

Вестник НГУЭУ. 2023. № 4. С. 94–108

Vestnik NSUEM. 2023. No. 4. P. 94–108

Научная статья

УДК 336.748, 519.25

DOI: 10.34020/2073-6495-2023-4-094-108

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВАЛЮТНОГО КУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Бакуменко Людмила Петровна¹, Липатова Ирина Александровна²

^{1,2} *Марийский государственный университет*

¹ lpbakum@mail.ru

² irinalipatova99@mail.ru

Аннотация. В статье представлены возможности применения для анализа динамики валютного курса методов прикладной статистики, используемых в современном анализе. Валютный курс в современном мире является достаточно значимым инструментом экономической системы государства. Определение тенденции развития валютного курса важно практически в любом направлении бизнеса, которое предполагает вложение капитала. В современных экономических условиях он имеет достаточно дифференциальный характер, что сопровождается риском в той или иной степени. И хотя активы в долларах США за последние годы сократились, полного отказа от доллара в своих резервах Центральный банк не планировал, так как данная валюта необходима для поддержания финансовой стабильности с учетом высокой роли американской валюты во внешнеторговых расчетах и ее фундаментальной роли в финансовых потоках. Для прогнозирования динамики валютного курса был взят официальный курс доллара США. Для построения прогнозов предложены методы построения прогнозных моделей с использованием моделей ARIMA-model и модели прогноза на основе нейронных сетей. Проведена оценка моделей и предложен наиболее точный вариант – модель на основе построения нейронных сетей (модель MLP 12-8-1 (№ 4)) с ошибкой прогноза 6 %.

Ключевые слова: валютный курс, динамика курса валют, курс доллара, прогнозирование, модели ARIMA(p,d,q), нейронные сети, многослойные персептроны (МЛП), модель MLP 12-8-1

Для цитирования: Бакуменко Л.П., Липатова И.А. Прогнозирование динамики валютного курса с использованием эконометрических методов и искусственных нейронных сетей // Вестник НГУЭУ. 2023. № 4. С. 94–108. DOI: 10.34020/2073-6495-2023-4-094-108.

Original article

FORECASTING THE DYNAMICS OF THE EXCHANGE RATE USING ECONOMETRIC METHODS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Bakumenko Lyudmila P.¹, Lipatova Irina A.²

^{1, 2} *Mari State University*

¹ lpbakum@mail.ru

² irinalipatova99@mail.ru

Abstract. The article presents the possibilities of applying the methods of applied statistics used in modern analysis to analyze the dynamics of the exchange rate. The exchange rate in the modern world is quite a significant tool of the economic system of the state. Determining the trend in the development of the exchange rate is important in almost any business direction that involves capital investment. In modern economic conditions, it has a rather differential character, which is accompanied by risk, to one degree or another. And although assets in US dollars have declined in recent years, the Central Bank did not plan to completely abandon the dollar in its reserves, since this currency is necessary to maintain financial stability, given the high role of the US currency in foreign trade settlements and its fundamental role in financial flows. To predict the dynamics of the exchange rate, the official US dollar exchange rate was taken. Methods of constructing predictive models using ARIMA models and prediction models based on neural networks are proposed for making forecasts. The models were evaluated and the most accurate variant was proposed – a model based on the construction of neural networks (MLP model 12-8-1 (No. 4)) with a prediction error of 6 %.

Keywords: exchange rate, exchange rate dynamics, dollar exchange rate, forecasting, ARIMA models(p,d,q), neural networks, multilayer perceptrons (MLP), MLP model 12-8-1

For citation: Bakumenko L.P., Lipatova I.A. Forecasting the dynamics of the exchange rate using econometric methods and artificial neural networks. *Vestnik NSUEM*. 2023; (4): 94–108. (In Russ.). DOI: 10.34020/2073-6495-2023-4-094-108.

Введение

Валютный курс в современном мире является достаточно значимым инструментом экономической системы государства. На него оказывают влияние множество рыночных факторов, по этой причине он может меняться. Выбор режима валютного курса, а также его фиксированное или плавающее состояние зависит от внутренней экономической ситуации, от роли государства в международной экономике, а также международной торговли. Актуальность данной темы заключается в том, что определение тенденции развития валютного курса важно практически в любом направлении бизнеса, которое предполагает вложение капитала. В современных экономических условиях он имеет достаточно дифференциальный характер, что сопровождается риском в той или иной степени.

Характеристика современного состояния валютного курса. На сегодняшний день одним из главных вопросов государственной политики органов власти Российской Федерации выступает формирование валютного

курса и внутренней валютной политики. От характеристики регулирования данных сфер государственной деятельности зависят макроэкономические тенденции социально-экономического развития страны [1].

В период с 2020 по 2021 г. актуальность внутренней валютной политики увеличилась, поскольку из-за кризиса пандемии коронавируса устойчивость валютного курса российского рубля была нарушена, что требует принятия мероприятий для стабилизации и регулирования данного вопроса. Основным направлением дальнейшего развития российского рубля является становление его как международной резервной валюты. Резервную валюту центральные банки и правительства различных стран используют для хранения своих резервов. Однако для того чтобы стать резервной, любая валюта должна быть стабильной, быть валютой крупной экономики, широко вовлеченной в мировую торговлю и имеющей развитые финансовые рынки. В настоящее время существует шесть мировых резервных валют: доллар США, евро, фунт стерлингов, швейцарский франк, йена и китайский юань. Китайская валюта была включена в список совсем недавно, в 2016 г., но несмотря на экономический подъем широкого распространения пока так и не получила. Причиной послужило отсутствие свободного курса: государство контролирует его [2].

