможности совместного использования представленных групп при

построении статистических моделей прогнозирования динамики валютных пар. В диссертации представлены корреляционные матрицы между группами для анализируемых валютных пар. Для пары EUR/USD она выглядит следующим образом:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & -0,05 & 0,15 & -0,19 & 0,16 & 0,15 \\ -0,05 & 1 & -0,06 & -0,03 & -0,05 & -0,02 \\ 0,15 & -0,06 & 1 & 0,03 & 0,03 & 0,09 \\ -0,19 & -0,03 & 0,03 & 1 & -0,09 & -0,003 \\ 0,16 & -0,05 & 0,03 & -0,09 & 1 & 0,09 \\ 0,15 & -0,02 & 0,09 & -0,003 & 0,09 & 1 \end{pmatrix}.$$

При этом в работе принято, что влияние новостных показателей на валютную пару внутри каждой группы одинаково. Определение влияния каждой из групп на динамику валютной котировки легло в основу экономико-статистического моделирования.

Оценка показателей по каждой из шести групп производится путем определения отношения между фактическим и предыдущим значениями экономических показателей, т.е. $X_i = \pm X_{i\text{факт.}}/X_{i\text{пред.}}$, где $i = \overline{1,6}$ - порядковый номер фактора. Знак каждого отношения определяется исходя из характера новости. Если выходящая новость по какому-либо показателю вызывает рост валютной котировки, то знак фактора «+», если падение – то знак «-». В один и тот же анализируемый момент времени по каждой группе показателей может выходить несколько новостей. В этом случае значения новостных факторов представляют собой суммы отношений фактических значений показателей к предыдущим. Значения изменений валютной пары определяются по ценовому графику после истечения одного часа с момента освещения значений индикаторов в СМИ. Данный временной интервал принят в связи с частым выходом новостей, а влияние новости на валютный курс с течением времени ослабевают или перебивается другой более свежей новостью.

2. Построены модели свертки фундаментальных показателей, основанные на определении коэффициентов влияния сформированных групп на изменение цены котировки, и многофакторные модели прогнозирования динамики валютных пар, в построении которых используется корреляционный анализ.

В проведенном исследовании построение моделей по валютной паре EUR/USD осуществлялось на данных, взятых за период с января 2012 г. по май 2013 г. включительно, по валютным парам EUR/RUB, USD/RUB – с января 2013 г. по июнь 2013 г. включительно.

Построена модель свертывания фундаментальных показателей, в которой предложено определение коэффициентов влияния каждой группы показателей на валютную пару

следующим образом: $CI_i = \frac{\sum_{j=1}^n |y_{ij}|}{n \cdot \frac{y_{max} - y_{min}}{100}}$

где y_{ij} – величина, на которую изменилась цена в течение часа после выхода новости, пункт; $i = \overline{1,6}$ – порядковый номер фактора; $j = \overline{1,n}$ – количество наблюдений, ед.; y_{max}, y_{min} – максимальная и минимальная величины, на которые изменилась цена после выхода новости в течение часа для i -го фактора, пункт ($y_{max} \neq y_{min}$).

Таким образом, изменение валютных котировок представляется в виде суммы произведений коэффициентов влияния на изменение показателей соответствующей группы факторов:

$$Y = CI_1 \cdot X_1 + CI_2 \cdot X_2 + CI_3 \cdot X_3 + CI_4 \cdot X_4 + CI_5 \cdot X_5 + CI_6 \cdot X_6.$$

Для валютной пары EUR/USD модель свертывания фундаментальных показателей имеет вид:

$$Y = 53,09 \cdot X_1 + 49,01 \cdot X_2 + 51,25 \cdot X_3 + 49,05 \cdot X_4 + 45,03 \cdot X_5 + 40,01 \cdot X_6.$$

Для валютной пары EUR/RUB:

$$Y = 34,29 \cdot X_1 + 36,68 \cdot X_2 + 40,014 \cdot X_3 + 34,73 \cdot X_4 + 35,44 \cdot X_6.$$

Для валютной пары USD/RUB:

$$Y = 83,26 \cdot X_1 + 46,53 \cdot X_2 + 35,78 \cdot X_3 + 33,75 \cdot X_4 + 38,82 \cdot X_5 + 38,88 \cdot X_6.$$

