
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЫНКА ПРОИЗВОДНЫХ ФИНАНСОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФРАКТАЛЬНОГО ПОДХОДА

Гладких Максим Олегович¹, канд. экон. наук, доц.
Лопухин Арсений Максимович², асп.

¹ Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, Россия, 394018; e-mail: gladkih_maksim3@list.ru

² Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, Коммунаров ул., 28, Елец, Россия, 399770; e-mail: ars4044@mail.ru

Предмет: сельское хозяйство относится к высокорисковым отраслям. Очевидно, что управление этим видом риска является одной из важнейших задач сельскохозяйственного товаропроизводителя. В качестве инструмента анализа и прогноза выступили производные финансовые инструменты – фьючерсы на зерно. Эффективным индикатором в условиях высокой степени волатильности различных рынков выступают котировки фьючерсных контрактов. *Цель:* разработать эффективные математико-экономические методы для прогнозирования динамики цен, получения прибыли и предотвращения потерь на рынке производных финансовых инструментов в условиях конкурентной экономики. *Дизайн исследования:* анализируются зерновые фьючерсы как основа для экономико-математического моделирования финансового риска. В качестве объекта выбран зерновой фьючерс, торгуемый на Московской бирже. Горизонт анализа и прогнозирования – временной период с апреля 2021 года по май 2024 года с дневным шагом дискретизации. На основе фрактального анализа рассматривается новое инструментальное средство, позволяющее решать задачу прогнозирования на зерновом рынке производных финансовых инструментов и обеспечивающее повышение качества и точности идентификации и оценки, мониторинга и коррекции рисков с целью принятия верных управленческих решений сельскохозяйственными товаропроиз-

водителями. *Результаты:* детально описана динамика фрактальной размерности финансового ряда, которая соотнесена с трендом ценового индекса на пшеницу. Установлено, что относительное изменение фрактальной размерности более чем на 10% в течение годового периода характеризует приближающийся кризис на ценовой индекс. Выявлено ключевое свойство фрактальности – чем стабильнее и продолжительнее тренд, тем неустойчивее будет значение фрактальности, и наоборот, – позволяет использовать его в качестве достаточно надежного индикатора, характеризующего текущее состояние финансового временного ряда. На основе построенной модели следует предположить о трендоустойчивом характере ценовой политики фьючерса на пшеницу в будущем. В сочетании с классическими методами регрессионного анализа предполагается небольшое снижение ценовой политики, однако резких падений и скачков цены не ожидается.

Ключевые слова: рынок зерна, зерновой фьючерс, эконометрическое прогнозирование, математические и технические инструменты.

DOI: 10.17308/meps/2078-9017/2024/10/25-39

Введение

За последние несколько десятилетий мировые рынки радикально изменились. В связи с увеличением объемов международной торговли произошел значимый рост импортной и экспортной деятельности. Данный фактор повлиял на глобальность стратегий в деятельности инвесторов и заемщиков, что повысило уровень их рисков. К ключевым рискам, связанным с международной торговлей и инвестициями, относится неопределенность относительно будущих курсов обмена иностранных валют и процентных ставок. Чем больше риск, тем больше необходимость управлять им, что привело к росту инструментов управления рисками. Для хеджирования рисков, связанных с валютными и процентными ставками и их волатильностью, разработаны производные финансовые инструменты (ПФИ), к которым можно отнести форварды, фьючерсы, свопы и опционы. Их называют деривативами, так как они являются «производными» базовых финансовых инструментов и могут использоваться для хеджирования. Дериватив по своей сути представляет собой договор, по условиям которого стороны имеют право или обязанность совершать операции с базовым активом, предусмотренные договором. Поэтому операции с деривативами могут использоваться для компенсации риска изменения цены базового актива.

Развитие отечественного рынка производных финансовых инструментов обусловлено реализацией Стратегии развития финансового рынка до 2030 года, в которой отмечена значимость данного инструментария: «Для работы финансового рынка и особенно рынка капитала нужны оперативные, заслуживающие доверия информация и индикаторы финансового и товарного рынков. Наличие качественных и надежных индикаторов будет

способствовать развитию рынка производных финансовых инструментов. Это предоставит участникам рынка более широкие возможности для хеджирования рисков. Распространение культуры хеджирования в Российской Федерации, в свою очередь, позволит повысить устойчивость российской экономики к возможным шокам на финансовых и товарных рынках, а также будет способствовать развитию института риск-менеджмента»¹. Таким образом, ПФИ являются необходимыми в наборе инструментов выживания современной экономики.

Общим для всех ПФИ является возможность хеджирования рисков и устранения опасности будущих изменений цен на активы; возможность прогноза динамики цен на рынке. Вопрос поиска инструментальных средств, позволяющих решать задачу прогнозирования на рынке производных финансовых инструментов, обеспечивая повышение качества и точности идентификации и оценки, мониторинга и коррекции рисков с целью принятия верных управленческих решений является наиболее сложным и перспективным на финансовом рынке.