Активы Банка России в иностранных валютах включают: государственные и негосударственные долговые ценные бумаги; депозиты и остатки на счетах ностро; средства, инвестированные по сделкам обратного репо; чистую позицию Российской Федерации в Международном валютном фонде (МВФ); облигации внешнего облигационного займа Российской Федерации, а также иные права требования к контрагентам по заключенным сделкам. Указанные инструменты номинированы в долларах США (USD), евро (EUR), фунтах стерлингов (GBP), канадских (CAD), австралийских (AUD) и сингапурских долларах (SGD), швейцарских франках (CHF), иенах (JPY), юанях (CNY) и специальных правах заимствования.

Согласно «Обзору деятельности Банка России по управлению активами в иностранных валютах и золоте» целью управления валютными активами является обеспечение оптимального сочетания их сохранности, ликвидности и доходности. Управление активами в драгоценных металлах осуществляется отдельно от управления валютными активами Банка России. Активы Банка России в золоте состоят из золота, хранящегося на территории Российской Федерации [11].

На конец 2021 г. объем активов Банка России в иностранных валютах и золоте составил 612,9 млрд долл. США, из них 481,4 млрд долл. США – валютные активы и 131,5 млрд долл. США – золото. Согласно годовому отчету Центрального банка за 2021 г. активы Банка России в иностранных валютах и золоте были распределены следующим образом (рис. 1) [8].

Как видно из рис. 1 за год активы в долларах США сократились в два раза, это связано в первую очередь с санкционными рисками. Тем не менее полного отказа от доллара в своих резервах Центральный банк не планировал, так как данная валюта необходима для поддержания финансовой стабильности с учетом высокой роли американской валюты во внешнеторговых расчетах и ее фундаментальной роли в финансовых потоках.

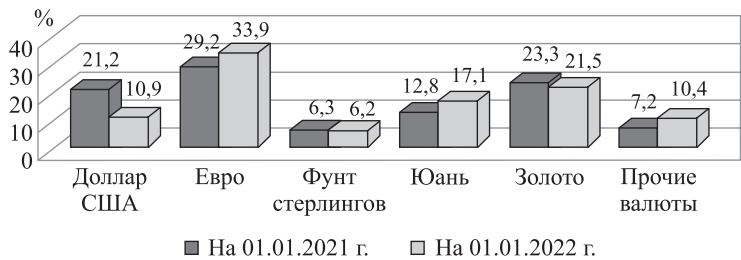


Рис. 1. Распределение активов Банка России в иностранных валютах и золоте, % от их рыночной стоимости
Distribution of Bank of Russia assets in foreign currencies and gold, as a percentage of their market value

Что касается динамики рубля к основным валютам, в которые распределены резервы ЦБ РФ, то все исследуемые валюты имели до начала 2022 г. одну общую тенденцию (рис. 2).

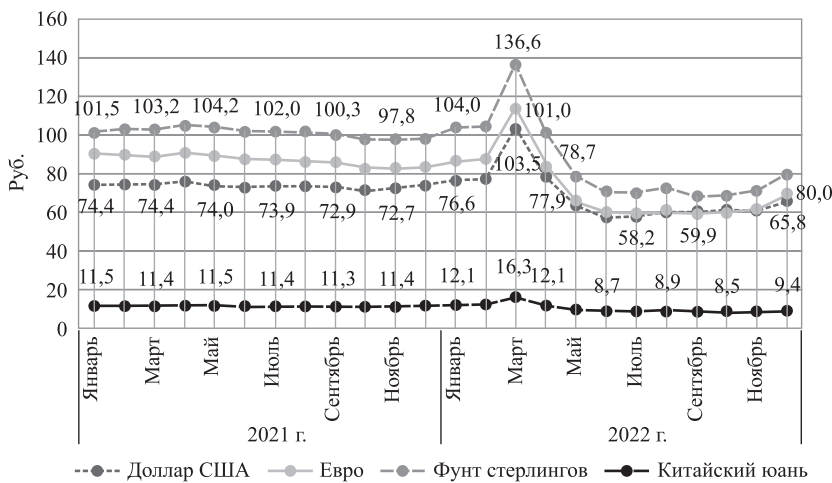


Рис. 2. Динамика изменения рубля к резервным валютам с января 2021 г. по декабрь 2022 г.
Dynamics of changes in the ruble against reserve currencies from January 2021 to December 2022

За период с февраля по май 2022 г. национальная валюта сильно ослабла по сравнению к резервным, причиной этого стали политические факторы и новые санкции, вводимые в отношении Российской Федерации. В процентном соотношении это вызвало рост курса иностранной валюты по сравнению к рублю в среднем на 32 %, но такая высокая динамика курса продержалась всего лишь месяц. Если в марте курс доллара в среднем был равен 103,47 руб., то в апреле валюта вернулась к февральскому показателю и составляла примерно 77,90 руб. (табл. 1). Затем с апреля заметна резкая динамика спада курса резервных валют [9].

