

Анализ новостных сообщений для прогнозирования валютных котировок

М.А. Кузнецов¹, А.Н. Земцов¹, Э.Р. Тахтаров¹, М.А. Никитин¹, А.В. Сивуха¹

¹Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: Прогнозирование поведения валютных котировок реализуется на основе разных подходов. Наиболее теоретически обоснованным является фундаментальный анализ. Результаты фундаментального анализа представляют собой текстовые отчеты экспертов, в которых содержится информация о влиянии различных факторов на экономику стран в целом и валют в частности. Ключевые фрагменты этих отчетов публикуются в виде новостных сообщений в электронных средствах массовой информации. В данной статье предлагается использовать специализированную онтологию для извлечения прогноза по валютному рынку из текстовых сообщений экспертов. Обученные на новостных текстах модели с помощью методов NLP обрабатывают новые сообщения и сопоставляют с онтологией. По онтологии определяется смысловая связь с валютами и ожидаемое направление изменения котировок. В статье приводится информация о проведенных экспериментах на ретроспективных данных по использованию предложенных моделей.

Ключевые слова: валютный рынок, онтология, прогнозирование, фундаментальный анализ, NLP, прогнозные модели, сентиментальный анализ, технический анализ, ARIMA.

Введение

Валютный рынок является глобальным децентрализованным рынком для торговли валют. Он определяет курсы обмена для денежных единиц разных стран. Если исключить политические и чисто спекулятивные аспекты торговли валютой, то можно сказать: «Валютный рынок позволяет реализовать торговлю между рынками, ориентированными на разные средства расчета между продавцами и покупателями». По объему торгов это, безусловно, крупнейший рынок в мире [2]. Валютный рынок переменчив и лицо принимающее решение (ЛПР) при совершении сделок должно учитывать изменение обстановки. Прогнозирование рыночной ситуации дает преимущество, так как позволяет заранее выбрать эффективную стратегию торгов.

Виды прогнозирования валютного рынка

Классическим способом прогнозирования поведения рынка является подход, называемый техническим анализом (ТА). ТА основан на концепции, согласно которой историческое движение цен и объемов сделок определяет текущие торговые условия и их потенциальное движение на ближайшее будущее [5]. ТА помогает прогнозировать движение рынка на основе полученной из ближайшей ретроспективы информации. Такая информация представляется в виде определенных значений – индикаторов. Специалист по ТА получает данные для прогноза из различных временных графиков. Они отображают движение цен за предшествующий период и экстраполируют это движение на ближайшее будущее. Подход на основе ТА ориентирован на определение динамики основных параметров рынка: курсов валют и объема торгов.

Однако технический анализ сильно зависим от инерции рынка и не позволяет заранее оценивать потенциальное влияние на рынок новых факторов. Сначала рынок должен отреагировать на изменения ситуации за счет действий игроков и только потом индикаторы покажут формирование нового тренда.

Другой подход к прогнозированию заключается в анализе ожиданий и стремлений рыночных игроков. Валютный рынок хоть и большой, но все равно имеет конечный объем. Любые крупные сделки на нем, а также массовые операции, существенно влияют на цены. Активность участников рынка по отношению к определенным видам операций позволяет предсказать состояние рынка в будущем. Данный подход опирается на концепцию саморегулирования рынка на основе спроса/предложения. Интерес к разным видам операций можно оценить не только числовыми финансовыми показателями, но и анализом косвенных факторов. Например, число определенных видов запросов при поиске информации на бирже или эмоциональная окраска в опубликованных текстах, связанных с определенными видами валют. Данный подход называют сентимент-анализом (СА) [7].

Еще одним подходом к прогнозированию является фундаментальный анализ (ФА). Он даже более теоретически обоснован, чем другие виды анализа, и позволяет составлять прогноз до проведения реальных операций на рынке. ФА заключается в исследовании экономических, политических и социальных факторов, влияющих на спрос и предложение валюты. ФА – это анализ ценообразования валюты, основных экономических, политических, социальных, климатических и других факторов, влияющих на обменный курс. Результат ФА позволяет осуществлять средне и долгосрочные прогнозы.