В диссертации обосновано применение корреляционного анализа при построении моделей прогнозирования динамики валютных пар. Связь между каждой из шести групп и изменением валютной котировки отражают найденные коэффициенты корреляции ($r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6$). Произведение коэффициента корреляции на сумму изменений фундаментальных показателей соответствующей группы показывает изменение валютной пары в пунктах. Тогда сумма таких произведений представляет суммарное изменение котировки. В итоге модель изменения валютной пары в общем виде выглядит следующим образом:

$$Y = r_1 \cdot X_1 + r_2 \cdot X_2 + r_3 \cdot X_3 + r_4 \cdot X_4 + r_5 \cdot X_5 + r_6 \cdot X_6.$$

С использованием рассчитанных коэффициентов корреляции, которые определены на исходных данных, приведенных в диссертации, построены следующие модели изменения валютных котировок:

1. Для валютной пары EUR/USD:

$$Y = 0,1 \cdot X_1 + 0,05 \cdot X_2 + 0,043 \cdot X_3 - 0,12 \cdot X_4 + 0,05 \cdot X_5 + 0,11 \cdot X_6.$$

2. Для валютной пары EUR/RUB:

$$Y = 0,17 \cdot X_1 - 0,12 \cdot X_2 + 0,07 \cdot X_3 - 0,0003 \cdot X_4 - 0,01 \cdot X_6.$$

3. Для валютной пары USD/RUB:

$$Y = 0,38 \cdot X_1 - 0,02 \cdot X_2 - 0,13 \cdot X_3 + 0,08 \cdot X_4 + 0,03 \cdot X_5 + 0,05 \cdot X_6.$$

Коэффициенты корреляции свидетельствуют о наличии слабой связи прямого и обратного характера между группами показателей и валютными парами.

3. Разработаны математические модели линейного и нелинейного множественного регрессионного анализа прогнозирования динамики валютных котировок. Определена значимость всех построенных моделей.

В диссертационной работе построен ряд моделей линейной и нелинейной множественной регрессии, которые представлены ниже.

1. Для валютной пары EUR/USD:

1.1. Линейная регрессия:

$$Y = 4,671 + 7,095 \cdot X_1 + 6,653 \cdot X_2 - 12,576 \cdot X_3 + 3,919 \cdot X_4 - 17,144 \cdot X_5 + 9,528 \cdot X_6.$$

1.2. Квадратичная регрессия:

$$Y = -5,73 + 2,585 \cdot X_1^2 + 0,641 \cdot X_2^2 - 3,154 \cdot X_3^2 + 0,936 \cdot X_4^2 + 2,526 \cdot X_5^2 - 3,815 \cdot X_6^2.$$

1.3. Гиперболическая регрессия: $Y = -11,41 - \frac{2,145}{X_1} - \frac{4,665}{X_2} + \frac{16,534}{X_3} - \frac{1,842}{X_4} - \frac{1,663}{X_5} - \frac{1,645}{X_6}.$

1.4. Полулогарифмическая регрессия:

$$Y = -0,037 + 15,344 \cdot \ln X_1 + 12,692 \cdot \ln X_2 - 23,379 \cdot \ln X_3 + 2,823 \cdot \ln X_4 - 1,644 \cdot \ln X_5 + 1,048 \cdot \ln X_6$$

1.5. Обратная регрессия: $Y = \frac{1}{0,01 + 0,01 \cdot X_1 - 0,045 \cdot X_2 - 0,01 \cdot X_3 + 0,015 \cdot X_4 - 0,016 \cdot X_5 - 0,004 \cdot X_6}.$

2. Для валютной пары EUR/RUB:

2.1. Линейная регрессия:

$$Y = 17,037 + 1,236 \cdot X_1 + 1,47 \cdot X_2 + 2,682 \cdot X_3 - 21,125 \cdot X_4 - 1,204 \cdot X_6.$$

2.2. Квадратичная регрессия:

$$Y = 2,971 - 0,259 \cdot X_1^2 + 1,049 \cdot X_2^2 - 1,045 \cdot X_3^2 + 6,865 \cdot X_4^2 - 1,189 \cdot X_6^2.$$

2.3. Гиперболическая регрессия: $Y = -4,5 + \frac{6,463}{X_1} + \frac{8,826}{X_2} + \frac{5,836}{X_3} - \frac{5,822}{X_4} + \frac{7,537}{X_6}.$

2.4. Полулогарифмическая регрессия:

$$Y = 12,282 - 20,693 \cdot \ln X_1 - 8,2 \cdot \ln X_2 + 3,596 \cdot \ln X_3 + 15,508 \cdot \ln X_4 - 1,222 \cdot \ln X_6.$$

2.5. Обратная регрессия: $Y = \frac{1}{0,023 + 0,004 \cdot X_1 + 0,01 \cdot X_2 - 0,0001 \cdot X_3 - 0,013 \cdot X_4 - 0,019 \cdot X_6}.$