Конец весны и начало лета 2022 г. стало для рубля временем «укрепления». Как видно из табл. 1, после резкого роста курсы доллара, евро, фунта стерлингов и китайского юаня начали стремительно снижаться. В среднем каждая из рассматриваемых валют потеряла 20–26 %. Причем стоит от-

Таблица 1

Динамика курса валют за 2022 г.
Exchange rate dynamics for 2022

2022 г.	Абсолютное значение, руб.				Темпы прироста, %			
	USD	EUR	GBP	CNY	USD	EUR	GBP	CNY
Январь	76,59	86,84	104,03	12,06	3,83	4,16	6,00	4,13
Февраль	77,17	87,48	104,47	12,16	0,75	0,74	0,42	0,78
Март	103,47	114,18	136,56	16,32	34,08	30,53	30,72	34,22
Апрель	77,90	84,35	101,04	12,14	-24,71	-26,12	-26,01	-25,58
Май	63,31	65,97	78,72	9,49	-18,72	-21,79	-22,09	-21,83
Июнь	57,18	60,01	70,75	8,68	-9,69	-9,04	-10,13	-8,60
Июль	58,22	59,17	69,86	8,79	1,82	-1,40	-1,25	1,37
Август	60,39	61,04	72,66	8,89	3,73	3,17	4,01	1,09
Сентябрь	59,82	59,26	68,10	8,52	-0,94	-2,91	-6,28	-4,11
Октябрь	61,12	59,85	68,84	8,46	2,16	0,98	1,09	-0,70
Ноябрь	60,85	61,93	71,39	8,45	-0,43	3,48	3,70	-0,23
Декабрь	65,82	69,63	79,98	9,38	8,15	12,43	12,03	11,05

метить, что впервые за 20 лет курс доллара и евро сравнялись, это может быть вызвано расхождением политики Европейского центрального банка и Федеральной резервной системы США.

Для стабилизации курса в марте 2022 г. Центральным банком России был установлен временный порядок операций с наличной валютой. При покупке иностранной валюты на бирже физическими лицами вводилась комиссия в размере 12 %. Указом Президента экспортеры обязаны продавать 80 % валютной выручки, зачисленной с 1 января 2022 г. Все эти меры были направлены на поддержку национальной валюты.

Также важно отметить то, что более половины российских резервов в 2022 г. были заморожены в связи с санкциями. По оценке ЦБ РФ их величина составляет порядка 300 млрд долл. Что касается информации о золотовалютных резервах России, то в июле 2022 г. был подписан закон, позволяющий засекречивать данную информацию [12].

Данные и методы

Прогнозирование курса доллара США. Для прогнозирования курса доллара были предложены различные подходы: методика прогнозирования валютного курса доллара США, основанная на построении эконометрической модели с использованием методов авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего «модель Бокса–Дженкинса» или в англоязычной литературе Auto Regressive Integrated Moving Average model (ARIMA-model), и искусственных нейронных сетей, которые позволяют повысить точность прогнозов в условиях экономической интеграции.

Первая модель (модели) – ARIMA-model предназначена для описания нестационарных временных рядов, каким является временной ряд значений валютного курса. Для построения модели ARIMA была выполнена сле-

дующая последовательность шагов. Во-первых, исходный ряд был приведен к стационарному виду логарифмическим преобразованием исходного ряда и применен оператор взятия последовательных разностей. Далее рассмотрен характер поведения автокорреляционных и частных автокорреляционных функций с выдвижением гипотезы о значениях параметров p и q . Проведена оценка параметров модели и проверка каждой пробной модели на адекватность анализом ряда остатков. На заключительном этапе с помощью модели, выбранной на последнем шаге, был построен точечный и интервальный прогноз на шесть шагов (месяцев) вперед.

Для прогнозирования курса доллара с использованием модели ARIMA был взят официальный курс доллара США за период с 2017 по 2022 г. включительно. Курс валюты был приведен к среднемесячному путем расчета арифметической средней за каждый месяц [14].

Вторая модель (модели) – на основе построения нейронных сетей. Нейронные сети представляют собой новую и весьма перспективную вычислительную технологию, дающую новые подходы к исследованию динамических задач в финансовой области. Способность к моделированию нелинейных процессов, работе с зашумленными данными и адаптивность дают возможность применять нейронные сети для решения широкого класса финансовых задач. Для проведения анализа с использованием нейронных сетей были взяты данные за более длительный период – с января 2010 по декабрь 2022 г. [3].

Решения и результаты

Прогнозирование методом ARIMA. Для проверки ряда на стационарность были проведены определенные преобразования. Для стабилизации дисперсии и уменьшения амплитуд колебания временного ряда – процедура логарифмирования (рис. 3), для устранения последовательной зависимости было выполнено дифференцирование ряда с лагом, равным 1.

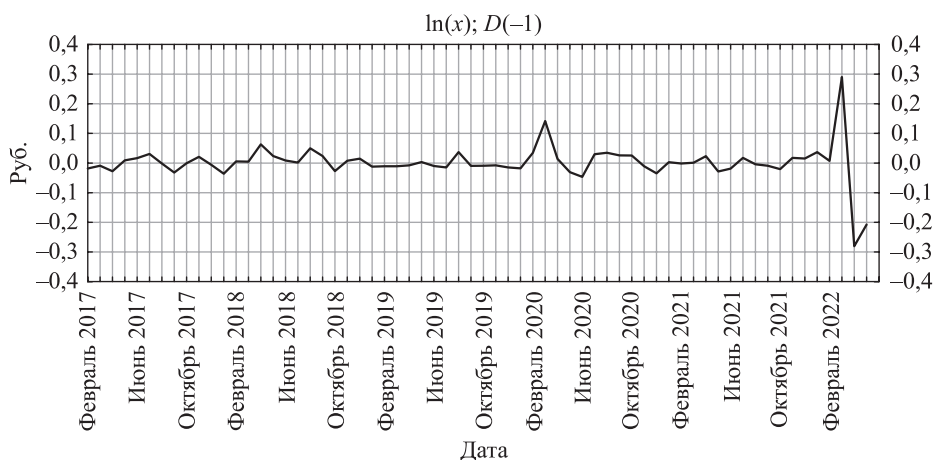


Рис. 3. Временной ряд курса доллара США после сглаживания, устранения тенденции и сезонных колебаний