Таким образом, цель данной статьи – представить детальное исследование того, какие экономико-математические инструменты «работают» на рынке ПФИ и как их можно использовать для прогнозирования динамики цен, получения прибыли и предотвращения потерь в условиях конкурентной экономики.

Методы и результаты исследования

Несмотря на важность данного инструмента для экономики, в академических трудах и нормативно-правовых актах единый подход к определению данного ПФИ пока отсутствует. Для ключевых целей настоящего исследования рассмотрим существующие подходы к определению данного понятия. В первую очередь, следует обратить внимание на то, что определение ПФИ на нормативном уровне было установлено позднее, первично сам термин «производный финансовый инструмент» был введен в академических работах, появившихся во второй половине XX века, в то время как законодательное оформление началось с 2007 года.

Не останавливаясь на определениях понятия ПФИ на законодательном и нормативном уровне (ФЗ «О рынке ценных бумаг», МСФО «Финансовые инструменты»), выделим ключевые подходы к определению данного понятия современных исследователей. В науке существуют различные основания для классификации данного феномена:

– по глубине раскрытия понятия (развернутые и сжатые). Примером краткого определения ПФИ может служить следующее: «ПФИ – это финансовый инструмент, стоимость которого зависит от базового актива» [12]. Подобного подхода придерживается ряд других исследователей [5; 11]. Раз-

¹ Стратегия развития финансового рынка Российской Федерации до 2030 года / Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2022 года № 4355-р (ред. от 21.12.2023). Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_436693.

вернутое определение дают чаще российские исследователи: «ПФИ – это документ, который удостоверяет факт заключения разовой гражданско-правовой сделки в соответствии и на условиях, определенных в организационном договоре, а также определяет конкретные количественные параметры заключенной сделки (т.е. конкретизирует условия применительно к данному разовому правоотношению). В силу перечисленных обстоятельств финансовый инструмент, подобно ценной бумаге, получает способность к самостоятельному обращению в качестве объекта гражданских прав и обязанностей» [9, с. 25];

– по терминологическому основанию [13]: срочные контракты /деривативы (кредитные деривативы и традиционные деривативы) и производные ценные бумаги (включая гибридные ценные бумаги и инструменты секьюритизации – классическая секьюритизация активов и синтетическая секьюритизация активов). Деривативы представляют собой стандартные документы, удостоверяющие право и (или) обязанность покупать или продавать в будущем ценные бумаги, материальные или нематериальные активы, а также денежные средства либо осуществлять платежи на определенных им условиях. Основными особенностями производных ценных бумаг являются следующие: 1) их выпуск производится на основе эмиссии; 2) они удостоверяют право на другие ценные бумаги (гибридные) или право на получение дохода, генерирующего их обеспечение (инструменты секьюритизации); 3) предусматривается регулярное получение фиксированного дохода и/или дохода от изменения их рыночной стоимости (дохода в виде курсовых разниц);

– по типам базовых активов: базовые и сложные (комплексные) ПФИ. К базовым деривативам относятся контракты, предусматривающие в соответствии с его условиями для сторон по договору реализацию прав и (или) исполнение обязательств, связанных с изменением цены базового актива, лежащего в основе данного финансового инструмента, и ведущих к положительному или отрицательному финансовому результату для каждой стороны. Примерами срочных сделок являются фьючерс, опцион, форвард, своп. К сложным деривативам относятся инструменты, финансовая стратегия которых основывается на более простых базовых финансовых инструментах. Примерами структурированных продуктов являются кредитные и синтетические деривативы, диапазонные форварды, экзотические опционы [14].

Наиболее важной формой деривативов (с точки зрения объемов транзакций) являются фьючерсные контракты. Фьючерсный контракт – это один из многих классов производных инструментов, в которых его стоимость «привязана» к другому активу или получена из него. Сегодня это соглашение о покупке или продаже чего-либо в будущем по заранее определенной цене. Другими словами, фьючерсный контракт – это контракт на покупку или продажу стандартного количества заранее определенного сорта(ов) товара в заранее определенном месте(ах) в заранее определенную дату

в будущем по заранее согласованной цене. Во фьючерсном контракте или «хедж-контракте» не указывается точно, какой сорт или партия товара будут фактически поставлены, поскольку правилами биржи установлены ограничения на то, какие типы могут или не могут быть поставлены.

Действительно, основной экономической функцией фьючерсных рынков является хеджирование (или страхование цен, или смещения риска, или переноса риска). Он обеспечивает средство, с помощью которого участники могут хеджироваться, то есть защищать себя от неблагоприятных движений цен на сырьевые или финансовые товары. Точно так же фьючерсные рынки предоставляют механизм, с помощью которого разнообразные и разрозненные мнения о будущем объединяются в одно легко различимое число, которое обеспечивает некий «консенсус». В отличие от организованных спотовых рынков, фьючерсные цены выражают согласие сегодняшних ожиданий относительно определенного момента в будущем.