3. Для валютной пары USD/RUB:

3.1. Линейная регрессия:

$$Y = -56,268 - 7,99 \cdot X_1 - 1,946 \cdot X_2 + 74,299 \cdot X_3 - 1,694 \cdot X_4 + 0,072 \cdot X_5 + 1,629 \cdot X_6.$$

3.2. Квадратичная регрессия:

$$Y = -38,446 - 4,236 \cdot X_1^2 - 1,363 \cdot X_2^2 + 53,174 \cdot X_3^2 + 0,712 \cdot X_4^2 + 0,01 \cdot X_5^2 + 0,167 \cdot X_6^2.$$

3.3. Гиперболическая регрессия: $Y = 80,174 - \frac{1,04}{X_1} - \frac{0,364}{X_2} - \frac{68,783}{X_3} + \frac{0,372}{X_4} - \frac{4,188}{X_5} + \frac{0,299}{X_6}.$

3.4. Полулогарифмическая регрессия:

$$Y = 9,373 - 1,773 \cdot \ln X_1 - 7,015 \cdot \ln X_2 + 68,483 \cdot \ln X_3 + 0,824 \cdot \ln X_4 - 1,424 \cdot \ln X_5 - 3,846 \cdot \ln X_6$$

3.5. Обратная регрессия:
$$Y = \frac{1}{-0,322 - 0,0003 \cdot X_1 - 0,184 \cdot X_2 + 0,516 \cdot X_3 - 0,025 \cdot X_4 + 0,017 \cdot X_5 + 0,011 \cdot X_6}$$

В целях проверки актуальности моделей для будущего использования оценка их работоспособности проводилась для пары EUR/USD в период с июня 2013 г. по август 2013г. включительно, для пар EUR/RUB, USD/RUB – с июля 2013 г. по август 2013 г. включительно. Обработка статистических данных, построение моделей, для которых автором написана программа расчета прогнозирования валютных пар, и анализ результатов работы моделей производились при помощи программных средств *Microsoft Excel* и *Mathcad14*. Так же в процессе исследования активно использовалась торговая платформа *Meta Trader4*.

В диссертации обоснована необходимость проведения периодических корректировок моделей. Эта необходимость связана с периодическими долгосрочными изменениями тенденций на валютном рынке, что находит свое отражение и в краткосрочных периодах.

Для оценки значимости моделей были определены коэффициенты их детерминации (R^2) и оценены совпадения (%) реальных изменений направлений анализируемых валютных котировок с модельными (табл. 2).

Таблица 2. Оценка значимости моделей

		EUR/USD		EUR/RUB		USD/RUB	
		R^2	%	R^2	%	R^2	%
Множественная регрессия	линейная	0,12	85,2	0,1	55	0,15	72,2
	квадратичная	0,1	48,2	0,18	70	0,16	77,8
	гиперболическая	0,01	44,4	0,12	85	0,03	33,3
	полулогарифмическая	0,04	79,6	0,12	65	0,04	50
	обратная	0,1	88,9	0,01	75	0,012	72,2
Модель свертывания		0,25	88,9	0,1	97	0,14	88,9
Многофакторная модель		0,004	83,3	0,03	85	0,02	88,9

4. Проведен технический анализ исследуемых валютных котировок, обеспечивающий дополнительной информацией участников валютного рынка при принятии решений о заключении сделки.

В работе представлен технический анализ, который проводился в пакете прикладных программ MATLAB в ANFIS-редакторе, позволяющем синтезировать из экспериментальных данных нейро-нечеткие сети, автоматически выявлять скрытые закономерности в данных и формировать на основе полученных выводов базу правил системы. Сгенерированная нейронная сеть имеет пять слоев, два из которых являются параметрическими. Обучение в

системе выполнено автоматически с применением гибридного метода оптимизации, объединяющего метод обратного распространения ошибки и метод наименьших квадратов. Количество итераций обучения задавалось равным 20.

Анализ проводился по выборкам, взятым в торговой платформе Meta Trader 4. Для каждого анализируемого момента (выход очередных новостей) брались данные часовых изменений цен валютных пар за периоды от одного до семи дней и загружались в ANFIS-редактор. Таким образом, на выходе программы получалось семь значений возможного изменения цены в последующий час для анализируемой валютной пары. Эти значения сравнивались с реальными изменениями котировок и подвергались анализу с расчетом процента совпадения между выходными данными ANFIS и реальными. В итоге было получено, что для валютной пары EUR/USD наиболее частое совпадение направления изменения цены получается при анализе шестидневного периода (65%), для пары EUR/RUB - шестидневного периода (70%), а для пары USD/RUB - трехдневного периода (72,2%). Дальнейшее увеличение анализируемого периода, приводило к снижению соответствия прогнозируемых и реальных направлений изменения цены валютной котировки. В диссертационной работе проведено исследование влияния фундаментальных показателей экономики на валютные пары, поэтому результаты нейро-сетевого моделирования используются в методике торговли, как дополнительный сигнал на заключение сделки на покупку или продажу валюты. Совпадение направления изменения валютной котировки, рассчитанного в ANFIS, дает трейдеру дополнительную уверенность в прибыльности заключаемой сделки.

