

УДК 336.761.53

С.А. Тимофеев, В.Н. Юрьев

**МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНОГО КУРСА
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ**

S.A. Timofeev, V.N. Yuriev

**MODELING OF THE FORECASTING OF DYNAMICS
OF THE EXCHANGE RATE THROUGH THE ANALYSIS
OF FUNDAMENTAL ECONOMIC INDICATORS**

Исследуется вопрос моделирования изменения валютного курса EUR/USD. На основании статистических методов анализа разработаны модели, позволяющие прогнозировать движение курса на валютном рынке. Дан анализ построенных моделей.

МОДЕЛИРОВАНИЕ. ВАЛЮТНЫЙ КУРС. ВАЛЮТНЫЙ РЫНОК. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНОГО КУРСА.

The paper investigates the question of modeling of changes in the exchange rate of EUR/USD. On the basis of statistical methods of analysis developed models to predict the movement of exchange rate in the foreign exchange market. Provides the analysis of the constructed models.

MODELING. THE EXCHANGE RATE. THE CURRENCY MARKET. STATISTICAL ANALYSIS. FORECASTING THE DYNAMICS OF THE EXCHANGE RATE.

Динамика валютных рынков сложна для прогнозирования. Главной целью их изучения является определение наилучшего момента для вступления в сделку по купле или продаже валюты. Анализ фундаментальных показателей экономики позволяет изучать законы движения цен с точки зрения макро- и микро-экономических факторов. Он отражает новостного всего мира, поскольку любой фактор, оказывающий воздействие на динамику цен, — экономический, политический или психологический учитывается рынком и включается в цену. Данный постулат перекликается с теорией эффективного рынка. Основные выводы этой теории:

- никто не может прогнозировать динамику рыночных цен;
- все рыночные цены являются справедливыми для данных активов, а неверно оцененных товаров нет [1].

В качестве возражения данной теории можно привести несколько доводов:

- информация разными людьми воспринимается по-разному, что подтверждают психологические исследования;

- нет гарантий, что полученная рынком информация истинна;

- в различные моменты времени одна и та же информация трактуется по-разному;

- рыночная цена не может быть справедливой или истинной в каждый момент времени (рыночная цена периодически пересекает справедливую цену).

Однако работа на финансовом рынке Forex возможна, что подтверждают его многочисленные участники, но при этом необходимо учитывать множество факторов, чтобы с высокой степенью вероятности входить в сделки и не потерять свой капитал полностью или львиную его долю [3].

Вопросам моделирования на мировом валютном рынке посвящено большое количество теоретических и практических трудов, как отечественных, так и зарубежных. Так, Д.В. Колодко в [5] рассматривает поведение средних значений доходности, дисперсии и автокорреляции, а также проводит сравнение наблюдаемых эффектов для разных лет. Также он исследует нестационарность и возможность продолжения тенденций на валют-



ных рынках. Кроме того, им выявлено самоподобие рынка Forex в различных временных масштабах, заключающееся в том, что математические ожидания, дисперсии и коэффициенты корреляции ведут себя схожим образом как для 5-дневных, так и для 20- и 40-дневных интервалов [6]. Л.Ш. Садыков в [7] проводит обобщение теоретических подходов к оценке валютного риска и прогнозированию валютного курса, анализирует методы анализа риска и прогнозирования валютного курса, вносит предложения по совершенствованию методов оценки риска и прогнозирования валютного курса.

Актуальность нашего исследования обусловлена возрастанием роли прогнозирования валютного курса, необходимостью внедрения новых подходов и методов моделирования в условиях глобализации и либерализации валютных рынков и совершенствования практики прогнозирования курса валют в условиях интеграции России в мировое экономическое сообщество.

Для эффективного регулирования валютного курса важно представлять его природу, характер взаимосвязи с основными секторами экономики и элементами финансового рынка [7].