Time series of the US dollar exchange rate after smoothing, detrending and seasonal fluctuations

В результате моделирования ряда была получена сезонная модель Бокса–Дженкинса – АРПСС (1,0,0) (1,0,0). Оценки параметров модели представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оценки параметров модели
Model parameter estimates

Параметр	Параметр	Асимпт. ст. ошибка	Асимпт. t (62)	p	Нижняя 95 % дов.	Верхняя 95 % дов.
Константа	65,06	3,30	19,69	0,00	58,46	71,66
$p(1)$	0,77	0,09	8,11	0,00	0,58	0,96
$P_s(1)$	0,25	0,34	0,75	0,45	-0,42	0,93

Параметр $P_s(1)$ является статистически незначимым и значение p -уровня превышает допустимое. При этом значение t -критерия имеет более низкую величину. Таким образом, можно сделать вывод, что рассчитанные параметры модели в целом не являются значимыми и надежными. По оценке качества модели при помощи функций автокорреляции остатков ряд остатков похож на белый шум, стандартные ошибки в целом находятся в пределах доверительного интервала. Анализ частной автокорреляционной функции остатков показал, что сильные взаимосвязи уровней остаточного ряда отсутствуют. Однако полученные оценки прогноза и отображенные на рис. 4 значения прогнозной линии недостаточно близки по структуре к динамике исходного временного ряда. Поэтому были построены модели с другими параметрами.

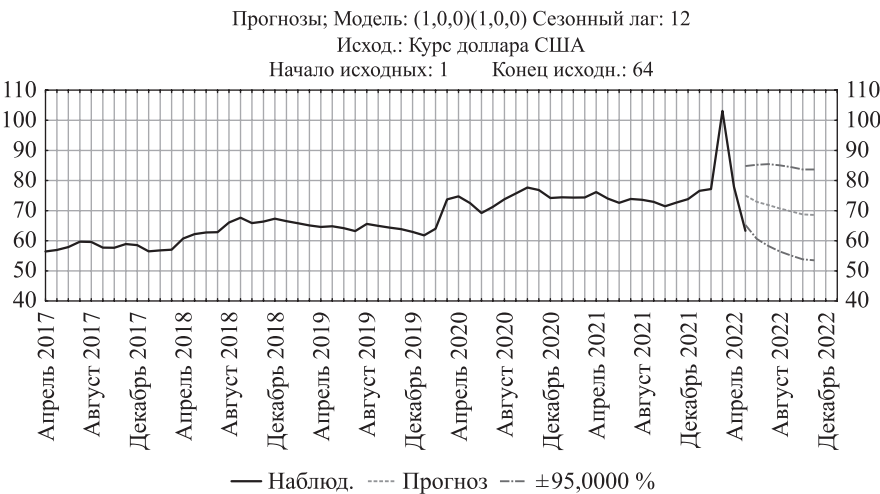


Рис. 4. График временного ряда и прогноза курса доллара США
US dollar time series and forecast chart

В результате моделирования окончательно были получены следующие оценки параметров (табл. 3).

Таблица 3

Оценки параметров модели АРПСС (3,0,0)
Estimates of ARIMA model parameters (3,0,0)

Параметр	Параметр	Асимпт. ст. ошибка	Асимпт. t (62)	p	Нижняя 95 % дов.	Верхняя 95 % дов.
Константа	61,75	4,24	14,56	0,00	53,27	70,23
$p(1)$	0,63	0,00	25289772267	0,00	0,63	0,63
$p(2)$	-0,26	0,07	-3,79	0,00	-0,39	-0,12
$p(3)$	0,63	0,00	25289772267	0,00	0,63	0,63

Анализ значений автокорреляционной функции остатков показал, что ряд остатков похож на белый шум и стандартные ошибки в целом находятся в пределах доверительного интервала. Согласно анализу частной автокорреляционной функции остатков сильных взаимосвязей уровней остаточного ряда нет. Также для определения адекватности модели была построена гистограмма остатков. Полученные графики подтверждают качество модели. Значения прогнозной линии достаточно близки по структуре к динамике исходного временного ряда (рис. 5).

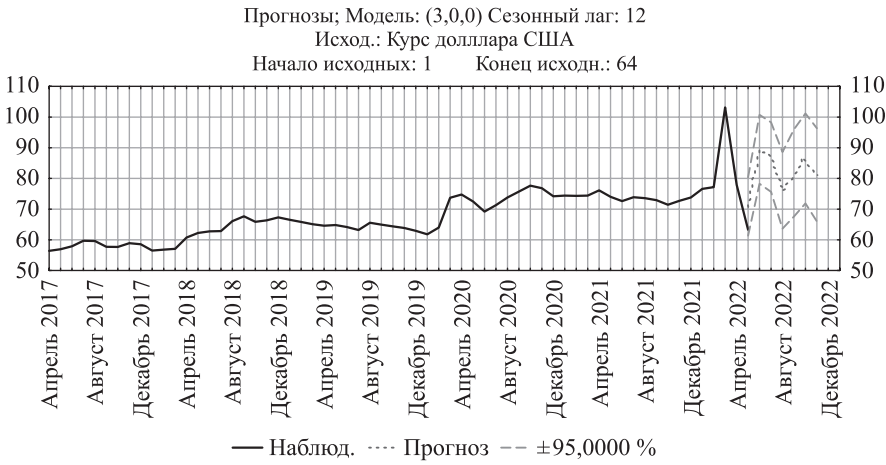


Рис. 5. График временного ряда и прогноза курса доллара США
US dollar time series and forecast chart

В прогнозе заметна тенденция к увеличению курса доллара США и, следовательно, ослаблению отечественной валюты. Доверительный интервал прогноза достаточно узкий, что позволяет сделать вывод об адекватности построенного прогноза (табл. 4).

