

Д. В. Никитенко

## АНАЛИЗ ДОЛГОСРОЧНЫХ И КРАТКОСРОЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ФЬЮЧЕРСОВ НА ЗОЛОТО И СЕРЕБРО

*Статья посвящена исследованию долгосрочных и краткосрочных зависимостей цен фьючерсов на золото и серебро. Анализ проводился с использованием методов коинтеграционного анализа с использованием тестов Энгла-Грейнджера и Йохансана. Построены модели коррекции ошибок (ЕСМ) и модели векторной коррекции ошибок (VECM). Показано, что краткосрочные изменения цен одного актива оказывают значительное влияние на динамику цен другого актива на первых лагах, что свидетельствует о быстрой реакции цен на краткосрочные колебания. Влияние изменений цен фьючерсов на серебро на цены фьючерсов на золото и наоборот сохраняется на протяжении всех анализируемых лагов, что говорит о высокой степени взаимозависимости между этими активами и важность учёта прошлых изменений при прогнозировании будущих цен.*

Целью данного исследования является изучение взаимосвязи между ценами фьючерсов на золото и серебро для определения долгосрочных и краткосрочных закономерностей их движения. Золото и серебро играют ключевую роль на мировом финансовом рынке, выступая важными инвестиционными активами и инструментами хеджирования рисков. Анализ их ценовых взаимосвязей позволяет глубже понять рыночные процессы и улучшить точность прогнозирования [1–3].

Для проведения исследования были использованы методы коинтеграционного анализа, модели коррекции ошибок (ЕСМ) и модели векторной коррекции ошибок (VECM), которые позволяют оценить наличие устойчивой долгосрочной связи между переменными и исследовать краткосрочные изменения цен. Применение этих методов актуально в условиях высокой волатильности рынков драгоценных металлов, что требует использования продвинутых аналитических инструментов [4].

Коинтеграция возникает, когда две или более нестационарные временные серии имеют устойчивое долгосрочное равновесное соотношение. Даже если каждая из серий по отдельности нестационарна, их линейная комбинация может быть стационарной.

Математическое описание: пусть  $X_t$  и  $Y_t$  – нестационарные временные ряды. Если существует параметр  $\beta$  такой, что  $Z_t = Y_t - \beta X_t$  является стационарным ( $Z_t \sim I(0)$ ), то  $X_t$  и  $Y_t$  коинтегрированы;  $I(0)$  обозначает статистическую стационарность временного ряда.

Для проверки коинтеграции между парами временных рядов используется тест Энгла-Грейнджера. Тестовая статистика имеет вид

$$\tau = \frac{\rho - 1}{SE(\rho)},$$

где  $\rho$  – оценка коэффициента регрессии остатков, а  $SE$  – стандартная ошибка.

Для определения наличия коинтеграции используется процедура Энгла-Грейнджера. Для этого оценивается регрессионное уравнение для нестационарных временных рядов и проверить остатки  $\varepsilon_t$  на стационарность:

$$Y_t = \alpha + \beta X_t + \varepsilon_t.$$

Далее строится модель коррекции ошибок (ЕСМ): если ряды коинтегрированы, используется ЕСМ для моделирования краткосрочной динамики:

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma u_{t-1} + \delta \Delta X_t + \varepsilon_t,$$

где  $\alpha$  – коэффициент коррекции ошибок, а  $\gamma$  представляет отклонение от равновесия.

На основе теста Йохансена определяется количество коинтеграционных соотношений. Используются две статистики: *trace*-статистика ( $\lambda_{trace}$ ) и *max*-статистика ( $\lambda_{max}$ ). Модель векторной авторегрессии (*VAR*) имеет вид

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t,$$

Переход к *VECM*: если ряды коинтегрированы, используется векторная модель коррекции ошибок (*VECM*):

$$\Delta Y_t = \Pi y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t,$$

где матрица  $\Pi = \alpha\beta'$ , где  $\beta$  – матрица коинтеграционных векторов,  $\Gamma_i$  – коэффициентные матрицы, описывающие краткосрочные зависимости между временными рядами.

Коинтеграционный анализ проведен с использованием Python. Коинтеграция между ценами на фьючерсы на золото и серебро: результаты теста коинтеграции показывают, что между ценами на фьючерсы на золото и серебро существует коинтеграция как по направлению *Gold ~ Silver* ( $P\text{-value} = 0.0061$ ), так и *Silver ~ Gold* ( $P\text{-value} = 0.0001$ ). Это указывает на наличие долгосрочной связи между этими активами, то есть они движутся в одном направлении в долгосрочной перспективе, несмотря на возможные краткосрочные колебания.