Процесс определения цены также приводит к функции межвременного распределения запасов, с помощью которой участники рынка могут сравнивать текущие и будущие цены и решать оптимальное распределение своих инструментов между немедленной продажей и хранением на будущее. Использование стандартизированных контрактов облегчает привлечение финансирования под товарные запасы, поскольку трейдеры имеют гарантию стандартизированного качества и быстрой ликвидности. Другими словами, кредиторы часто более охотно финансируют хеджированные акции, чем нехеджированные, поскольку первые защищены от риска потери стоимости. Рынки фьючерсов также работают с частичной маржой, при которой покупатель и продавец вносят лишь часть стоимости контракта на момент его заключения. Это позволяет трейдерам покупать и продавать гораздо больший объем контрактов, чем на спотовом рынке. Рынки обычно оказывают стабилизирующее влияние на спотовые цены, уменьшая склонность к краткосрочным колебаниям. В самом широком смысле хеджирование – это акт защиты от потерь.

В отличие от использования частным сектором, потенциальное использование фьючерсов и других деривативов правительством может быть направлено на стабилизацию экспортных доходов страны или на защиту фермеров, производящих экспортные культуры. Выделение именно деривативов неслучайно, поскольку фьючерсные контракты традиционно рассматриваются как мощные инструменты финансового рынка, позволяющие:

- банкам-кредиторам хеджировать риск неблагоприятного изменения процентной ставки по предоставляемой ссуде (что существенно в посткризисных экономических условиях);
- страховать риски снижения курсовой стоимости финансовых активов;
- участникам внешнеэкономической деятельности частично нивели-

ровать риск или полностью избежать риска при неблагоприятной ценовой флуктуации;

– продавцам и покупателям различной продукции (в том числе и сырьевых товаров) минимизировать ценовой риск» [8, с. 83].

Из них наиболее важными в условиях актуализации технологического суверенитета страны в агропромышленном секторе являются фьючерсы на зерно. В Стратегии развития зернового комплекса России до 2035 года², утвержденной в 2019 году, значимое место отводится биржевой торговле зерном. Наличие ликвидного российского биржевого рынка «обеспечит участникам зернового рынка достоверные ценовые ориентиры, возможность реализовать или приобрести продукцию по лучшей цене, а также способность нивелировать риски и предусматривать дополнительные логистические возможности»³.

Фьючерсы на зерно – это биржевой стандартизированный производный контракт на поставку определенного сорта зерна, который обязывает производителя поставить товар в установленную дату по определенной цене. Целевой установкой фьючерсного контракта является заблаговременная фиксация цены, чтобы минимизировать риски от колебаний цены в будущем. Фьючерсные контракты используются для управления ценовыми рисками в агропромышленном комплексе.

Наиболее часто торгуемые фьючерсные контракты на зерно – это кукуруза, соевые бобы, пшеница, овес, рис-сырец и рапс. Фьючерсные контракты с физическим расчетом имеют свои собственные процессы и требования к поставке. Участники рынка, у которых есть контракты после истечения срока действия соответствующего контракта, обязаны либо поставить зерно, соответствующее спецификациям контракта, либо купить физическое зерно.

Зерновые фьючерсы дают возможность управлять нестабильными рынками зерна, но понимание того, как они работают, имеет решающее значение для их успешного использования. Сегодня на фьючерсном рынке наблюдается положительная динамика по ряду стран (Англия, Франция, Китай). Однако оборот фьючерсов в России и США, согласно данным Чикагской товарной биржи и Московской биржи, снизился в целом на 10% за 4 года (табл. 1).

² Об утверждении Стратегии развития финансового рынка Российской Федерации до 2030 года / Распоряжение Правительства РФ от 29 декабря 2022 г. № 4355-р. (ред. от 21.12.2023). Доступно: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_436693.

³ Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года / Постановление Правительства РФ от 10 августа 2019 года № 1796-р. Доступно: <https://docs.cntd.ru/document/560974985>.

Таблица 1

Сравнительный анализ объема торгов по зерновым фьючерсам
за 2020-2023 гг., кол-во контрактов⁴

Страна	Наименование культуры	2020	2021	2022	2023	Темп роста, %
Англия	Пшеница (LWbc1)	9660000	13990000	15500000	14000000	144,93
Франция, Деривативы Euronext – Париж: EOP	Пшеница (CAA)	30140000	36560000	34600000	36600000	121,43
США, Чикагская товарная биржа	Черноморская пшеница (WBSA)	49750000	44790000	44900000	44800000	90,05
Россия, Московская биржа	Пшеница (WEEH1)	85900000	76656000	104200000	76100000	88,59

Агропромышленные предприятия используют производные инструменты для управления различными рисками, связанными с неопределенностью в урожайности выращиваемых культур и с ценой на производимую продукцию. Основным способом борьбы с подобным риском (наряду с агрострахованием и диверсификацией) является фьючерсное хеджирование.