Применение экономико-математического моделирования дает участнику торгов возможность определения оптимальных точек входа в сделку и выхода из нее. В процессе моделирования валютного курса определяются фундаментальные показатели, которые в наибольшей степени влияют на движение рыночной цены. Основным параметром для их выбора является количество пунктов, на которое изменился курс валют за определенный промежуток времени.

Постановка задачи. В процессе торговли на рынке Forex трейдер руководствуется определенными сигналами, которые дают ему мотивацию для заключения сделки на покупку или продажу конкретно выбранной валютной пары.

Таким образом, требуется построить ряд моделей влияния фундаментальных показателей на валютный курс в краткосрочной перспективе и оценить их работу. Каждая модель должна показывать моменты входа в сделку и выхода из нее. В качестве примера для анализа взят валютный курс EUR/USD.

Основным ориентиром движения валютного курса является уровень учетной ставки. Увеличение учетной ставки приводит к росту национальной валюты, снижению активности в экономике и снижению инфляции. В зависимости от состояния экономики центральные банки проводят экономическую политику по изменению учетной ставки, тем самым влияя на валютный курс [3]. Основные индикаторы, влияющие на учетную ставку и состояние экономики страны, — это ВВП, инфляция, уровень занятости, производство, строительство. Значения этих индикаторов регулярно рассчитываются национальными статистическими агентствами, а участники рынка внимательно следят за публикацией этих данных, потому как их изменение влечет за собой изменение курса валют.

При оценке движения цены валютной пары EUR/USD необходимо отслеживать новости США и стран ЕС, особенно стран с более сильной экономикой, таких как Германия, Франция, Испания, Италия, поскольку изменение экономического состояния в этих странах сильнее влияет на изменение европейской валюты, чем в остальных [8].

Построение математических моделей.

Введем переменные:

Y — изменение курса EUR/USD в пунктах (искомая величина);

X_1 — значение относительного показателя ВВП. Находится путем фактического его значения на предыдущее (первый фактор);

X_2 — значения относительных показателей, влияющих на изменение инфляции, фактическое/предыдущее (второй фактор). К ним относятся индексы производственных циклов, индексы ожидаемых инфляционных циклов, объявления о процентной ставке, издержки на труд и т. п.;

X_3 — значения относительных показателей, влияющих на изменение занятости, фактическое/предыдущее (третий фактор). К ним относятся заявки на пособия по безработице, коэффициенты безработицы, изменение числа занятых лиц в несельскохозяйственной деятельности, индексы безработицы и др.;

X_4 — значения относительных показателей, влияющих на изменение производства, фактическое/предыдущее (четвертый фактор). К ним относятся индексы производственной активности, показатели промыш-

ленных производств, объемы производственных заказов и пр.;

X_5 – значения относительных показателей, влияющих на изменение в секторе строительства и недвижимости, фактическое/предыдущее (пятый фактор). К ним относятся продажи на рынке недвижимости, заявки на кредитование, показатели строительства, индексы стоимости жилья и др.

Модели построены на основании статистических данных, взятых за последнее полугодие, и представляют собой зависимости искомой величины Y (изменения курса EUR/USD в пунктах) от пяти факторов X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 (фундаментальных показателей, наиболее сильно влияющих на динамику валютного курса). При этом степени влияния новостей внутри каждого фактора не учитываются, а предполагается, что они в равной мере воздействуют на волатильность валютного курса.

Значение каждого фактора берется в конкретный момент времени после выхода той или иной новости и определяется как частное от деления фактического значения на предыдущее, а значение изменения валютного курса устанавливается по ценовому графику после истечения одного часа с момента освещения значений индикаторов в СМИ.

Следует учесть, что в одно и то же время по каждому из показателей может выходить несколько новостей, следовательно, значения новостных факторов X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 будут представлять собой суммы вида

$$X_j = \sum_{i=1}^n X_{ij},$$

где $i = \overline{1, n}$ – количество новостей, вышедших в одно время и относящихся к одному фактору; $j = \overline{1, 5}$ – порядковый номер фактора.

Во всех представленных моделях знак перед каждым фактором зависит от характера новости: знак плюс, если новость двигает валютный курс вверх, и знак минус, если снижает его. Данные для построения моделей получены за период с июня по ноябрь 2012 г. (табл. 1).