Как видно из табл. 4, прогнозные значения оказались достаточно завышены по сравнению с фактическими. Наиболее низким отношение наблюдается к концу 2022 г., когда курс доллара США начал немного увеличиваться.

Таким образом, по прогнозированию Бокса – Дженкинса на основе данных 2017 г. – начала 2022 г. курс иностранной валюты должен был увеличиваться, но тем не менее специальные меры в поддержку отечественной валюты стабилизировали ее на достаточно низком уровне.

Таблица 4

Фактические и прогнозные результаты курса доллара США
Actual and forecast results of the US dollar exchange rate

Дата	Фактические значения	Прогноз ARIMA (3,0,0)	Ошибка прогноза (факт. знач./прогноз)
Июнь 2022 г.	57,1786	87,4949	0,53
Июль 2022 г.	58,2214	85,9705	0,48
Август 2022 г.	60,3919	74,1399	0,23
Сентябрь 2022 г.	59,8215	79,7901	0,33
Октябрь 2022 г.	61,1158	84,5345	0,38
Ноябрь 2022 г.	60,8530	79,1818	0,30
Декабрь 2022 г.	65,8150	78,1801	0,19

Прогнозирование с помощью искусственных нейронных сетей. Нейронные сети в отличие от статистических методов многомерного классификационного анализа базируются на параллельной обработке информации и обладают способностью к самообучению, т.е. получать обоснованный результат на основании данных, которые не встречались в процессе обучения. Эти свойства позволяют нейронным сетям решать сложные (масштабные) задачи, которые на сегодняшний день считаются трудноразрешимыми. Нейронные сети представляют собой новую и весьма перспективную вычислительную технологию, дающую новые подходы к исследованию динамических задач в финансовой области. Способность к моделированию нелинейных процессов, работе с зашумленными данными и адаптивность дают возможность применять нейронные сети для решения широкого класса финансовых задач [6].

Для проведения анализа были взяты данные за более длительный период – с января 2010 по декабрь 2022 г. (рис. 6).

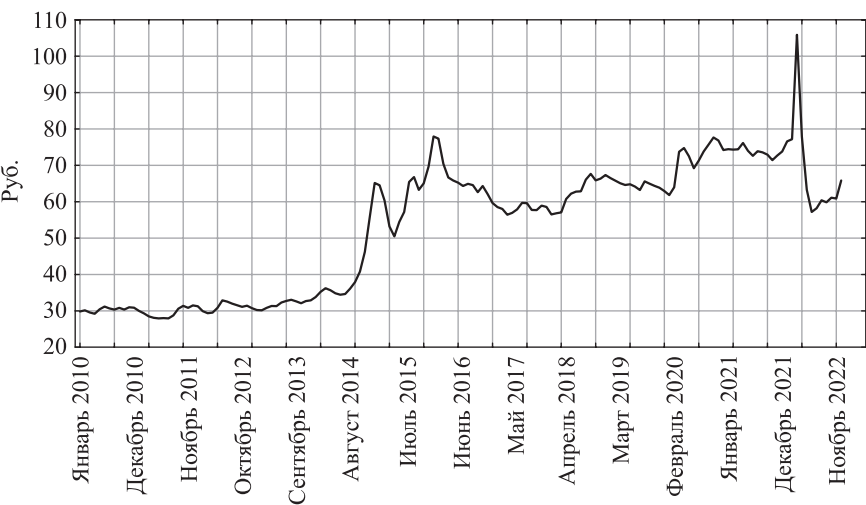


Рис. 6. Изменение курса доллара США за период с января 2010 по декабрь 2022 г.
Changes in the US dollar exchange rate for the period from January 2010 to December 2022

При проведении анализа последние шесть наблюдений не использовались, они были оставлены для кросс-проверки. Что касается стратегии для создания модели, то была выбрана автоматизированная нейронная сеть (АНС). Для анализа использовался тип сети – многослойные персептроны (МЛП), количество сетей равно 50. Входными функциями были установлены тождественная, логистическая и гиперболическая. На выходе же использовалась тождественная функция, как и для задач регрессии [7].

Таблица 5

Итоги моделей
Results of the models

Архитектура	Производительность обучения	Контрольная производительность	Функция активации скрытых нейросетей	Функция активации выходных нейросетей
MLP 12-8-1 (1)	0,9803	0,9681	Логистическая	Тождественная
MLP 12-7-1 (2)	0,9799	0,9676	Логистическая	Тождественная
MLP 12-6-1 (3)	0,9798	0,9682	Логистическая	Логистическая
MLP 12-8-1 (4)	0,9807	0,9715	Гиперболическая	Тождественная
MLP 12-4-1 (5)	0,9795	0,9682	Логистическая	Тождественная

Полученные модели имеют достаточно большую производительность, при этом производительность обучения и контрольная производительность достаточно схожи по величине (табл. 5). Это свидетельствует о том, что модели равномерно работают как на обучении, так и на контроле. Если рассматривать то, как на графике выглядят все построенные модели, получается следующее (рис. 7).