5. Разработан алгоритм торговли на валютном рынке и методика проведения анализа валютных пар, основанная на применении построенных моделей.

Анализ полученных результатов (табл. 2), а также сравнение расчетных, модельных результатов с реальными изменениями валютных котировок, позволил сделать выбор моделей, на основе которых в дальнейшем был разработан алгоритм торговли. Для валютной пары EUR/USD – это модели множественной регрессии (линейная, квадратичная, обратная) и модель свертывания фундаментальных показателей, для EUR/RUB - модели множественной регрессии (квадратичная, гиперболическая) и модель свертывания, для USD/RUB - модели множественной регрессии (линейная, квадратичная) и модель свертывания. Несмотря на низкие коэффициенты детерминации процент прогнозирования верного направления у моделей весьма высок, поэтому автор предлагает использовать расчетные значения моделей, как сигналы на заключение или не заключение сделок на покупку или продажу. Таким образом, если больше половины из выбранных моделей прогнозируют одинаковое направление изменения валютной пары, то сделка открывается в этом направлении, а

величина, на которую предполагается изменение валютной котировки, берется как среднее от модельных значений одного знака. При этом коэффициент детерминации по этим средним значениям относительно реального изменения валютной пары показывает рост по сравнению с модельными коэффициентами детерминации. Так для валютной котировки EUR/USD он составил 0,34, для EUR/RUB – 0,36, для USD/RUB – 0,33.

В диссертации разработана методика работы на валютном рынке, основной частью которой является алгоритм ведения торговли, блок-схема которого изображена на рис. 1.

Методика работы на валютном рынке с применением разработанного алгоритма подразумевает постоянное отслеживание новостей по изменению фундаментальных показателей, влияющих на динамику валютной котировки, по которой ведется торговля. Основные этапы методики изображены на рис. 2.