Первая модель. Строится на основании коэффициентов влияния каждого отдельно взятого фактора на валютный курс. Коэффициенты влияния новостей на изменение ва-

лютного курса определяются путем анализа статистических данных следующим образом:

$$CI = \frac{\sum_{k=1}^m y_{kj}}{m \frac{y_{\max} - y_{\min}}{100 \%}},$$

где y_{kj} – величина, на которую изменилась цена в течение часа после выхода новости, п.; m – количество наблюдений, ед.; $j = \overline{1, 5}$ – порядковый номер фактора; y_{\max}, y_{\min} – максимальная и минимальная величины, на которые изменилась цена после выхода новости в течение часа, п.

Значения различных индикаторов могут выходить как в разное, так и в одно и то же время, поэтому количество пунктов, на которое будет изменяться валютный курс, определяется следующим образом:

$$Y = CI_1 \frac{\sum_{g=1}^{n_1} X_{1g}}{n_1} + CI_2 \frac{\sum_{h=1}^{n_2} X_{2h}}{n_2} + CI_3 \frac{\sum_{l=1}^{n_3} X_{3l}}{n_3} +$$

$$+ CI_4 \frac{\sum_{p=1}^{n_4} X_{4p}}{n_4} + CI_5 \frac{\sum_{q=1}^{n_5} X_{5q}}{n_5},$$

где $X_{1g}, X_{2h}, X_{3l}, X_{4p}, X_{5q}$ – значения показателей, влияющих на изменение ВВП, инфляции, занятости населения, производства и строительства соответственно (фактическое/предыдущее); n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 – количество новостей, вышедших в одно время по ВВП, инфляции, занятости населения, производству и строительству соответственно.

Результаты расчета коэффициентов влияния по ВВП, инфляции, занятости населения, производству и строительству соответственно: $CI_1 = 91$; $CI_2 = 95$; $CI_3 = 97$; $CI_4 = 91$; $CI_5 = 90$.

Таким образом, удельные веса говорят о том, что изменение значения ВВП на 0,1 % приводит в среднем к изменению валютного курса на 91 п., инфляции – на 95, занятости – на 97, производства – на 91, недвижимости – на 90 п., а модель принимает вид:

$$Y = 91 \frac{\sum_{g=1}^{n_1} X_{1g}}{n_1} + 95 \frac{\sum_{h=1}^{n_2} X_{2h}}{n_2} + 97 \frac{\sum_{l=1}^{n_3} X_{3l}}{n_3} +$$

$$+ 91 \frac{\sum_{p=1}^{n_4} X_{4p}}{n_4} + 90 \frac{\sum_{q=1}^{n_5} X_{5q}}{n_5}.$$