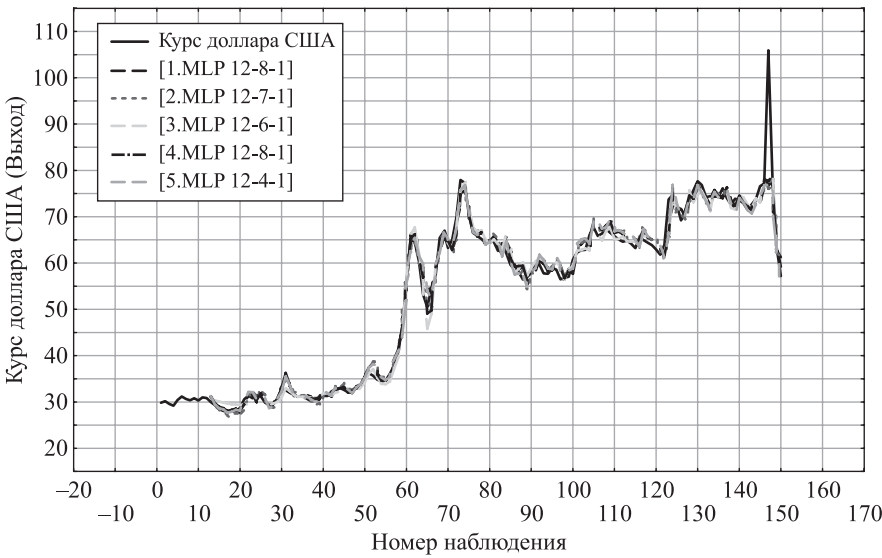


Рис. 7. График смоделированного временного ряда
Simulated time series plot

Для прогнозирования временного ряда используется его проекция. Тогда каждое значение предсказанного временного ряда будет строиться по предыдущим значениям этого же самого временного ряда. Прогноз на второе полугодие 2022 г. приведен на рис. 8.

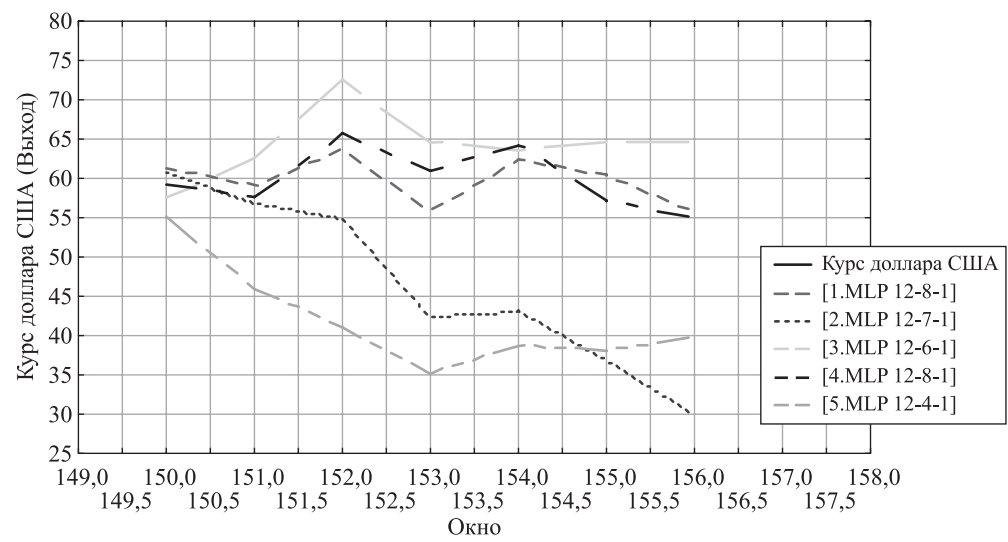


Рис. 8. Проекция временного ряда на 6 месяцев
Projection of time series for 6 months

При использовании различных моделей, получились слишком разные прогнозы. Тем не менее наиболее точно прогнозирует временной ряд модель MLP 12-8-1 (№ 4).

Любая задача временного ряда представляется в нейронной сети как задача многомерной регрессии. Поиск решения регрессии начинают с поиска более простых моделей и постепенно увеличивают сложность. Наиболее сложной моделью является линейная регрессионная модель. Она и была построена. Начальные параметры были установлены те же самые, но количество сетей увеличено до 100. При этом функции активации для МЛП были оставлены только «тождественные». В результате обучения получают следующие нейронные сети (табл. 6).

Таблица 6

Итоги моделей
Results of the models

Архитектура	Производительность обучения	Контрольная производительность	Функция активации скрытых нейросетей	Функция активации выходных нейросетей
MLP 12-1-1	0,9590	0,9650	Тожественная	Тожественная
MLP 12-1-1	0,9590	0,9650	Тожественная	Тожественная
MLP 12-1-1	0,9590	0,9650	Тожественная	Тожественная
MLP 12-1-1	0,9591	0,9649	Тожественная	Тожественная
MLP 12-1-1	0,9589	0,9650	Тожественная	Тожественная

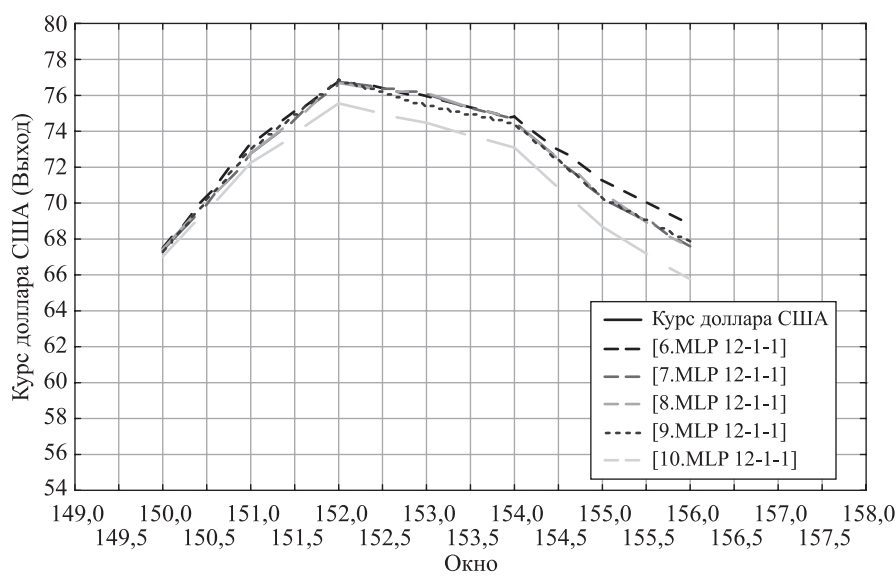


Рис. 9. Проекция временного ряда на 6 месяцев
Projection of time series for 6 months

Визуально проекции временного ряда выглядят не настолько дифференцированными, они имеют общий тренд (рис. 9).