Принципы фундаментального анализа

Прогнозирование цен на валюты основывается на ряде ключевых экономических факторов и показателей, определяющих устойчивость экономики страны на различные внутренние и внешние потенциальные воздействия. Факторы часто включают в себя многие геополитические аспекты, которые существенно влияют на движение цены валютных пар. ФА требует оперативного изучения скрытых воздействий на рынок. Например, крупные техногенные или природные катастрофы на территории стран, с высоким оборотом анализируемой валюты, принятые политические и экономические решения эмитентов валюты. Результатом фундаментального анализа не является получение конкретных цифр для обменных курсов различных валют. Вместо этого он помогает определить основные факторы, влияющие на поведение курсов валют, и сделать заключение о совокупной тенденции спот-рынка форекс на определенный период [9].

Результат фундаментального анализа представляется в виде отчета аналитика. Документ основан на описании важных экономических зависимостей. Краткое содержание и выдержки из отчетов попадают в средства массовой информации. Такие сообщения появляются на

специальных сайтах, электронных СМИ, информационных лентах и специализированных каналах социальных сетей. Сообщения практически никогда не описывают поведение какой-либо валютной пары. Как правило в таких публикациях содержится прогнозная информация по ослаблению, укреплению или стабильному поведению экономики страны в целом или крупнейших ее секторов экономики. Косвенно такая информация указывает на то, что спрос на валюту данной страны предположительно будет расти (укрепление экономики) или падать (соответственно ослабление). Еще один вариант — стабильное состояние экономики, что означает сохранение статус-кво соответствующей валюты.

Ключевые факторы, влияющие на потенциал валюты, хорошо описаны в работе [6].

Определение трендов рынка на основе анализа текста

Автоматизация процесса прогнозирования на основе результатов ФА существенно затруднена не только тем, что они представлены в виде текста и содержат качественное описание ситуации, но и в связи с многофакторностью анализа. Кроме того, постоянно изменяются условия межфакторного влияния.

Тексты сообщений экспертов из источников экономической направленности содержат информацию по сложившейся экономической ситуации. Смысловой анализ такого текста позволяет определить ожидаемый тренд в экономике анализируемой страны и, соответственно, связанной с ней валютой. Для автоматизации анализа сообщений необходимо привлекать технологии обработки текстов естественных языков (NLP - Natural Language Processing). Подобно техническому анализу, который показывает текущие тренды показателей рынка, анализ текста экономических публикаций экспертов по валютному рынку тоже дает тренд. Но этот тренд формирует лингвистическую оценку по валюте – укрепление/ослабление/флэт. Такая оценка позволяет прогнозировать ситуацию на рынке еще до его реакции на действия игроков. Поэтому привлечение ответственных за смысловой анализ NLP методов позволит выполнять прогноз ранее, чем использование технических трендов и индикаторов.

Хотя в современных условиях первичные данные для анализа ситуации на рынке легко доступны в глобальной сети, ключевым вопросом является принцип «вычисления» потенциального поведения рынка. Если анализ информации позволяет построить хотя бы направление тренда, становится возможным использование математического аппарата оптимизации операций на валютном рынке. Для извлечения тренда из текста отчета часто применяют подходы, основанные на нейронных сетях [10].

Существует альтернативный подход, основанный на применении онтологии предметной области. Именно онтология позволяет описать правила взаимодействия между сущностями предметной области. При смысловом анализе текста на основе онтологии выделяются взаимосвязи, с помощью которых выполняется логический вывод. Если исследовать на множестве ретроспективных сообщений смысловые выводы по поведению

валют, а затем с помощью корреляционного анализа рассмотреть взаимосвязь полученных прогнозов и реальных показателей валютного рынка, то возможно «нащупать» механизм прогнозирования на основе текстовых результатов ФА.

Преимущества использования онтологии

Смысловой анализ текста сообщений с помощью специфичной онтологии валютного рынка позволяет сделать прогнозирование гибким механизмом по следующим причинам.