Таблица 1

Данные для факторов X_1 – X_5 , используемые при построении моделей

X_1	Y	X_2	Y	X_3	Y	X_4	Y	X_5	Y
1	–109	1,500	–191	1,041	115	1,020	115	1,000	95
1	–109	0,972	132	0,681	175	0,926	–90	0,997	130
1	–86	1,000	178	0,968	–130	1,793	125	14,000	–110
1,133	–80	0,882	–145	1,000	180	2,400	160	0,333	227
1,133	–93	4,000	–120	1,000	135	1,000	125	2,400	–125
1	119	1,000	125	1,050	135	3,000	110	1,078	–135
1	119	1,000	125	1,000	90	3,250	120	0,990	–150
1	80	1,050	128	0,998	90	0,885	110	1,023	140
0,6	87	1,333	128	1,000	–90	0,313	105	0,018	120
0,294	–80	0,500	181	1,000	–90	0,996	125	1,081	–120
1	–119	1,083	192	1,011	100	0,992	105	0,581	–120
1,786	–120	0,333	82	1,005	150	5,600	–160	2,250	120
0,875	–120	1,176	126	0,991	150	1,030	115	0,714	–160
1,333	–103	0,750	126	0,984	–90	1,065	105	1,036	–140
0,75	205	1,040	–113	1,016	–90	0,550	120	1,023	155
1	–87	0,545	–90	2,547	–140	6,000	–115	0,989	155
1	186	0,200	–148	1,012	235	0,667	–135	1,068	–135
1	80	0,563	–148	1,022	–210	0,455	–226	1,057	–115
1	–121	1,063	–95	0,994	–210	3,200	–120	9,000	115
1	–121	0,824	117	0,281	120	0,529	–130	0,368	–135
1	160	0,962	–230	0,948	–100	0,969	125	0,259	140
0,765	118	0,250	117	1,000	170	0,998	–175	1,143	–135
1	80	1,000	109	1,000	145	0,993	–175	0,946	140
1,04	–85	1,000	109	1,000	140	0,995	–175	0,963	100
1,143	–85	0,304	–121	1,000	–220	0,978	–110	1,069	–95
1,538	–150	0,333	205	0,964	–180	0,962	–150	0,313	–155
0,75	132	1,000	197	1,294	–180	0,965	–80	0,944	–155
1	–119	1,000	–200	1,009	–145	0,777	160	1,500	–140
1,786	–120	2,000	–118	0,990	105	2,000	–167	1,073	–125
0,875	–120	1,250	–118	0,985	125	0,545	163	1,076	–80

Вторая модель. Основана на линейном регрессионном анализе. Регрессионный анализ описывает взаимосвязи между факторами и какой-либо зависимой величиной [2]. Поэтому его целесообразно применять для оценки влияния фундаментальных новостей

на изменение валютного курса EUR/USD. Этот статистический метод исследования влияния независимых переменных X_i на зависимую переменную Y отражает математическую зависимость переменных без установления причинно-следственных отношений между

ними. Как известно, линейная регрессия выражается функцией

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_N X_N,$$

где b_0, \dots, b_N – коэффициенты при переменных.

Для решения задачи регрессионного анализа методом наименьших квадратов вводится понятие функции невязки:

$$\sigma(b) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (Y_k - Y'_k)^2,$$

где M – объем выборки; Y_k, Y'_k – наблюдаемые и оцененные значения зависимых переменных.

Поскольку новостных факторов пять, то для составления уравнения регрессии необходимо найти шесть коэффициентов при переменных b_0, \dots, b_5 , что, в свою очередь, сводится к решению матричного уравнения методом Гаусса. Рассчитанные коэффициенты представлены в табличной форме (см. ниже).

В результате использования ППП статистического анализа получена регрессионная модель со всеми значимыми переменными:

$$Y = 27,48 + 16,75X_1 + 15,77X_2 - 64,34X_3 + 3,54X_4 - 1,32X_5.$$

Для проверки значимости уравнения регрессии определим коэффициент детерминации R^2 , или долю объясненной дисперсии, по формуле

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (Y_i - X_i)^2}{\sum_i (Y_i - Y_{cp})^2}.$$

В данном случае он равен 0,73. Это говорит о том, что влияние новостных экономических факторов на изменение курса EUR/USD высоко и составляет 73 %.

Также уравнение регрессии значимо на уровне $\alpha = 0,05$. При этом статистическое зна-

чение критерия Фишера должно быть больше табличного (критического):

$$F_{\text{стат}} > F_{\text{кр}};$$

$$F_{\text{стат}}(0,05; 4; 25) = \frac{R^2 / (k-1)}{(1-R^2) / (n-k)} = 16,75,$$

$$F_{\text{стат}}(0,05; 4; 25) = 16,75 > F_{\text{кр}}(0,05; 4; 25) = 2,76,$$

где k – количество новостных факторов; n – объем выборки.

Модель показывает, что изменение курса EUR/USD имеет прямую связь с изменением показателей, связанных с ВВП, инфляцией и производством, и обратную – с занятостью и строительством.