Для определения самой лучшей функции для прогнозирования были рассчитаны относительные ошибки по каждой из выбранных моделей (табл. 7).

Таблица 7

Средние относительные ошибки для построенных моделей
Average relative errors for the constructed models

Модели	MLP 12-8-1 (№ 4)	MLP 12-1-1 (№ 6)	MLP 12-1-1 (№ 7)	MLP 12-1-1 (№ 8)	MLP 12-1-1 (№ 9)	MLP 12-1-1 (№ 10)
Средняя относительная ошибка	0,0647	0,2071	0,1994	0,1995	0,1990	0,1770

Лучшей моделью оказалась MLP 12-8-1 (№ 4). Данная модель имеет ошибку, равную 6 %. Остальные показали результат хуже – в среднем их ошибки равны 18–20 %.

В результате построения прогнозных моделей эконометрическим методом (ARIMA) и методом нейронных сетей составлены прогнозы курса доллара США (табл. 8).

Из табл. 8 видно, что наиболее точно описывает функцию изменения курса доллара США модель, построенная при помощи нейронных сетей. Также стоит отметить, что фактические значения и моделируемые имеют общую тенденцию. Прогноз же при помощи авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего показал слишком завышенный результат. В последующем для прогнозирования желательно применять модели с использованием нейронных сетей.

Таблица 8

Результаты прогнозирования курса доллара США
US dollar exchange rate forecasting results

Дата	Фактические значения	Прогноз ARIMA (3,0,0)	MLP 12-8-1
Июль 2022 г.	58,2214	87,4949	57,6416
Август 2022 г.	60,3919	85,9705	65,7701
Сентябрь 2022 г.	59,8215	74,1399	60,9493
Октябрь 2022 г.	61,1158	79,7901	64,1620
Ноябрь 2022 г.	60,8530	84,5345	57,1860
Декабрь 2022 г.	65,8150	79,1818	55,2664

Заключение

Основу временного валютного курса как цены денежной единицы в иностранных платежных средствах формирует целый комплекс курсообразующих факторов, проявляющих себя прежде всего через спрос и предложение данной валюты на денежном рынке. Равнодействующая этих факторов предопределяет в каждый определенный момент конкретную величину валютного курса. Несмотря на влияние множества факторов возникает необходимость прогнозировать величину и предвидеть движение в среднесрочной перспективе величины валютных курсов. Для построения моделей развития можно использовать различные инструменты, как статистические, так и нейронные сети.

Прогноз курса доллара США показал, что у прогнозной модели ARIMA на 6-летнем периоде прогнозирования результат хуже. При прогнозе на вторую половину 2022 г. курс доллара США приблизительно должен быть равен 80 руб. Фактический же курс составил примерно 60 руб. Построение нейронных сетей и увеличение исходных данных до 13 лет представило более точные результаты. Средний курс за полгода составил 59 руб., что наиболее приближено к реальным значениям. Таким образом, нейронные сети на большем количестве исходных данных дают результат точнее, чем метод авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего.

Подводя итоги, необходимо сказать, что в современных условиях и на перспективу политике валютного курса как неотъемлемой составляющей монетарной политики требуется надежная концептуальная основа в рамках общеэкономической стратегии для реагирования на влияние внешних факторов с учетом ситуации в российской экономике и ее финансовой сфере с помощью гибкого взаимодействия всех элементов финансового механизма.

Список источников

1. Белотелова Н.П. Валютная система и международные валютно-кредитные отношения: монография. М.: Научный консультант, 2017. 94 с.

2. Букреева А.С. Перспективы повышения статуса российского рубля до международной резервной валюты // Устойчивое развитие науки и образования. 2021. № 10 (61). С. 30–34. EDN EODDXU.

3. Зарова Е.В., Заров И.К. Нейронные сети как средство моделирования и прогнозирования инфляционных процессов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Физико-математические науки. 2005. № 34. С. 182–186.
4. Зенкина Е.В. Международные валютно-финансовые отношения в постиндустриальном мире: монография. М.: ИНФРА-М, 2018. 169 с.
5. Козадаев А.С. Предварительная оценка качества обучающей выборки для искусственных нейронных сетей в задачах прогнозирования временных рядов // Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки. 2008. Т. 13. Вып. 1. С. 100.
6. Aminian F., Suarez E.D., Aminian M., Walz D.T. Forecasting economic data with neural networks // Computational Economics. 2006. Vol. 28. Issue 1. P. 71–88.
7. Catik A.N., Karaçuka M. A comparative analysis of alternative univariate time series models in forecasting Turkish inflation // Journal of Business Economics and Management. 2012. Vol. 13. Issue 2. P. 275–293.
8. Годовой отчет Банка России за 2021 год. [Электронный ресурс]. URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/40915/ar_2021.pdf (дата обращения: 27.12.2022).
9. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 20.08.2023).
10. Мельник М.С. Инструменты срочного валютного российского рынка на этапе современного развития // Наука и образование сегодня. 2020. № 2 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-srochnogo-valyutnogo-rossiyskogo-rynka-na-etape-sovremennogo-razvitiya> (дата обращения: 10.01.2023).
11. Обзор деятельности Банка России по управлению активами в иностранных валютах и золоте. 2022. № 1 (61). [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/39684/2022-01_res.pdf (дата обращения: 20.08.2023).
12. РБК Экономика. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rbc.ru/economics/23/07/2021/60faa84e9a7947c072b8caa3> (дата обращения: 09.08.2023).
13. Центральный банк Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <https://cbr.ru/> (дата обращения: 29.05.2023).
14. «Statistical forecasting: notes on regression and time series analysis» Robert Nau, Introduction to ARIMA: nonseasonal models. [Электронный ресурс]. URL: <https://people.duke.edu/~rnau/411seart.htm> (дата обращения: 29.08.2023).