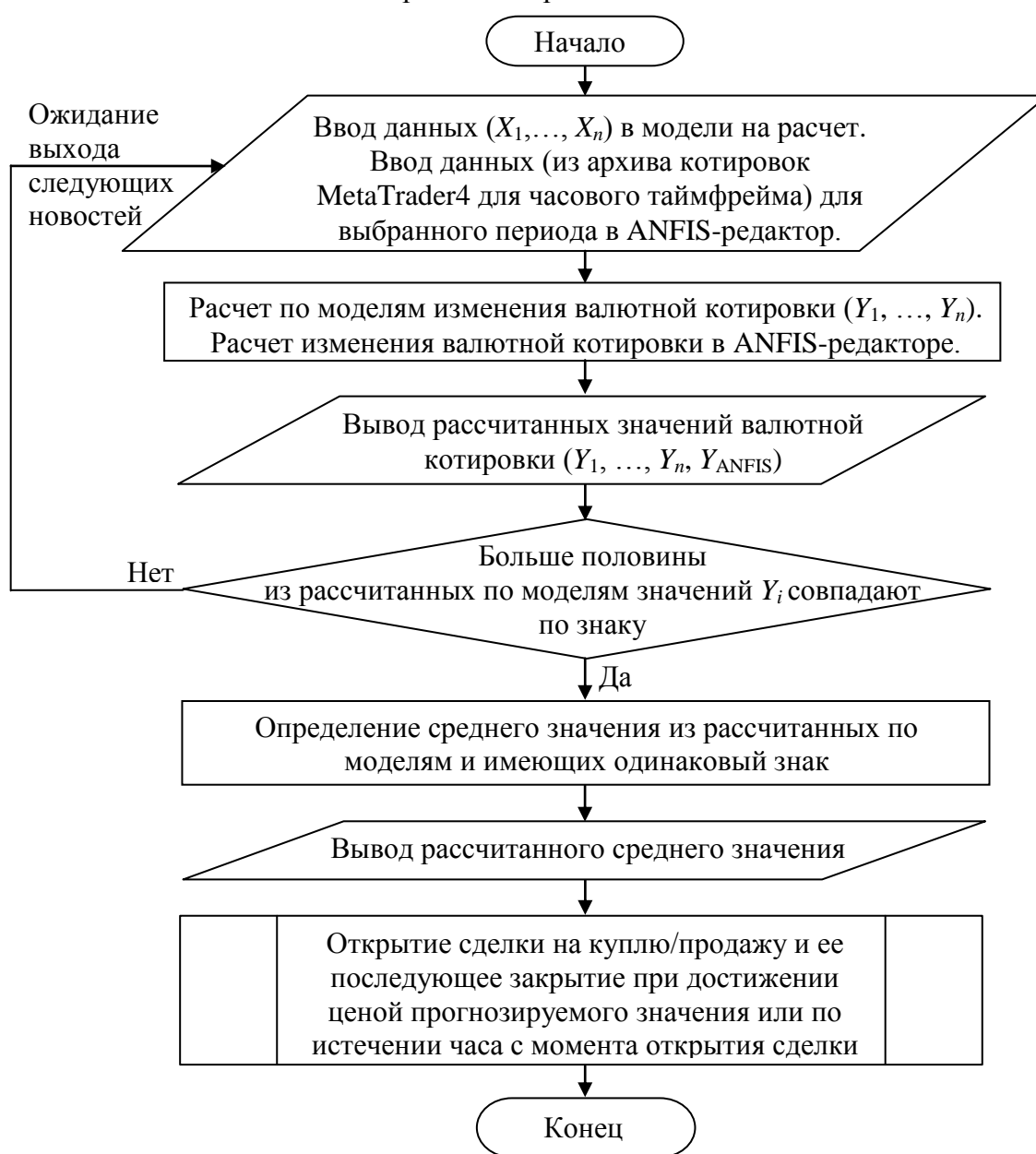


Рис. 1. Блок-схема алгоритма ведения торговли на валютном рынке

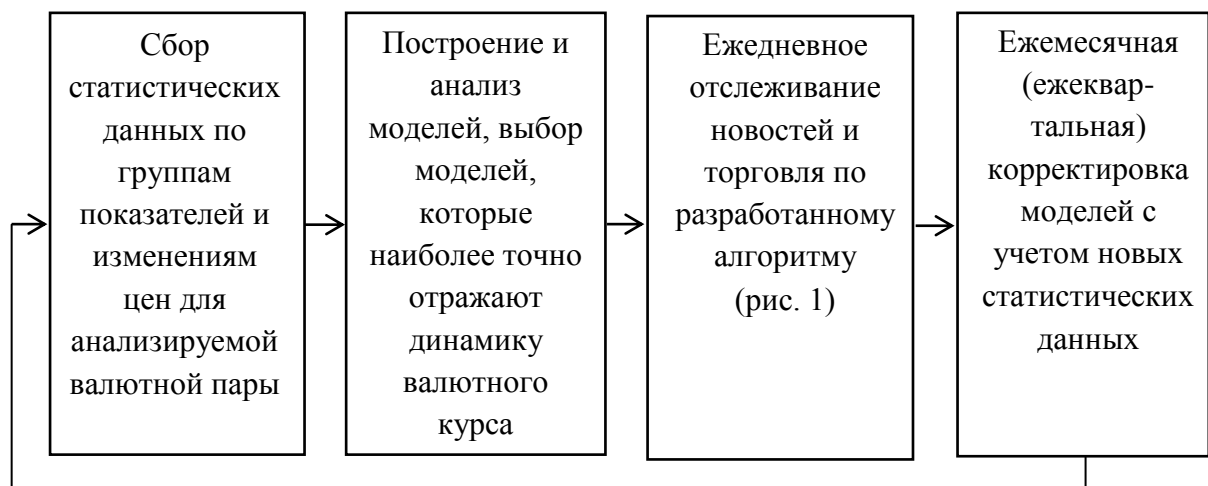


Рис. 2. Последовательность этапов работы на валютном рынке

Объем выборки для разработки моделей предлагается брать за период в один год. Систематическое обновление моделей позволяет сохранить работоспособность методики. Результаты работы алгоритма торговли по анализируемым в диссертационной работе валютным парам отражено на рисунках 3, 4, 5. Динамика валютных пар на диаграммах представлена за тот же период, по которому проводилась оценка работоспособности построенных моделей.