Показатели Еврозоны и США отражают то, насколько оправдались ожидания рынка. При этом каждое изменение значения ВВП на 0,1 % приводит в среднем к изменению валютного курса на 16 п., инфляции – на 15, занятости – на 64, производства – на 3 п. в среднем, недвижимости – на 1 п.

Третья модель. Заключается в обработке статистических данных методом линейного корреляционного анализа, который измеряет тесноту связи между двумя или более переменными. Изменение значений одной величины сопровождается систематическому изменению значений другой или других величин [4]. Коэффициенты корреляции могут быть положительными или отрицательными. В первом случае предполагается, что мы можем определить только наличие или отсутствие связи, а во втором – также и ее направление. Отрицательная корреляция говорит об обратной зависимости между переменными.

Важной характеристикой совместного распределения двух случайных величин является ковариация (или корреляционный момент). Ковариация является совместным центральным моментом второго порядка. Как известно,

Свободный член b_0	Новостные факторы				
	ВВП b_1	Инфляция b_2	Занятость населения b_3	Производство b_4	Строительство b_5
27,48	16,75	15,77	-64,34	3,54	-1,32

ковариация определяется как математическое ожидание произведения отклонений случайных величин [4]:

$$\begin{aligned} cov_{XY} &= E[(X - E(Y))(Y - E(X))] = \\ &= E(XY) - E(X)E(Y), \end{aligned}$$

где E – математическое ожидание.

Величина ковариации зависит от единиц измерения независимых величин. Данная особенность ковариации затрудняет ее использование в целях корреляционного анализа [4]. Для устранения этого недостатка введен линейный коэффициент корреляции, который рассчитан для каждого из фундаментальных показателей.

Итак, для построения модели определим коэффициент корреляции для искомой величины Y относительно каждого новостного фактора:

$$r_{X_j Y_j} = \frac{cov_{X_j Y_j}}{\sigma_{X_j} \sigma_{Y_j}} = \frac{\sum_i^n (X_{ij} - X_{j\text{cp}})(Y_j - Y_{j\text{cp}})}{\sqrt{\sum_i^n (X_{ij} - X_{j\text{cp}})^2 (Y_j - Y_{j\text{cp}})^2}},$$

где σ_{X_j} – среднеквадратическое отклонение соответствующего факторного признака (по выборке j -го фактора); σ_{Y_j} – среднеквадратическое отклонение соответствующей искомой величины; $i = \overline{1, n}$ – количество наблюдений, ед.; $j = \overline{1, 5}$ – порядковый номер фактора.

В результате обработки данных по всем фундаментальным признакам получены коэффициенты корреляции между ВВП и валютным курсом ($r_{X_1 Y_1} = -0,39$), инфляцией и валютным курсом ($r_{X_2 Y_2} = -0,21$), занятостью населения

и валютным курсом ($r_{X_3 Y_3} = -0,29$; производством и валютным курсом ($r_{X_4 Y_4} = -0,16$), строительством и валютным курсом ($r_{X_5 Y_5} = -0,03$).

Коэффициенты корреляции говорят о том, что изменение значения ВВП на 0,1 % приводит в среднем к изменению валютного курса на 39 п., инфляции – на 21, занятости – на 29, производства – на 16, недвижимости – на 3 п.

Логично заключить, что изменение валютного курса при изменении какого-либо фактора будет выглядеть следующим образом: $Y_1 = -39X_1$, $Y_2 = -21X_2$, $Y_3 = -29X_3$, $Y_4 = -16X_4$, $Y_5 = -3X_5$.

Следовательно, суммарное изменение курса валют:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5.$$

Подставив все полученные в ходе расчета данные, получаем конечную модель изменения валютного курса:

$$Y = -39X_1 - 21X_2 - 29X_3 - 16X_4 - 3X_5.$$

Результаты работы моделей на валютном рынке (EUR/USD). Модели строились путем анализа статистических данных при помощи *Microsoft Excel* и *Mathcad*. Их работоспособность покажем на примерах. Для проведения сравнительного анализа данные сведем в табл. 2. Фактические значения цен определяются по ценовому графику по истечении часа после выхода значений новостных факторов.