– Эксперты могут корректировать параметры онтологии, учитывая изменение сложившихся зависимостей на рынке.

– Структуру онтологии можно также менять с учетом появления новых факторов влияния на валютный рынок. В этом случае онтология может изменяться как самим человеком вручную, так и алгоритмически, на основе автоматического поиска смысловых утверждений, коррелирующих с поведением валютных индикаторов в близкой ретроспективе

– Для алгоритмов работы с онтологией требуется меньше вычислительные ресурсы, чем для нейронных сетей.

Для возможности смыслового анализа текста необходимо построить онтологию в области валютного трейдинга. Онтология должна содержать специфические термины, используемые на валютном рынке и отражать взаимосвязь этих терминов. Анализируя встречающиеся в документе термины с помощью онтологии возможно извлекать смысловые утверждения. В таком случае онтология позволяет выделить из анализируемого текста валюты, с которыми связан текст, а также направление ожидаемого тренда. Рассмотрим особенности формирования онтологии, используемой в данной работе, на примере валюты США. Термины в тексте, такие как «Доллар», «Бакс», «Грин», «Гринго», «Зеленый», «Гринбек», «Крючок», «Американский рубль», «Франклин» и т. д., будут означать эту валюту. Кроме того, утверждения об укреплении/ослаблении сущностей, косвенно связанных с валютой, такие как «США», «US», «ФРС», «Пентагон», названия больших корпораций, банков, крупного национального бизнеса также связано с изменением потенциала доллара. Аналогичные сущности можно выделить для любой страны/валюты.

Для описания типов трендов в тексте также используются соответствующие термины. Например, слова «растет», «укрепляет», «увеличивает», «расширяет», «усиливает», «развивает», «быкует», показывает скрытый рост потенциала самой валюты или связанной с ней сущностью. Аналогично для падения – «обваливает», «отступает», «сдает», «заламывает» и т. д.

Для анализа смысла текста, необходимо фактически создать переводчик естественного языка в формализованный. А затем на основе полученных формализованных утверждений выполнить логический вывод. Т.е. фразы из текста необходимо привести к форме утверждений в виде «<Сущность N> имеет <Поведение M>». Где <Сущность N> означает указание важного фактора, связанного с поведением конкретной валюты. А

<Поведение M> - характеризует прогноз изменения фактора влияния на основе информации из новости. Указание на валюту в тексте сообщений возможно напрямую. Также вывод тренда валюты можно реализовать на основе ее устойчивой связи с поведением другой сущности из онтологии.

Язык онтологий представляется на основе стандарта Web Ontology Language (OWL). Это фактически семейство языков представления знаний. Используемые в данной работе компоненты онтологии хорошо представлены в источнике [8]. Языки OWL характеризуются формальной семантикой. Они построены на стандарте XML консорциума World Wide Web (W3C). Для описания языка используется соответствующая инфраструктура (RDF - Resource Description Framework) [4]

Устройство программной системы для прогнозирования трендов

Система для прогнозирования поведения валют на основе анализа новостных сообщений представляет собой программное обеспечение со следующей архитектурой (см. рис. 1)



Рис. 1– Архитектура системы

Для работы с онтологией в программной системе используется библиотека Owlready2 для языка Python. Она позволяет загружать, изменять и сохранять онтологии, а также проводить логические выводы с использованием разного рода reasoners.

В сокращенной версии онтологии на рис. 2 не показаны различные агенты валютного рынка (государственные организации, центральные банки и крупные финансовые институты).

Алгоритм вывода валютного тренда из новости представлен на рис. 3.