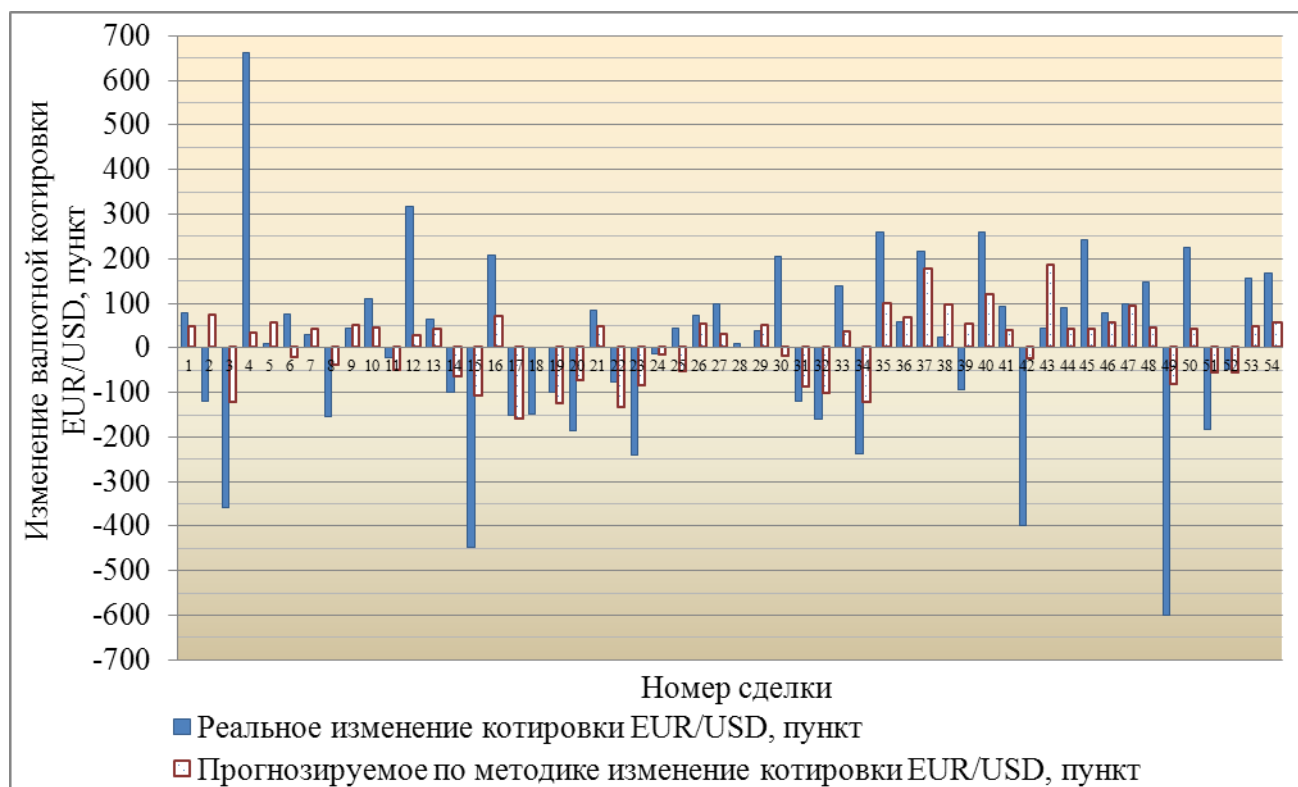


Рис. 3. Динамика изменения валютной котировки EUR/USD

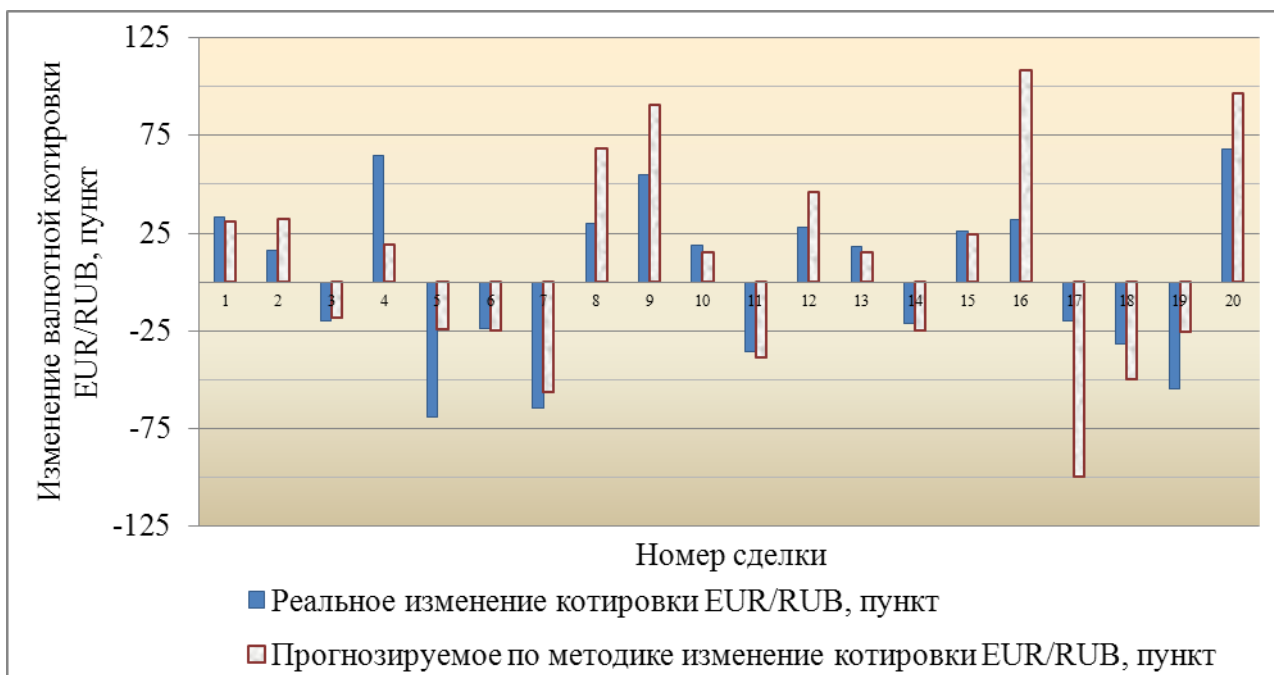


Рис. 4. Динамика изменения валютной котировки EUR/RUB

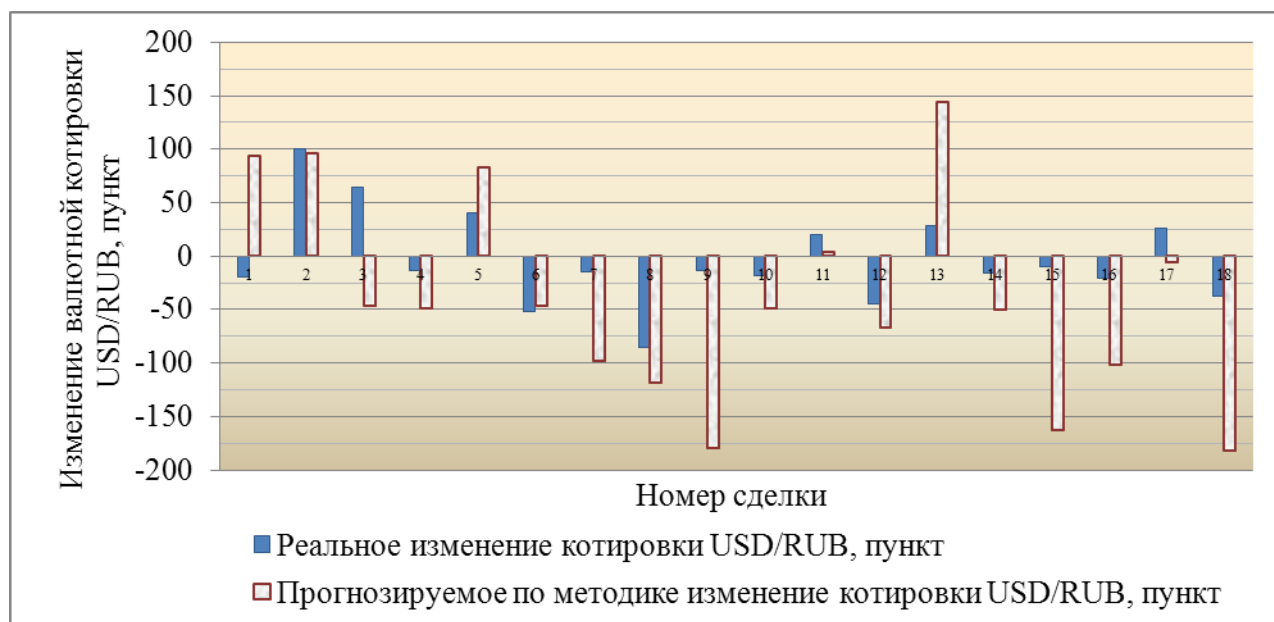


Рис. 5. Динамика изменения валютной котировки USD/RUB

Анализ представленных диаграмм позволяет заключить, что:

1. Прогнозируемые значения изменения валютной котировки EUR/USD оказались меньше, а в некоторых случаях гораздо меньше, реальных. В среднем значения отличаются на 51,4%, что вызвано периодическими сильными колебаниями котировки.
2. Для валютной пары EUR/RUB в половине из анализируемых случаев наблюдалось превышение прогнозных значений над фактическими, а расхождение значений составило в среднем 34,3%.