References

1. Belotelova N.P. Valjutnaja sistema i mezhdunarodnye valjutno-kreditnye otnoshenija: monografija [Monetary system and international monetary relations: monograph]. Moscow, Nauchnyj konsul'tant, 2017. 94 p.
2. Bukreeva A.S. Perspektivy povyshenija statusa rossijskogo rublja do mezhdunarodnoj rezervnoj valjuty [Prospects for raising the status of the Russian ruble to an international reserve currency], *Ustojchivoe razvitie nauki i obrazovanija [Sustainable development of science and education]*, 2021, no. 10 (61), pp. 30–34. EDN EODDXU.
3. Zarova E.V., Zarov I.K. Nejronnye seti kak sredstvo modelirovanija i prognozirovanija infljacionnyh processov [Neural networks as a means of modeling and forecasting inflation processes], *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija Fiziko-matematicheskie nauki [Bulletin of the Samara State Technical University. Series Physical and Mathematical Sciences]*, 2005, no. 34, pp. 182–186.
4. Zenkina E.V. Mezhdunarodnye valjutno-finansovye otnoshenija v postindustrial'nom mire: monografija [International monetary and financial relations in the post-industrial world: monograph]. Moscow, INFRA-M, 2018. 169 p.
5. Kozadaev A.S. Predvaritel'naja ocenka kachestva obuchajushhej vyborki dlja iskusstvennyh nejronnyh setej v zadachah prognozirovanija vremennyh rjadov [Preliminary assessment of the quality of the training sample for artificial neural networks in time

- series forecasting problems], *Vestn. Tamb. un-ta. Ser. Estestv. i tehn. nauki* [*Vestn. Tamb. Univ. Ser. Natural and tech. science*], 2008, vol. 13, iss. 1, p. 100.
6. Aminian F., Suarez E.D., Aminian M., Walz D.T. Forecasting economic data with neural networks. *Computational Economics*, 2006, vol. 28, issue 1, pp. 71–88.
 7. Catik A.N., Karaçuka M. A comparative analysis of alternative univariate time series models in forecasting Turkish inflation. *Journal of Business Economics and Management*, 2012, vol. 13, issue 2, pp. 275–293.
 8. Godovoj otchet Banka Rossii za 2021 god [Annual report of the Bank of Russia for 2021]. [Electronic resource]. Available at: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/40915/ar_2021.pdf (accessed: 27.12.2022).
 9. Edinaja mezhvedomstvennaja informacionno-statisticheskaja sistema (EMISS) [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS)]. [Electronic resource]. Available at: <https://www.fedstat.ru/> (accessed: 20.08.2023).
 10. Mel'nik M.S. Instrumenty srochnogo valjutnogo rossijskogo rynka na jetape sovremennogo razvitiya [Instruments of the Russian fixed-term currency market at the stage of modern development], *Nauka i obrazovanie segodnja* [*Science and education today*], 2020, no. 2 (49). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-srochnogo-valyutnogo-rossijskogo-rynka-na-etape-sovremennogo-razvitiya> (accessed: 10.01.2023).
 11. Obzor dejatel'nosti Banka Rossii po upravleniju aktivami v inostrannyh valjutah i zolote [Review of the activities of the Bank of Russia on asset management in foreign currencies and gold], 2022, no. 1 (61). [Electronic resource]. Available at: https://www.cbr.ru/Collection/Collection/File/39684/2022-01_res.pdf (accessed: 20.08.2023).
 12. RBK Jekonomika [RBC Economics]. [Electronic resource]. Available at: <https://www.rbc.ru/economics/23/07/2021/60faa84e9a7947c072b8caa3> (accessed: 09.08.2023).
 13. Central'nyj bank Rossijskoj Federacii [Central Bank of the Russian Federation]. [Electronic resource]. Available at: <https://cbr.ru/> (accessed: 29.05.2023).
 14. «Statistical forecasting: notes on regression and time series analysis» Robert Nau, Introduction to ARIMA: nonseasonal models. [Electronic resource]. Available at: <https://people.duke.edu/~rnau/411seart.htm> (accessed: 29.08.2023).

Сведения об авторах:

Л.П. Бакуменко – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной статистики и цифровых технологий, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация.

И.А. Липатова – магистр, кафедра прикладной статистики и цифровых технологий, Марийский государственный университет, Йошкар-Ола, Российская Федерация.

Information about the authors:

L.P. Bakumenko – Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Statistics and Digital Technologies, Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation.

I.A. Lipatova – Master, Department of Applied Statistics and Digital Technologies, Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию	25.09.2023	The article was submitted	25.09.2023
Одобрена после рецензирования	30.10.2023	Approved after reviewing	30.10.2023
Принята к публикации	12.11.2023	Accepted for publication	12.11.2023