

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВАЛЮТНЫХ КУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Прогнозирование валютных курсов является важной составляющей деятельности большинства финансовой организаций, особенно в банковской сфере и в экспортно-ориентированном производстве. Прогнозирование поведения валютного курса может носить как краткосрочный (например для проведения спекулятивных операций), так и долгосрочный (кредитование, инвестиции) характер. В качестве долгосрочного прогноза наиболее часто встречающейся операцией является прогноз обменный курс на конец года. В любом случае мы имеем дело с задачей прогнозирования временных рядов [1]. Для решения данной задачи существует несколько математических методов: метод скользящего среднего, метод наименьших квадратов, метод линейной авторегрессии. Каждый из указанных методов имеет свои преимущества и недостатки, но их применение для прогнозирования курса валют затруднено в связи с существенной нелинейностью исследуемой временной зависимости и влиянием факторов, имеющих неслучайный характер (изменение ставки центрального банка, введение санкций и т. д.).

За последние тридцать лет были достигнуты существенные успехи в построении интеллектуальных систем на базе нечетких и нейронных систем, возможности которых уже были неоднократно продемонстрированы в решении задач прогнозирования. Так в работе [2] применяется нейросетевая структура для прогнозирования курса доллара США и евро. К недостатку этого исследования можно отнести то, что в качестве обучающих использованы выборки с постоянным математическим ожиданием. Это свойство существенно облегчает прогнозирование, которое в таком случае сводится к проблеме фильтрации данных.

Целью работы является построение адаптивной нейро-нечеткой математической модели валютного курса с существенными несезонными колебаниями и изменяющимся средним значением.

Адаптивная нейро-нечеткая система вывода (ANFIS) впервые была предложена в работе [3] и представляет собой нечеткую структуру Сугено с колоколообразными (bell-shaped) функциями принадлежности, обучаемую по методу обратного распространения ошибки.

Для решения задачи прогнозирования будем использовать нелинейную авторегрессию вида

$$y(k+1) = F(y(k), y(k-1), \dots, y(k-q+1)), \quad (1)$$

где  $y(k+1)$  — прогнозируемое значение выхода системы;

$F(\dots)$  — нелинейное нечеткое отображение;

$y(k), y(k-1), \dots, y(k-q+1)$  — значения выходного сигнала в текущий и предшествующие моменты времени;

$q$  — глубина памяти, т. е. количество элементов запаздывания.

Исследования в программе MATLAB показали, что баланса точности и скорости обучения можно достичь с использованием не колоколообразной (как в базовом методе), а сигмоидальной функцией принадлежности вида

$$f(y, a, c) = 1 / \left( 1 + e^{-a(y-c)} \right)^{-1}, \quad (2)$$

где  $y$  — аргумент функции принадлежности;

$a, c$  — адаптируемые при обучении параметры.

В качестве исходных данных для исследований использовался курс доллара США за период с 10 января 2019 года по 24 октября 2019 года. Данная выборка является обучающей. Показатели курса в период с 25 октября по 18 ноября использовались как тестирующая выборка. В дальнейшем был получен прогноз на конец 2019 года. Все указанные выборки показаны на рисунке 1.

Как видно из графика нейро-нечеткая модель имеет определенную погрешность при определении значений курса и тем не менее определяет тенденцию к изменению в соответствии с реальными данными. При прогнозировании выходной сигнал математической модели стабилизируется и таким образом, определяется прогнозный курс на конец года на уровне 64,97 рубль за доллар США.

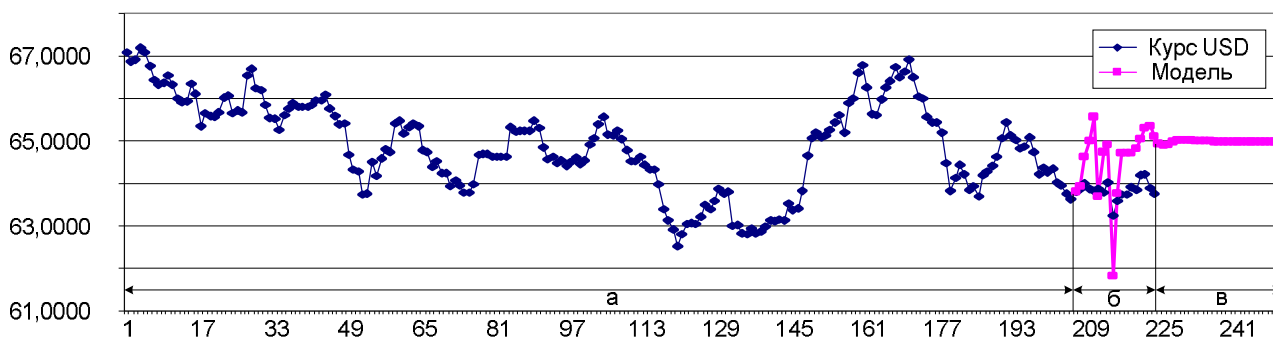


Рисунок 1 — Фактическое и прогнозное значение курса USD:  
а — обучающая выборка, б — тестирующая выборка, в — прогноз

**Выводы.** В программе MATLAB получена и исследована нейро-нечеткая математическая модель долгосрочного прогноза курса доллара США. Данная модель имеет отличие от ранее известных в типе функций принадлежности, проста при практическом использовании за счет интеграции данных из таблиц Excel. В дальнейшем требуется изучение влияния на точность параметров обучения — количество эпох и коэффициента изменения шага.

### Список литературы

1. Прасолов, А. В. Математические методы экономической динамики : учебное пособие / А. В. Прасолов. — [2-е изд., испр.]. — СПб. : Лань, 2015. — 352 с. : ил.
2. Сараев, П. В. Повышение эффективности валютного хеджирования на основе результатов нейроструктурного прогнозирования / П. В. Сараев, Ю. Е. Сяглова // Проблемы управления. — 2013. — № 6. — С. 48–52.
3. Jang, J.-S. R. Neuro-Fuzzy and Soft Computing. A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence / J.-S. R. Jang, C.-T. Sun, E. Mizutani. — Prentice-Hall, 1997. — 614 p.