Интерпретация коэффициентов модели коррекции ошибок (ЕСМ) следующая. Уравнения модели коррекции ошибок имеют вид:

$$\begin{aligned} \Delta Gold &= 0.000121 \cdot ECM_{t-1} + \varepsilon_t, \\ \Delta Silver &= 0.000033 \cdot ECM_{t-1} + \varepsilon_t, \\ ECM_t &= Gold_t - (-90.1577) \cdot Silver_t - 256.197. \end{aligned}$$

Знак и величина коэффициентов: коэффициенты *Gold* (0.000121) и *Silver* (0.000033) являются положительными и очень малыми. Это говорит о том, что отклонения от долгосрочного равновесия между ценами на золото и серебро корректируются медленно. Коэффициент 0.000121 для *Gold* показывает, что на каждое единичное отклонение от долгосрочного равновесия цена на золото корректируется на 0.0121 % в следующем периоде. Коэффициент 0.000033 для *Silver* указывает, что цена на серебро корректируется ещё медленнее – на 0.0033 % в следующем периоде.

Что касается скорости восстановления равновесия, то низкие значения коэффициентов свидетельствуют о том, что рынок реагирует на отклонения от равновесия слабо и медленно. Это может указывать на низкую чувствительность цен фьючерсов на золото и серебро к краткосрочным дисбалансам, что типично для рынков с высокой стабильностью.

Уравнения модели *VECM* имеют вид

$$\begin{aligned} \Delta Gold_t = & 0.000121 \cdot ECM_{t-1} - 0.187375 \cdot \Delta Gold_{t-1} + \\ & + 4.148862 \cdot \Delta Silver_{t-1} - 0.30202 \cdot \Delta Gold_{t-2} + 0.544294 \cdot \Delta Silver_{t-2} - \\ & - 0.031705 \cdot \Delta Gold_{t-3} + 1.810567 \cdot \Delta Silver_{t-3} - 0.014962 \cdot \Delta Gold_{t-4} + \\ & + 0.913713 \cdot \Delta Silver_{t-4} + 0.000421 \cdot \Delta Gold_{t-5} - 0.872177 \cdot \Delta Silver_{t-5} , \\ \Delta Silver_t = & 0.00003293 \cdot ECM_{t-1} + 0.000473 \cdot \Delta Gold_{t-1} - \\ & - 0.042207 \cdot \Delta Silver_{t-1} + 0.001622 \cdot \Delta Gold_{t-2} - 0.056030 \cdot \Delta Silver_{t-2} - \\ & - 0.001779 \cdot \Delta Gold_{t-3} + 0.111724 \cdot \Delta Silver_{t-3} - 0.000116 \cdot \Delta Gold_{t-4} + \\ & + 0.008723 \cdot \Delta Silver_{t-4} + 0.000373 \cdot \Delta Gold_{t-5} - 0.071695 \cdot \Delta Silver_{t-5} . \end{aligned}$$

Для *Gold equation*: лаги (*L1–L5*) показывают, что изменения цен фьючерсов на серебро оказывают значительное влияние на цены фьючерсов на золото, особенно на *L1.Silver* (*P-value* = 0.000) и *L3.Silver* (*P-value* = 0.000). Параметры для лагов золота (например, *L1.Gold*, *L2.Gold*) также значимы, что подтверждает зависимость цен фьючерсов на золото от его собственных предыдущих значений.

Для *Silver equation*: влияние цен фьючерсов на золото на цену фьючерсов на серебро также имеет важное значение, особенно на *L2.Gold* (*P-value* = 0.000) и *L3.Gold* (*P-value* = 0.000). Влияние предыдущих значений серебра (например, *L1.Silver*, *L2.Silver*) на цены фьючерсов на серебро также значимо (*P-value* < 0.05).

Исследованы краткосрочные эффекты: коэффициенты для изменений в ценах фьючерсов на золото и серебро (*Delta\_y1*, *Delta\_y2* и т. д.) показывают, что в краткосрочном периоде наблюдается сильная зависимость между этими активами. Например, изменения в цене фьючерсов на золото (*Delta\_y1*) оказывают сильное влияние на изменения в цене фьючерсов на серебро (*Delta\_y2*).

Уравнение для золота показывает, что наиболее значимые переменные – это лаги серебра, а также лаги золота до третьего порядка. Уравнение для серебра также показывает важность лагов золота, что подтверждает взаимосвязь между этими двумя активами.