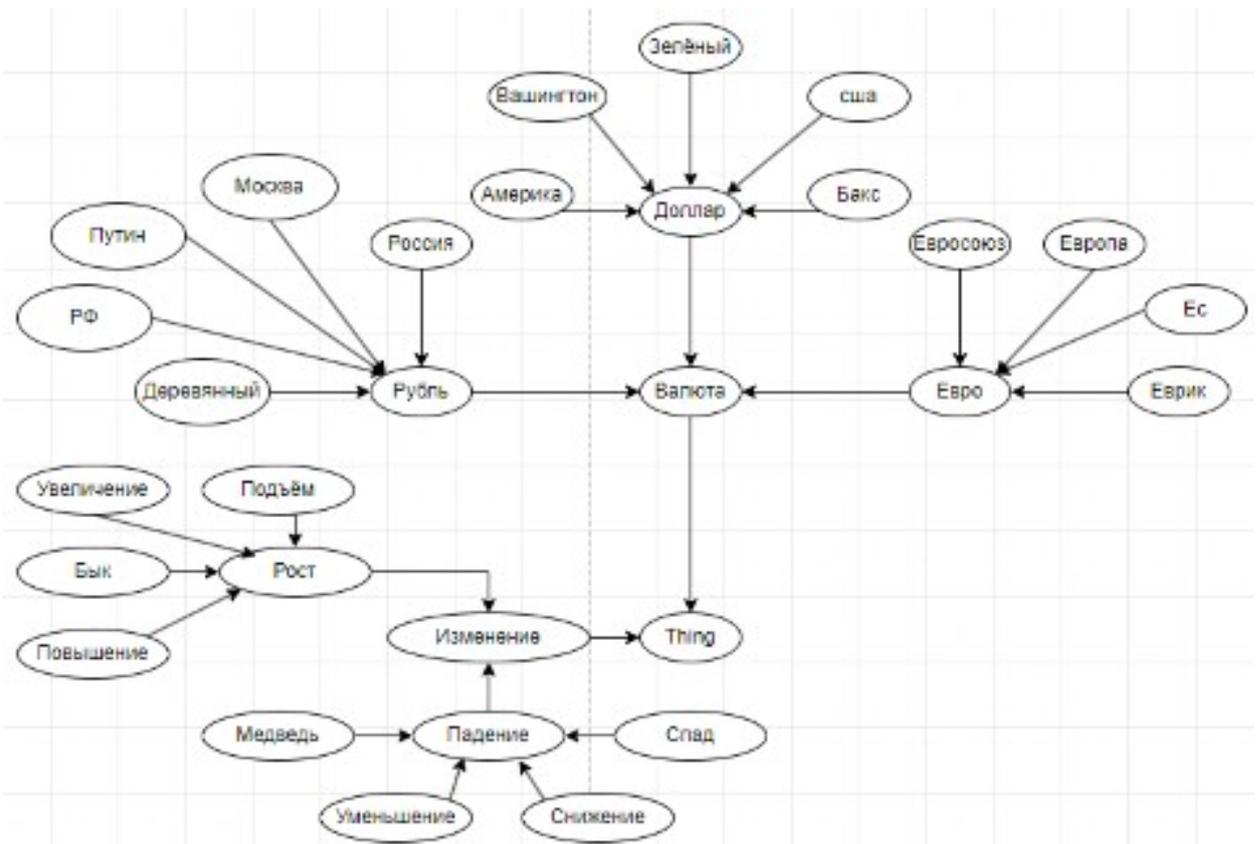


Рис. 2 - Пример упрощенной отоологии

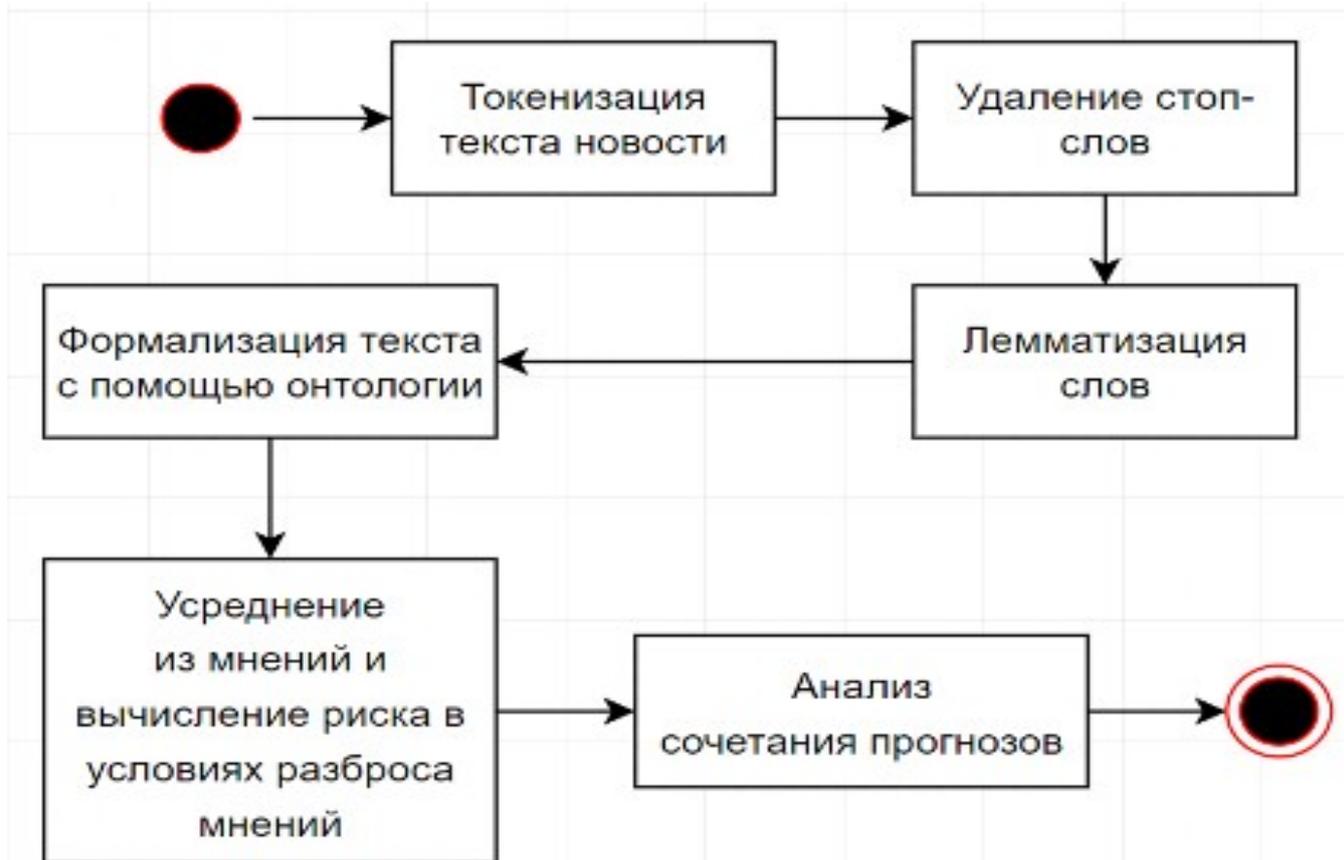


Рис. 3 – Основные шаги алгоритма прогнозирования котировок

Алгоритм представляет собой следующие шаги.

1) Токенизация - очень важный этап предварительной обработки данных в NLP, который включает разбиение текста на более мелкие фрагменты, называемые токенами. Эти токены могут быть отдельными словами, предложениями или символами исходного текста. В системе токен представлен отдельным словом [3].

2) Удаление стоп-слов, специальных символов, цифр и знаков препинания помогает очистить текст от ненужной информации, не влияющей на смысл предложений. Стоп-слова — это слова, которые встречаются часто в тексте, но при этом не несут никакой полезной для анализа информации.

3) Лемматизация и стемминг — это методы обработки текста, которые используются для нормализации слов и уменьшения размерности признакового пространства при анализе текста. Стемминг — это процесс нахождения основы слова путём удаления окончаний. Он уменьшает количество различных форм слов, которые нужно учитывать при анализе текста. Лемматизация — это процесс приведения слова к его базовой форме (лемме) путём удаления суффиксов и преобразования слова в его нормальную форму. Лемматизация более точный метод, чем стемминг, потому что он учитывает грамматические правила и может учесть контекст слова. Методы являются особенно важными для работы системы, так как они дают возможность уменьшить онтологию и предотвратить её разрастание из-за различных вариаций языка [1].