Эффективным индикатором в условиях высокой степени волатильности различных рынков выступают котировки фьючерсных контрактов. Для выявления тенденции котировок фьючерсных контрактов в краткосрочном и среднесрочном периодах применяются различные инструменты и технологии – методы фундаментального анализа, статистического подхода, методы технического анализа, нейросетевой подход [3]. Стандартные методы статистического, фундаментального и технического анализа широко используются в экономических исследованиях [1, 6, 10]. Однако, они плохо «работают» по причине негауссовского распределения финансового рынка и недоказанности того, что экономика и финансы – это случайные события, где прошлое не влияет на будущее. Поэтому ведущим методом экономико-математического анализа и прогнозирования поведения фьючерсного рынка нами предложен фрактальный инструмент – метод R/S анализа, обладающий наибольшей точностью в отличие от методов анализа и прогнозирования временных рядов, демонстрирует значительно большую эффективность при прогнозировании будущих цен финансовых инструментов рынка ценных бумаг.

Применение данного метода обусловлено также некорректностью применения классических статистических методов, связанных с наличием специфических свойств финансовых временных рядов – «асимметрией» больших потерь и доходов; «тяжелых хвостов» в безусловных распреде-

⁴ Составлено авторами по источнику: NYSE Euronext (URL: <https://nyse.nyx.com/>).

лениях доходности; автокорреляцией временных рядов доходностей для очень малых временных промежутков; медленным степенным убыванием автокорреляций приращений доходностей и др. В основе методов анализа фондовых рынков в целом и фьючерсного рынка, в частности, лежит свойство фрактальности временных рядов, суть которого заключается в самоподобии на различных временных шкалах [15], что дает основание признать фрактальную структуру данных временных рядов. Данный метод более эффективен при построении прогнозных оценок в периоды рецессии, а также не требует определения состояния рынка.

Основные показатели, характеризующие фрактальность динамических процессов (финансовые временные ряды) – это фрактальная размерность D , индекс фрактальности μ и показатель Херста H . Данные показатели позволяют судить о самоподобии, персистентности и наличия длинной памяти временного ряда. Именно на основе размерности ряда, ее динамики на его различных участках можно судить о поведении фрактального процесса, тенденции его развития. Рассмотрим алгоритм метода нормированного размаха (R/S -анализ), представленный формулами 1-7.

– разделим ряд N на A смежных подпериодов, каждый из которых имеет длину n . Отметим каждый период как I_α , где $\alpha = 1, 2, \dots, A$.

– определим для каждого I_α среднее значение: $EI_\alpha = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n N_{k,\alpha}$; (1)

– сформируем временной ряд накопленных отклонений от среднего значения;

– рассчитаем накопленное отклонение от среднего значения для каждого периода I_α : $X_{k,\alpha} = \sum_{i=1}^k (N_{i,\alpha} - EI_\alpha)$; (2)

– определим диапазон размаха в пределах каждого периода: $R_{I_\alpha} = \max(X_{k,\alpha}) - \min(X_{k,\alpha})$; (3)

– найдем стандартные отклонения для каждого подпериода I_α :

$$S_{I_\alpha} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (N_{i,\alpha} - EI_\alpha)^2}; \quad (4)$$

– рассчитаем среднее значение R/S : $\frac{R}{S} = \frac{\sum_{\alpha=1}^A R}{\sum_{\alpha=1}^A S(A)}$ (5)

– увеличиваем n и повторяем предыдущие шаги до тех пор, пока $n \leq N/2$;

– строим график зависимости $\log(R/S(n))$ от $\log(n)$; (6)

– используя метод наименьших квадратов (линейная аппроксимация) находим регрессию вида: $\log(R/S(n)) = H \cdot \log(n) + c$, (7)

где H – искомый показатель Херста.

Таким образом, наклон кривой зависимости от является оценкой

показателя Херста. Для его нахождения зависимость $R/S=f(n)$ строится в двойном логарифмическом масштабе, после чего полученные экспериментальные точки аппроксимируются прямой, угловой коэффициент которой будет являться показателем H . Таким образом, вся область фрактальности будет ограничена линиями $H=0$ и $H=1$, то есть она делится прямой $H=0,5$ на две области – персистентную и антиперсистентную. Предложенный метод, подразумевающий расчет угла наклона графика линейной аппроксимации траектории логарифма R/S , является наиболее информативным, так как позволяет не только получить интегральную оценку, но и оценить изменение персистентности ряда на разных масштабах. Однако при наличии во временном ряду гармоник с малым периодом, но большой амплитудой, интегральная оценка критерия Херста будет занижаться.