Долгосрочное коинтеграционное уравнение:

$$Gold_t = -90.1577 \cdot Silver_t + 256.197$$

Коэффициент  $\beta$  для связи *Gold ~ Silver* равен – 90.1577, что указывает на сильную отрицательную связь между этими активами в долгосрочной перспективе. Постоянная величина (*const*) равна 256.1970, что указывает на наличие долгосрочного тренда, возможно, с некоторыми нестабильностями в краткосрочной перспективе.

Параметры для коэффициентов корректировки (*alpha*) показывают, что для серебра (*ec1*) скорость корректировки значима и положительна (*P-value* = 0.000), что указывает на стремление серебра восстанавливать равновесие с золотом.

Проведенное исследование подтверждает наличие устойчивой долгосрочной и краткосрочной взаимосвязи между ценами фьючерсов на золото и серебро. Коинтеграционный анализ выявил значимую связь между этими двумя активами, что указывает на их совместное движение в долгосрочной перспективе. Это означает, что несмотря на краткосрочные колебания, цены на золото и серебро имеют тенденцию возвращаться к определенному равновесию. Таким образом, отклонения от долгосрочного тренда корректируются, хотя и с низкой скоростью, что характерно для рынков с высокой стабильностью.

Анализ моделей коррекции ошибок (*ECM*) и векторной коррекции ошибок (*VECM*) показал, что краткосрочные изменения цен одного актива оказывают

значительное влияние на динамику цен другого актива. Особенно это заметно на первых лагах временного ряда ( $L1$ ), что свидетельствует о быстрой реакции цен на краткосрочные колебания. Влияние изменений цен фьючерсов на серебро на цены фьючерсов на золото и, наоборот, сохраняется на протяжении всех анализируемых лагов. Это ещё раз подтверждает высокую степень взаимозависимости между этими активами и важность учета прошлых изменений при прогнозировании будущих цен.

В целом, выявленная коинтеграционная связь и взаимное влияние цен на золото и серебро имеют важное практическое значение для инвесторов и аналитиков. Понимание этих взаимосвязей позволяет не только более точно прогнозировать ценовые движения, но и разрабатывать более эффективные стратегии хеджирования и управления рисками на рынке драгоценных металлов.

### Литература

1 Котировки : [сайт]. – Австралия, 2025. – URL: <https://www.perthmint.com/invest/information-for-investors/metal-prices/historical-metal-prices> (дата обращения: 24.11.2024).

2 LBMA Precious Metal Prices : [сайт]. – London, 2025. – URL: <https://www.lbma.org.uk/prices-and-data/precious-metal-prices#/table> (дата обращения: 24.11.2024).

3 Курсач. – URL: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1QkBeLeSAjIYf6UJCn9IM63sEO5xlDehj/edit?usp=drive\\_link&oid=110280937796968092544&rtfpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1QkBeLeSAjIYf6UJCn9IM63sEO5xlDehj/edit?usp=drive_link&oid=110280937796968092544&rtfpof=true&sd=true) (дата обращения: 24.11.2024).

4 Подкорытова, О. А. Анализ временных рядов / О. А. Подкорытова, М. В. Соколов. – М. : Юрайт, 2023. – 320 с.

УДК 004.522:004.62

*К. А. Поленок*

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ И TELEGRAM-БОТА**

*В статье представлен опыт разработки медицинской информационной системы, направленной на автоматизацию документооборота в клинических поликлиниках. Описываются архитектура веб-приложения, реализованного с использованием Java, Spring Boot и базы данных MySQL, а также интеграция с Telegram-ботом “Aesculapius Lab Reports” для оперативного уведомления пациентов о результатах лабораторных исследований. Рассматриваются принципы разграничения прав доступа, механизмы авторизации на основе JWT и результаты тестирования. Предложенное решение позволяет повысить скорость и точность обработки медицинских документов, а также улучшить взаимодействие с пациентами.*

Современные поликлиники, находясь под давлением требований к оперативности и качеству медицинского обслуживания, всё чаще обращаются к цифровым технологиям. Одним из важнейших направлений цифровизации здравоохранения остаётся автоматизация медицинского документооборота, охватывающего такие процессы, как оформление амбулаторных карт, рецептов, листков нетрудоспособности и результатов исследований.

На текущем этапе значительная часть этих процедур осуществляется вручную, что создаёт риски потери информации, увеличивает нагрузку на медицинский персонал и затрудняет оперативный обмен данными [1]. В связи с этим разработка гибкой, защищённой и масштабируемой системы управления медицинскими данными стала целью настоящей работы.