4) Формализация текста с помощью онтологии. Этот процесс приводит текст к формализованным фразам, содержащих указания на ожидаемое поведение задействованных в онтологии сущностей. Затем на основе полученных формальных фраз выполняется вывод, приводящий к прогнозу валютного тренда.

5) Учет разных мнений. Так как различные эксперты и аналитики могут иметь разные точки зрения на динамику потенциала валюты, требуется усреднение из мнений и вычисление риска в условиях разброса мнений. Различие в мнениях вызвано разными факторами, такими как разница в интерпретации экономических данных, различными методами анализа и прогнозирования, а также субъективными факторами, такими как личные убеждения и опыт.

6) Учет прогноза котировок пар валют предполагает анализ сочетания прогнозов укрепления/ослабления входящих в пару валют.

Исследование адекватности линейных моделей прогнозирования

Для начала рассмотрим линейную зависимость волатильности рубля на определённом отрезке времени от частоты его упоминания в тексте сообщений. Размер временного окна выбираем экспериментальным путем. Учитываем упоминание рубля в тексте как напрямую, так и косвенное на основе вывода через онтологию.

В качестве исходных данных используется датасет текстовых новостей с сайта Kaggle под названием “News dataset from Lenta.Ru”. Он включает в себя более 800 тысяч информационных сообщений на русском языке. Данные

фильтруются по указанному в датасете столбцу с тегами “Бизнес” и “Экономика”. Датасет по курсам валют взят с официального сайта центрального банка России. Для анализа используются данные за период с 2017 по 2024 год. Однако наиболее адекватные результаты работы модели проявляются за период 2019-2021 года. Такой период обусловлен относительно спокойным политическим фоном во взаимоотношении между Россией и другими странами с крупными экономиками. Более ранний период менее интересен, так как хуже отражает поведение текущего рынка. На более поздний период сильно влияет политическая эскалация и принятие законов, разрушающих процесс саморегулирования рынка валют. Характер прогнозов в анализируемых текстах в этот период от разных авторов имеет существенные противоречия, что делает прогнозы неустойчивыми. Естественно, что в период международной политической нестабильности сложно что-то прогнозировать.

Расчёт волатильности осуществляем по формуле логарифмической доходности (1).

$$\log r \text{ turn} = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \quad (1)$$

где:

- $\log \text{ return}$ - логарифмическая доходность,
- P_t - цена на текущий момент,
- P_{t-1} - цена на предыдущий момент.

Вычисляем по формуле (2) также стандартное отклонение:

$$\text{Volatility} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\log \text{ return}_i - \overline{\log \text{ return}})^2} \quad (2)$$

где:

- N - количество дней в рассматриваемом периоде,
- $\log \text{ return}_i$ - логарифмическая доходность в день i ,
- $\overline{\log \text{ return}}$ - среднее значение логарифмических доходностей за рассматриваемый период.

По результатам вычислений определяем длительность периода, на котором линейная модель проявляет наибольшую адекватность. Лучшие результаты вычислений оказались для окна размером в 4 недели. Параметры адекватности линейной регрессии, следующие: средняя абсолютная ошибка $\text{MAE}=0.00188$, средняя квадратичная ошибка $\text{RMSE}=0.0021$, коэффициент детерминации $R^2=0.53$.

Можно сделать вывод, что частота упоминания российского рубля в новостных сообщениях имеет некоторую связь с изменением курса рубля по отношению к доллару для месячной волатильности.

В таблице 1 представлены результаты вычисления помесечной корреляции частоты упоминания сущностей из класса онтологии «Рубль» с волатильностью курса RUB/USD.