В качестве прогнозируемого объекта выбран фьючерсный финансовый инструмент, торгуемый на Московской бирже (код индекса WHFOB). Горизонт прогнозирования – временной период с апреля 2021 года по май 2024 года с дневным шагом дискретизации. Важнейшей задачей анализа временных рядов является сегментация или, другими словами, выделение периодов с разной динамикой. На рис. 1 проиллюстрирована динамика фрактальной размерности финансового ряда, которая характеризуется значительным изменением диапазона фрактальной размерности – от 0,30 до 1,53, и которая соотнесена с трендом ценового индекса на пшеницу. Незначимые изменения диапазона фрактальной размерности приходятся на период с мая 2023 по май 2024 гг. Резкое падение фрактальной размерности наблюдается с марта 2022 года по ноябрь 2022 года, резкий подъем – с ноября 2022 года по май 2023 года. Относительное изменение фрактальной размерности более чем на 10% в течение годового периода характеризует приближающийся кризис на ценовой индекс. Таким образом, чем стабильнее и продолжительнее тренд, тем нестабильнее будет значение фрактальности. И, наоборот, в те моменты, когда тренд меняет свое направление, величина D растет. Это свойство фрактальности позволяет использовать его в качестве достаточно надежного индикатора, характеризующего текущее состояние финансового временного ряда.

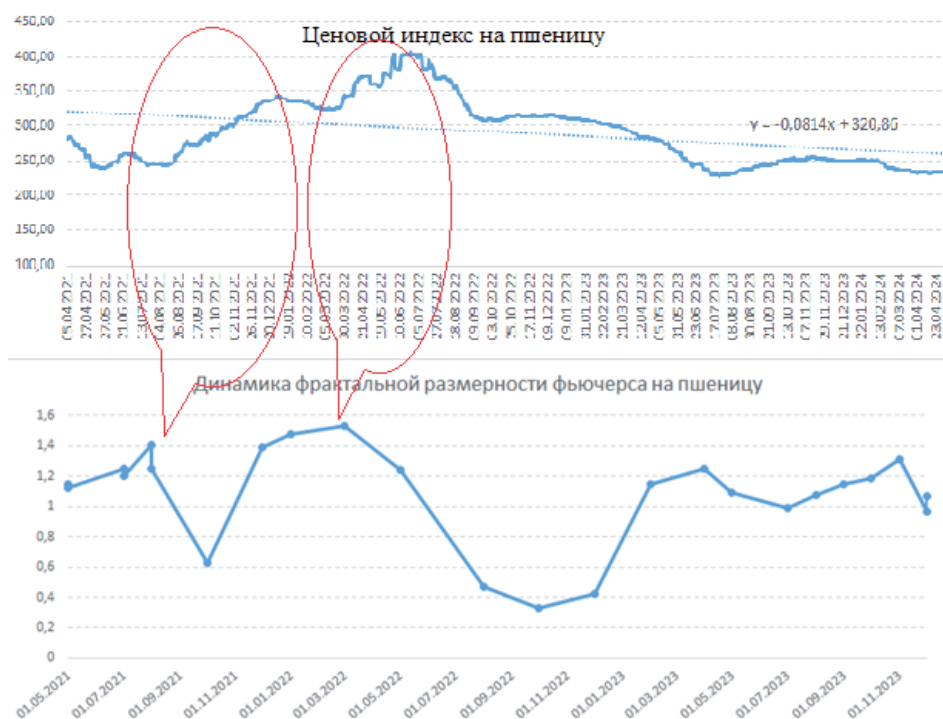


Рис. 1. Сопоставление тренда ценового индекса на пшеницу и изменения фрактальной размерности фьючерса на ценовой индекс пшеницы⁵

На рис. 2 построен график функции фьючерса российской пшеницы, полученный математическим моделированием с применением метода R/S анализа для выявления глубины памяти данного процесса, и степенная линия тренда, построенная табличным процессором MS Excel. График представляет зависимость логарифма нормированного размаха ($\log(R/S(n))$) – ось Oy) от размера логарифма размера окна ($\log(n)$ – ось Ox). Из графика видно, что значение показателя Херста составляет 0,57. Рассматриваемый временной ряд в эмпирической хронике имеет «черную» окраску, следовательно, является персистентным с эффектами долговременной памяти. В ходе анализа графика временного ряда естественно предположить, что он суммируется из достаточно коротких отрезков, предопределяющих собой соответственно короткие периоды спада или подъема цены. Этим объясняется полученное значение фрактальной размерности $D=2-H=1,43$, соответствующей данному финансовому ряду. Более целесообразно полагать, что значение фрактальной размерности в данном случае служит индикатором стабильности цены.

⁵ Построено по: Московская биржа. Индекс пшеницы FOB регион Черного моря в долларах. <https://www.moex.com/ru/index/WHFOB/archive?from=2024-07-30&till=2024-08-30&sort=TRADEDATE&order=desc>.

