

---

## **СНИЖЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА НА БАЗЕ ПРЕДПРОГНОЗНОГО АНАЛИЗА**

---

**Кумратова Альфира Менлигуловна**, канд. экон. наук, доц.

**Попова Елена Витальевна**, д-р экон. наук, проф.

**Курносова Наталья Сергеевна**, асп.

**Попова Маргарита Игоревна**, студ.

Кубанский государственный аграрный университет, Калинина, 13, Краснодар, Россия, 350044; e-mail: alfa05@yandex.ru; elena-popov@yandex.ru

*Цель:* развитие и адаптация математических и инструментальных методов анализа и управление рисками через прогнозирование динамики экономических показателей. *Обсуждение:* исследуются значения природных временных рядов урожайности озимой пшеницы, минимальных зимних, зимне-весенних суточных температур. Особенностью временных рядов этого класса является неподчинение нормальному закону распределения, отсутствие видимого тренда. *Результаты:* в статье рассматриваются вопросы путей снижения финансово-экономических и социальных рисков на базе точного прогноза.

**Ключевые слова:** R/S-анализ природных временных рядов, эмпирическая функция распределения, долговременная память, показатель Херста, аграрный сектор.

**DOI:** 10.17308/meps.2015.3/1188

### **Введение**

На сегодняшний день санкции – одна из острых тем для политики и экономики. Во всех сферах страна нацелена на импортозамещение. И в сложившейся ситуации производителям не обойтись без помощи государства. Содействие развитию агропромышленных комплексов, территорий и создание условий для успешного функционирования АПК было, есть и остается одной из основных задач, стоящих перед нашей страной.

Настоящая работа посвящена анализу временных рядов, отражающих эволюцию природных процессов и систем. В этом контексте проблема устойчивости сельскохозяйственного производства становится одной из важнейших задач, стоящих перед страной. При этом стоит отметить, что большая часть пахотных угодий РФ простирается в зоне рискованного земледелия, и межсезонные колебания в сельскохозяйственном производстве достигают порядка 25%. Это свидетельствует о том, что получение максимально точного прогноза урожайности на следующий год даёт возможность эффективно и малозатратно снизить экономические риски всего агропромышленного комплекса.

Рассмотрим комплекс мероприятий по снижению экономического риска на территориях с резкими погоднo-климатическими колебаниями:

– во-первых, использование разнообразных сортов сельскохозяйственных культур в зависимости от территориальной принадлежности района возделывания и с учетом ожидаемых в будущем году климатических условий, т.е. сеять в неблагоприятном году более устойчивые и неприхотливые сорта или вообще производить видозамещение сельскохозяйственных культур, например, расширять посевы озимой ржи за счет сокращения посевов яровой пшеницы;

– во-вторых, применение явления асинхронности урожаев различных культур [3], под которым понимается возможность увеличения посевной площади сельскохозяйственной культуры с благоприятным прогнозом на будущий период за счет уменьшения площади посева культуры с неблагоприятным прогнозом;

– в-третьих, варьирование нормами внесения удобрений для различных агроклиматических ситуаций с учетом экономической эффективности, вытекающей из соотношения затрат-доходов и ожидаемых рыночных цен;

– в-четвёртых, согласование снижения питательных веществ почвы с колебаниями погодных процессов, т.е. перед неблагоприятным периодом более эффективным является расширение площадей под парами или под бобовыми, для которых характерен пониженный вынос питательных веществ из почвы;

– в-пятых, варьирование технологий, применяемых для обработки почвы, в зависимости от метеопрогноза и климатических условий на будущий год, а именно в засушливый год следует использовать щадящие технологии, сохраняющие в почве влагу, а в благоприятный – активные технологии, позволяющие получить максимальный урожай;

– в-шестых, планирование форвардных и фьючерсных операций, международного сотрудничества, заключения выгодных торговых соглашений на основании прогноза будущей урожайности и ожидаемой конъюнктуры внутреннего и мирового рынков;

– и последнее, расчет государственных резервов продовольствия по критерию минимизации издержек на получение и последующее их хранение.