Таблица 1 – Результаты корреляции частоты упоминания класса онтологии «Рубль» с его волатильностью

Номер месяца по порядку	Корреляция						
1	0.077654	6	0.585207	11	0.689640	16	0.781719
2	-0.684889	7	0.412110	12	0.676828	17	0.671833
3	0.209157	8	0.122855	13	0.895109	18	0.663596
4	0.542806	9	-0.377154	14	0.716853	19	0.669707
5	0.760981	10	-0.572607	15	0.773579	-	-

Большой разброс результатов корреляции может свидетельствовать о влиянии других внешних факторов, не учтенных в используемой онтологии. Однако параметры адекватности модели прогнозирования волатильности для рубля все равно позволяют использовать ее на практике.

Для прогноза тренда рубля на основе текстовых новостей используем следующую модель. Так как на исследуемом интервале может быть несколько новостей, в которых прямо или косвенно упоминается рубль, составляем усредненный прогноз по формуле 3.

$$S_{\text{сред}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{N} \quad (3)$$

где:

- $S_{\text{сред}}$ — усредненный тренд.
- N — количество новостей за заданный период.
- S_i — тренд i -й новости (где +1 указывает на рост, -1 на падение и 0 на статус-кво).

В результате вычисляемый на основе текстовых экономических сообщений усредненный тренд представляет собой число в диапазоне от -1 до 1, где -1 указывает на согласованный всеми экспертными мнениями прогноз падения валюты, а 1, соответственно, роста. Промежуточные результаты характеризуют меньшую коллегиальную степень уверенности авторов новостных сообщений. Положительное число показывает тренд роста, а отрицательное – падения.

Определяем возможную линейную связь между полученным из ретроспективных новостей прогнозом тренда рубля (по шкале [-1,1]) и реальным изменением котировок RUB/USD. Для этого вычисляем их корреляцию на окне в 1 месяц. Размер окна выбран на основе результатов описанного ранее вычислительного эксперимента.

С помощью онтологии проверяем связь каждого полученного токена новости. Если по онтологии он связан с классом рубля, значит фраза подходит для дальнейшего анализа. Также по онтологии смотрим присутствие в токенах связи с классом изменения. Определяем относится он к росту или падению и обозначаем направленность изменений. Выполнив выводы по нескольким сообщениям, высчитываем по формуле (3) прогноз тренда. Результаты вычисления корреляции приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты корреляции между ожидаемым трендом из новостей и реальным изменением котировок

Номер месяца по порядку	Корреляция						
1	0.653398	6	0.032314	11	0.696798	16	0.852555
2	0.517560	7	-0.131555	12	-0.596924	17	0.283204
3	0.874228	8	0.584587	13	-0.605282	18	0.199199
4	0.196315	9	0.489837	14	0.704614	19	0.289531
5	-0.216861	10	-0.300702	15	0.654866	-	-

Адекватность прогноза с помощью предложенного метода оценивается следующим образом: MAE=0.0017, RMSE= 0.0022, R²=0.847.

Оценки адекватности предложенных моделей прогноза по экономическим новостям позволяют прийти к следующим заключениям. Изменчивость курса рубля возможно предсказывать на основе простого учета в текстах упоминаний классов онтологии, связанных с анализируемой валютой. Модель прогноза направления изменений более значима, так как позволяет определять направление тренда. Точность предложенных моделей очень сильно зависит от описания онтологии. На адекватность прогноза существенно влияет размер периода ретроспективного анализа. Вычислительный эксперимент показал наибольшую точность на окне в несколько недель. Данный вывод позволяет утверждать о перспективности применения предложенных методов на среднесрочных прогнозах.

Литература

1. Валиев А.И., Лысенкова С.А. Применение методов машинного обучения для автоматизации процесса анализа содержания текста // Вестник кибернетики. 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-mashinnogo-obucheniya-dlya-avtomatizatsii-protsesssa-analiza-soderzhaniya-teksta>
2. Вытнова А.О. Мировой валютный рынок // Наука, образование и культура. 2017. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-valyutnyy-rynok?ysclid=lxp0s0hzw4997834778>
3. Гайсин А.Э. Анализ существующих методов автоматического текстового анализа // Вестник науки. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-metodov-avtomaticheskogo-tekstovogo-analiza>

4. Заикин И.А. Анализ структурных изменений в онтологиях на языке Owl 2 // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-strukturnykh-izmeneniy-v-ontologiyah-na-yazyke-owl-2>