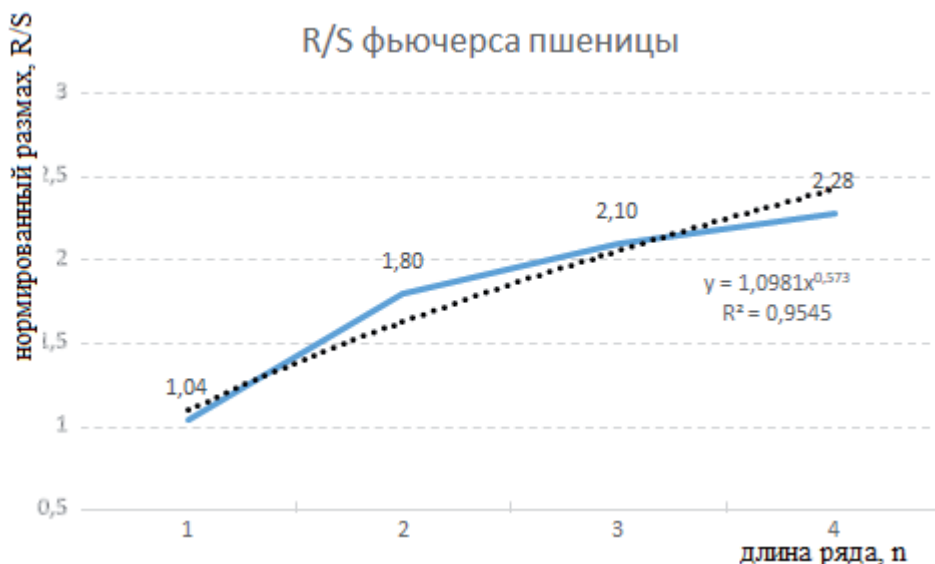


Рис. 2. Отношение логарифма нормированного размаха к размеру подпериода n с нанесенным степенным трендом⁶

Чем выше значение фрактальной размерности, тем стабильнее функционирует рынок и тем устойчивее он в период кризисных ситуаций и внутренних реструктуризаций. Данное значение фрактальной размерности, равное 1,43, показывает стабильный ценовой индекс на пшеницу. Многочисленными эмпирическими исследованиями финансовых временных рядов было установлено пограничное значение фрактальной размерности, равное 1,3: если значение фрактальной размерности финансового показателя принимает значение ниже данного, то это свидетельствует о невысокой стабильности курса и пониженной (затухающей) волатильности. Качество построенной модели достаточно высокое, коэффициент детерминации равен 0,95.

В результате проведенного исследования установлено, что полученное значение фрактальной размерности ценового индекса на пшеницу соответствует долговременной корреляции, т.е. возникает персистентное состояние рынка. В этом случае количественный математический анализ имеет большую достоверность, что позволяет прогнозировать ценовой индекс именно с помощью классических методов анализа. В данной работе была применена линейная регрессия по методу наименьших квадратов. Линейная аппроксимация изменения ценового индекса на пшеницу на основе его прошлых значений установила постепенное небольшое снижение рассматриваемого атрибута ($y = -0,0814x + 320,86$). Тренд с небольшой тенденцией на снижение подтверждается и значением фрактальной раз-

⁶ Построено по: Московская биржа. Индекс пшеницы FOB регион Черного моря в долларах. <https://www.moex.com/ru/index/WHFOB/archive?from=2024-07-30&till=2024-08-30&sort=TRADEDATE&order=desc>.

мерности ($D = 1,43$), свидетельствующем о трендоустойчивом характере в будущем. Таким образом, наиболее корректно для оценки и прогнозирования временного ряда таких показателей макроэкономики, как котировки акций, применять фрактальный анализ, который может быть использован как для прогнозирования развития цены, так и для выявления кризисных ситуаций на финансовом рынке в целом.

Заключение

Рынок зерна исторически выступает фундаментальной основой как для российского, так и для мирового агропродовольственного рынка. Именно состояние зернового рынка страны является своеобразным индикатором качества проводимых в стране экономических реформ и реализации программ, направленных на дальнейшее развитие национального агропродовольственного комплекса. В связи с этим именно зерновые фьючерсы выступили основой для экономико-математического моделирования финансового риска. Новизной исследования стало совершенствование инструментария математико-экономического моделирования процессов прогнозирования рынка производных финансовых инструментов (фьючерс на зерно) в целях повышения конкурентоспособности на производственном рынке в аграрном секторе региональной экономики. Методология фрактальной геометрии стала мощным инструментом для анализа финансовых показателей, в том числе анализа рынка зерновых. Полученные авторами выводы о том, что ряды котировок финансовых инструментов обладают свойствами фракталов, и, следовательно, это позволяет применять к их описанию методы фрактальной геометрии для прогнозирования их поведения в будущем, подтверждается и остальными ранее проведенными исследованиями [2, 4, 7, 15].