3. Для котировки USD/RUB прогнозируемые значения изменения котировки в большинстве случаев превышали реальные. При этом расхождение значений в среднем составило 61,4%. Такой высокий процент обусловлен сильными колебаниями цены валютной пары, иногда происходящими на рынке.

По результатам моделирования проведен сравнительный анализ с существующими моделями фундаментального анализа. Так сравнение с работой Качур А.А. «Моделирование курса евро/доллар США на основе фундаментальных показателей экономики», а именно с построенной им множественной линейной регрессионной моделью, в которой учитываются пять фундаментальных показателей (уровень безработицы США, ВВП США, сальдо торгового баланса США, показатель денежной массы в Еврозоне, объем розничной торговли Еврозоны) дало следующие результаты:

- работа на валютном рынке по разработанной методике (рис. 2) подразумевает ежедневное отслеживание новостей и ведение торговли по алгоритму (рис. 1), тогда как сравниваемый метод позволяет заключать сделки раз в месяц, когда становятся известны значения по всем показателям;

- за анализируемый период для пары EUR/USD с июня по август доход по разработанной методике составил 3063 \$, а по сравниваемой – 582 \$.

В диссертационной работе произведен расчет экономического эффекта от применения разработанной методики для анализируемых валютных пар. Для расчета был принят вариант торговли, при котором открытие сделок осуществлялось первым лотом, т. е. изменение валютной котировки на 1 пункт соответствовало изменению дохода или убытка на 1 доллар США для валютной пары EUR/USD и 3 доллара США – для валютных пар EUR/RUB, USD/RUB. В результате доход для валютной пары EUR/USD с июня по август 2013 г. включительно составил 3063 \$, для валютных пар EUR/RUB и USD/RUB с июля по август 2013 г. включительно – 1971 \$ и 1341 \$, соответственно.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что ведение торговли по разработанной методике для валютной пары EUR/USD несет в себе гораздо меньше рисков, по сравнению с валютными парами EUR/RUB и USD/RUB, что связано с сильно завышенными прогнозными значениями последних относительно реальных. Несмотря на это, по всем валютным парам наблюдалась прибыль за рассматриваемые периоды.

Представленные результаты исследования позволили достичь сформулированную цель и решить поставленные задачи. В диссертации обоснована возможность применения разработанной методики различными участниками торгов на валютном рынке.

Список опубликованных работ по теме диссертации.

1. Тимофеев, С.А. Построение моделей изменения валютного курса на основе анализа фундаментальных показателей [Текст] / С.А. Тимофеев, В.Н. Юрьев // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 147 – 151. (0,44 п.л. автора).
2. Тимофеев, С.А. Модели прогнозирования динамики валютного курса на основе анализа фундаментальных показателей экономики [Текст] / С.А. Тимофеев, В.Н. Юрьев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2013. – № 2 (168). – С. 146 – 152. (0,4 п.л. автора).
3. Тимофеев, С.А. Прогнозирование динамики курсов валют на основе статистического анализа показателей мировой экономики [Текст] / С.А. Тимофеев, В.Н. Юрьев // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2013. – № 3 (173). – С. 16 – 22. (0,34 п.л. автора).
4. Тимофеев, С.А. Моделирование изменения валютного курса посредством фундаментального анализа [Текст] // Стратегическое управление организациями: традиционные и современные методы: сб. научных трудов международной научно-практической конференции. - СПб.: Издательство политехнического университета. – 2013. – С. 423 – 427. (0,2 п.л.).
5. Тимофеев, С.А. Некоторые аспекты инвестирования свободных денежных средств на финансовых рынках [Текст] // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. научных трудов XVI международной научно-практической конференции. - СПб.: Издательство политехнического университета. – 2012. – С. 54 – 56. (0,13 п.л.).
6. Тимофеев, С.А. Применение экономико-статистического моделирования при прогнозировании валютных курсов [Текст] // Финансовые проблемы и пути их решения: теория и практика: сб. научных трудов XIV международной научно-практической конференции. - СПб.: Издательство политехнического университета. – 2013. – С. 402 – 404. (0,16 п.л.).
7. Тимофеев, С.А. Модель оценки влияния фундаментальных показателей на изменение курса EUR/USD [Текст] / С.А. Тимофеев, В.Н. Юрьев // XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. Часть VII. - СПб.: Издательство политехнического университета. – 2012. – С. 241 – 243. (0,13 п.л. автора).