5. Котенко А.Е. О методах технического и фундаментального анализа при исследовании рынка FOREX // Исследовано в России. 2003. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-metodah-tehnicheskogo-i-fundamentalnogo-analiza-pri-issledovanii-rynka-forex?ysclid=lxp0yexwkd541535850>

6. Лазарева Е.Е., Лысенко И.М., Шишова М.Н. Основные факторы, формирующие валютный курс российского рубля // Вестник Пензенского государственного университета. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-factory-formiruyuschie-valyutnyy-kurs-rossiyskogo-rublya>

7. Мухамедов В.А. Ритмы финансовых рынков и индикатор сентимент: анализ внутрисуточных данных по отдельным инструментам // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2009. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ritmy-finansovyh-rynkov-i-indikator-sentiment-analiz-vnutrisutochnyh-dannyh-po-otdelnym-instrumentam?ysclid=lxp11o65uq567819754>

8. Слета В.Д., Сергеев А.С. Построение и эволюция онтологий // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-i-evolyutsiya-ontologiy-1>

9. Сычев В.А., Сычев И.В. Построение систем принятия решений в задачах фундаментального анализа международного валютного рынка // Финансовые исследования. 2002. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-sistem-prinyatiya-resheniy-v-zadachah-fundamentalnogo-analiza-mezhdunarodnogo-valyutnogo-rynka>

10. Тюрина Д.А., Пальмов С.В. Применение нейронных сетей в обработке естественного языка // Журнал прикладных исследований. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-v-obrabotke-estestvennogo-yazyka>

References

1. Valiev A.I., Lysenkova S.A. Application of machine learning methods to automate the process of text content analysis // Bulletin of Cybernetics. 2021. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-mashinnogo-obucheniya-dlya-avtomatizatsii-protssessa-analiza-soderzhaniya-teksta>
2. Vytnova A.O. World currency market // Science, education and culture. 2017. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovoy-valyutnyy-rynok?ysclid=lxp0s0hzw4997834778>
3. Gaisin A.E. Analysis of existing methods of automatic text analysis // Bulletin of Science. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-metodov-avtomaticheskogo-tekstovogo-analiza>

4. Zaikin I.A. Analysis of structural changes in ontologies in the Owl 2 language // News of Tomsk Polytechnic University. Georesources Engineering. 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-strukturnyh-izmeneniy-v-ontologiyah-na-yazyke-owl-2>
5. Kotenko A.E. On the methods of technical and fundamental analysis when researching the FOREX market // Researched in Russia. 2003. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-metodah-tehnicheskogo-i-fundamentalnogo-analiza-pri-issledovanii-rynka-forex?ysclid=lxp0yexwkd541535850>
6. Lazareva E.E., Lysenko I.M., Shishova M.N. The main factors shaping the exchange rate of the Russian ruble // Bulletin of the Penza State University. 2015. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-factory-formiruyuschie-valyutnyy-kurs-rossiyskogo-rublya>
7. Mukhamedov V.A. Rhythms of financial markets and the sentiment indicator: analysis of intraday data on individual instruments // Financial analytics: problems and solutions. 2009. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ritmy-finansovyh-rynkov-i-indikator-sentiment-analiz-vnutrisutochnyh-dannyh-po-otdelnym-instrumentam?ysclid=lxp11o65uq567819754>
8. Sleta V.D., Sergeev A.S. Construction and evolution of ontologies // News of the Penza State Pedagogical University named after. V. G. Belinsky. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-i-evolyutsiya-ontologiy-1>
9. Sychev V.A., Sychev I.V. Construction of decision-making systems in problems of fundamental analysis of the international currency market // Financial Research. 2002. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-sistem-prinyatiya-resheniy-v-zadachah-fundamentalnogo-analiza-mezhdunarodnogo-valyutnogo-rynka>
10. Tyurina D.A., Palmov S.V. Application of neural networks in natural language processing // Journal of Applied Research. 2023. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-v-obrabotke-estestvennogo-yazyka>