Суть фрактального анализа финансовых рынков состоит в том, что ряды котировок финансовых инструментов обладают свойствами фракталов, что позволяет описывать их методами фрактальной геометрии и предсказывать будущее поведение. К таким свойствам относится наличие длинной памяти (долговременной автокорреляционной зависимости), что свидетельствует о влиянии прошлых цен на будущие. Несмотря на простоту фрактальной модели, она имеет существенное преимущество – позволяет на основе параметра характеристики временного ряда – фрактальной размерности, во-первых, выявить степень стабильности функционирования рынка, во-вторых, диагностировать и предсказывать нестабильные состояния (критические состояния), так как стандартные методы прогноза плохо работают на финансовых данных по причине негауссовского распределения. К недостаткам и дальнейшему исследованию можно отнести то, что фрактальной размерности явно недостаточно для полной характеристики экономических данных.

Список источников

1. Архипова Н.В. Анализ инвестиционных вложений в экологию регионов / Н.В. Архипова, А.Г. Печникова // *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством*, 2022, no. 2 (52), с. 75-81.
2. Дубовиков М.М., Старченко Н.В. Экономифизика и фрактальный анализ финансовых временных рядов // *Успехи физических наук*, 2011, no. 7 (181), с. 779-786.
3. Лопухин А.М. Методы нейросетевого и фрактального компьютерного моделирования для анализа и прогноза динамики показателей производных финансовых инструментов на зерновом рынке // *Вопросы отраслевой экономики*, 2023, no. 4 (4), с. 56-63.
4. Мандельброт Б., Хадсон Р.Л. *(Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах*. Москва, Издательский дом «Вильямс», 2006. 408 с.
5. Маршалл Д.Ф., Бансал В.К. *Финансовая инженерия: полное руководство по финансовым нововведениям*. Москва, 1998. 784 с.
6. Медынская М.К. Теория нечетких множеств. Понятие нечеткого множества // *Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям*, 2015, т. 1, с. 46-48.
7. Первадчук В.П., Кривоносова Е.К. Применение инструмента мультифрактального анализа к прогнозированию кризисных ситуаций в экономических системах // *Наука и бизнес: пути развития*, 2015, no. 2 (44), с. 57-60.
8. Погорелый М.Ю. Обоснование целесообразности применения трендовой модели в процессе исследования ценовых флуктуаций // *Научные ведомости. Серия История. Политология. Экономика. Информатика*, 2013, no. 15 (158), с. 79-87.
9. Семилютин Н.Г. *Российский рынок финансовых услуг (формирование правовой модели)*. Москва, Волтерс Клувер, 2005. 315 с.
10. Соболева А.А. Состояние и перспективы развития рынка жилищного строительства РФ // *Перспективы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики: сборник тезисов докладов IV Республиканского научно-практического круглого стола (с международным участием)*, 24 марта 2023 г., г. Макеевка / ФГБОУ ВО «ДОННАСА». Макеевка: ДОННАСА, 2023, с. 32-35.
11. Фабоцци Ф. *Управление инвестициями*: пер. с англ. / Ф.Д. Фабоцци. Москва, Инфра-М, 2000. 932 с.
12. Hull J.C. *Options, Futures, and other Derivatives, global edition*. Pearson education limited, 2021. 880 p.
13. Novak O., Osadcha T., Petruk O. Concept and Classification of Derivative Financial Instruments as a Methodological Precision on their Regulation in the Financial Services Market // *Baltic Journal of Economic Studies*, 2019, no. 3 (5), pp. 135-144.
14. Nwaobi G. *The Economics of Financial Derivative Instruments*. Munich, University Library of Munich, 2008. 74 p.
15. Peters E. *Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics*. New York, John Wiley & Sons, 1994. 315p.

FUTURES CONTRACTS AS A BASIS FOR COMPREHENSIVE TECHNICAL ANALYSIS AND ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE GRAIN MARKET

Gladkikh Maxim Olegovich¹, Cand. Sci. (Econ.), Assos. Prof.
Lopuchin Arseniy Maksimovich², graduate student

¹ Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, Russia, 394018; e-mail: gladkikh_maksim3@list.ru

² Bunin Yelets State University, Kommunarov st., 28, Yelets, Russia, 399770; e-mail: ars4044@mail.ru