Табл. 2 показывает, что вторая модель определяет верное направление динамики валютного курса EUR/USD, первая и третья модели в большинстве случаев также показали аналогичное фактическому направление

Таблица 2

Результаты работы моделей на валютном рынке

Номер расчета	Дата и время проведения расчета	Валютный курс EUR/USD в пунктах			
		Первая модель	Вторая модель	Третья модель	Фактическое значение
1	25.10.12, 16:30	-94	-35	-28	-115
2	31.10.12, 14:00	-182	-51	-67	-159
3	14.11.12, 17:30	125	48	28	59
4	15.11.12, 17:30	5	92	15	128
5	29.11.12, 13:00	153	72	35	90
6	3.12.12, 19:00	-160	40	-5	190
7	20.12.12, 11:00	40	35	-10	60
8	15.01.13, 17:30	57	25	17	149

движения цены. В то же время значения, рассчитанные по первой модели, иногда оказываются заниженными или наоборот завышенными, по сравнению с фактическими (см. расчеты 2 и 3 табл. 2). Расчетные данные по динамике валютного курса второй и третьей модели не превышают фактических результатов, что дает определенную долю страховки при заключении сделки. Однако пока-

затели второй модели более приближены к реальным значениям и в большинстве случаев показывают адекватное фактическому направлению изменения курса валют. Следовательно, вторая модель наиболее приемлема. Кроме того, можно отметить, что все три модели эффективны при торговле по направленному, установившемуся движению валютного курса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Найман, Э.** Малая энциклопедия трейдера [Текст] / Э. Найман. — М.: Альпина Паблишер, 2011. — 458 с.
2. **Дрейпер, Н.** Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия [Текст] / Норман Дрейпер, Гарри Смит. — 3-е изд. — М.: Диалектика, 2007. — 912 с.
3. **Морозов, И.В.** Forex: от простого к сложному. Новые возможности с клиентским терминалом MetaTrader [Текст] / И.В. Морозов, Р.Р. Фатхуллин. — 2-е изд. — М.: Телетрэйд, 2004. — 448 с.
4. **Суслов, В.И.** Эконометрия [Текст] / В.И. Суслов, Н.М. Ибрагимов, Л.П. Талышева, А.А. Цып-лаков. — Новосибирск: СО РАН, 2005. — 744 с.
5. **Колодко, Д.В.** «Эффект дня недели» на валютном рынке Forex [Электронный ресурс] / Д.В. Колодко // Управление экономическими системами. — 2012. — № 5(41). — Режим доступа: <http://www.uecs.ru/instrumentalnii-metody-ekonomiki/item/1330-l-r-forex>
6. **Колодко, Д.В.** Нестационарность и самоподобие валютного рынка Forex [Электронный ресурс] / Д.В. Колодко // Управление экономическими системами. — 2012. — № 3(39). — Режим доступа: <http://www.uecs.ru/instrumentalnii-metody-ekonomiki/item/1144--forex>
7. **Садыков, Л.Ш.** Оценка валютного риска и прогнозирование валютного курса [Текст] / Л.Ш. Садыков // Вестник УМО. — 2010. — № 6. — М.: МЭСИ, 2010. — 105–107 с. (Экономика, статистика, информатика).
8. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.forexpros.ru>

ТИМОФЕЕВ Сергей Алексеевич — аспирант кафедры информационных систем в экономике и менеджменте Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, тел. (812)534-73-89. E-mail: sepuga@mail.ru

ТИМОФЕЕВ, Sergey A. — *St. Petersburg State Polytechnical University.*

195251, Politekhnikeskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: sepuga@mail.ru

ЮРЬЕВ Владимир Николаевич — профессор кафедры информационных систем в экономике и менеджменте Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, доктор экономических наук.

195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29, тел. (812)534-73-89. E-mail: yurev@fem.spbstu.ru

YURIEV, Vladimir N. — *St. Petersburg State Polytechnical University.*

195251, Politekhnikeskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: yurev@fem.spbstu.ru