Importance: agriculture is a high-risk industry. Managing this type of risk is therefore a crucial task for agricultural producers. Derivative financial instruments such as grain futures have been used as a tool for analysis and forecasting. Quotations from futures contracts serve as a reliable indicator in times of high market volatility. *Purpose:* to conduct a comprehensive study of the most effective mathematical and economic tools and techniques used in the derivatives market, and to investigate how these methods can be applied to predict price movements, generate profits, and mitigate losses in a competitive economic environment. *Research design:* the study analyzes grain futures contracts as a basis for constructing economic and mathematical models for financial risk assessment. The focus of the research is on grain futures traded on the Moscow Exchange, with a forecast horizon covering the period from April 2021 to May 2024, with daily sampling intervals. *Results:* a new tool based on fractal analysis has been developed, which addresses the challenge of forecasting in the grain derivatives market and enhances the quality and precision of risk identification, assessment, monitoring, and management for agricultural producers. This tool provides a more accurate and reliable basis for making informed decisions. The dynamics of the fractal dimension in financial series, in relation to the wheat price trend, is described. It has been determined that a relative change in the fractal dimension exceeding 10% over an annual period indicates an approaching crisis in the price index. A key property of the fractality has been identified: the more stable and longer a trend, the less stable the fractal value will be, and conversely, this characteristic can serve as a reliable indicator of the current state of financial time series. Based on the constructed model, it should be assumed that the trend-resistant nature of the price policy of wheat futures in the future. In combination with classical regression analysis methods, a slight decrease in pricing policy is expected, but sharp drops and price spikes are not expected.

Keywords: grain market, grain futures, econometric forecasting, mathematical and technical tools.

References

1. Arhipova N.V. Analiz investicionnyh vlozhenij v ekologiyu re-gionov / N.V. Arhipova, A.G. Pechnikova. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom*, 2022, no. 2(52), pp. 75-81. (In Russ.)
2. Dubovikov M.M., Starchenko N.V. Ekonofizika i fraktal'nyj analiz finansovyh vremennyh ryadov. *Uspekhi fizicheskikh nauk*, 2011, no. 7 (181), pp. 779-786. (In Russ.)
3. Lopuhin A.M. Metody nejrosetevogo i fraktal'nogo komp'yuternogo modelirovaniya dlya analiza i prognoza dinamiki pokazatelej proizvodnyh finansovyh instrumentov na zernovom rynke. *Voprosy otraslevoj ekonomiki*, 2023, no. 4 (4), pp. 56-63. (In Russ.)
4. Mandel'brot B., Hadson R.L. (*Ne*) *poslushnye rynki: fraktal'naya revolyuciya v finansah*. Moskva, Izdatel'skij dom «Vil'yams», 2006. 408 p. (In Russ.)
5. Marshall D.F., Bansal V.K. *Finansovaya inzheneriya: Polnoe rukovodstvo po finansovym novovvedeniyam*. Moskva, 1998. 784 p. (In Russ.)
6. Medynskaya M.K. Teoriya nechetkih mnozhestv. Ponyatie nechetkogo mnozhestva / M.K. Medynskaya. *Mezhdunarodnaya konferenciya po myagkim vychisleniyam i izmereniyam*, 2015, t. 1, pp. 46-48. (In Russ.)
7. Pervadchuk V.P., Krivonosova E.K. Primenenie instrumenta mul'tifraktal'nogo analiza k prognozirovaniyu krizisnyh situacij v ekonomicheskikh sistemah. *Nauka i biznes: puti razvitiya*, 2015, no. 2 (44), pp. 57-60. (In Russ.)
8. Pogorelyj M.YU. Obosnovanie celesobraznosti primeneniya trendovoj modeli v processe issledovaniya cenovyh fluktuacij. *Nauchnye vedomosti. Seriya Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika*, 2013, no. 15 (158), pp. 79-87. (In Russ.)
9. Semilyutina N.G. *Rossijskij rynek finansovyh uslug (formirovanie pravovoj modeli)*. Moskva, Volters Kluver, 2005. 315 p. (In Russ.)
10. Soboleva A.A. Sostoyanie i perspektivy razvitiya rynka zhilishchnogo stroitel'stva RF. *Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa i zhilishchno-kommunal'nogo hozyaistva Doneckoj Narodnoj Respubliki: sbornik tezisov dokladov IV Respublikanskogo nauchno-prakticheskogo kruglogo stola (s mezhdunarodnym uchastiem)*, 24 marta 2023 g., Makeevka / FGBOU VO «DONNASA». Makeevka, DONNASA, 2023, pp. 32-35. (In Russ.)
11. Fabocci F. *Upravlenie investiciyami: per. s angl.* / F. D. Fabocci. Moskva, Infra-M, 2000. 932 p. (Universitetskij uchebnyk). (In Russ.)
12. Hull J.C. *Options, Futures, and other Derivatives, global edition*. Pearson education limited, 2021, 880 p. (In Eng.)
13. Novak O., Osadcha T., Petruk O. Concept and Classification of Derivative Financial Instruments as a Methodological Precision on their Regulation in the Financial Services Market. *Baltic Journal of Economic Studies*, 2019, no. 3 (5), pp. 135-144. (In Eng.)
14. Nwaobi G. *The Economics of Financial Derivative Instruments*. Munich, University Library of Munich, 2008. 74 p. (In Eng.)
15. Peters E. *Fractal Market Analysis: Applying Chaos Theory to Investment and Economics*. New York, John Wiley & Sons, 1994. 315p. (In Eng.)