Из оценочных расчетов следует, что учет средне- и долгосрочных метеорологических прогнозов для сельского хозяйства позволяет на 10-15% повысить уровень обеспечения государственной потребности в зерне [5], причём эти проценты достигаются только за счет рационализации применения удобрений и грамотного проведения экспортно-импортных операций. Вследствие этого, интерес многих ученых, фермеров и государственных плановых органов направлен на решение задач долгосрочного прогнозирования климатических условий в сельскохозяйственном производстве. Предпринятые в этом направлении исследования в основном базируются на использовании системно-статистических методов. Хотя наи-

более результативные методы прогнозирования разработаны и заложены в систему «Зонт» [3], которая позволяет получать прогнозы с точностью до 90%. Среди весомых результатов, полученных при разработке данной системы, особое внимание следует уделить выявленным закономерностям в поведении временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур. На основании того, что временным рядам межгодовых колебаний урожая присуща так называемая «долговременная память», на математическом уровне доказана возможность их прогнозирования на базе информации, заключённой в самих этих рядах [3]. При этом полученные результаты по-прежнему оставляют открытым вопрос об эффективности долгосрочных прогнозов урожайностей сельхозкультур, особенно в зонах рискованного земледелия. Приведённый в конце статьи список публикации можно рассценивать как начальную стадию построения фундаментального анализа временных рядов урожайностей, эффективное прогнозирование которых представляет собой наиболее действенный способ снижения разного рода рисков [2].

### Методология исследования

В качестве объекта исследования рассмотрены 3 временных ряда, 1-й из которых представляет собой ряд минимальных суточных температур, а оставшиеся два – урожайности озимой пшеницы по Ставропольскому краю и Карачаево-Черкесской Республике.

Графическое изображение ряда урожайностей, представленное на рис. 1, говорит о том, что в сельскохозяйственной динамике Ставропольского края наблюдается два существенно различных периода. Их отличие в первую очередь связано со сменой технологий возделывания сельхоз культур, а также с использованием более урожайных сортов пшеницы. 1-й период охватывает года, начиная с 1933 и по 1970 год, оставшиеся значения уже относятся ко 2-му периоду (см. рис. 1, 2 и 3). При этом исследуемый ряд минимальных зимних и зимне-весенних суточных температур охватывает период с 1995 по 1999 г. и имеет длину 824 значения, графическое изображение которых представлено на рис. 4.

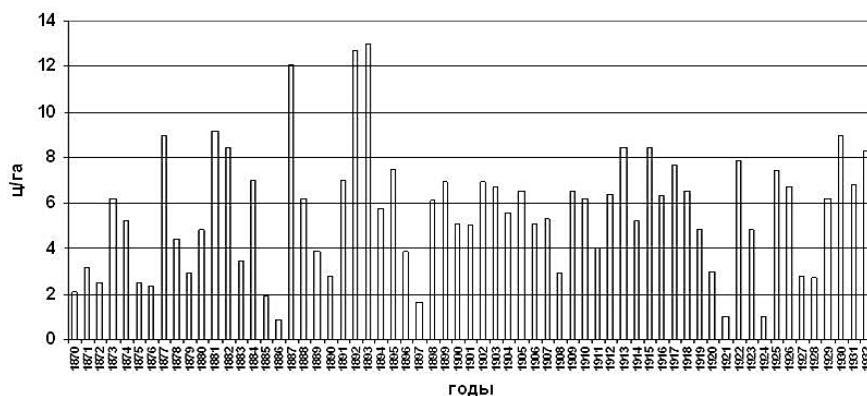


Рис. 1. Гистограмма для временного ряда урожайностей по Ставропольскому краю за период с 1870 по 1933 г.

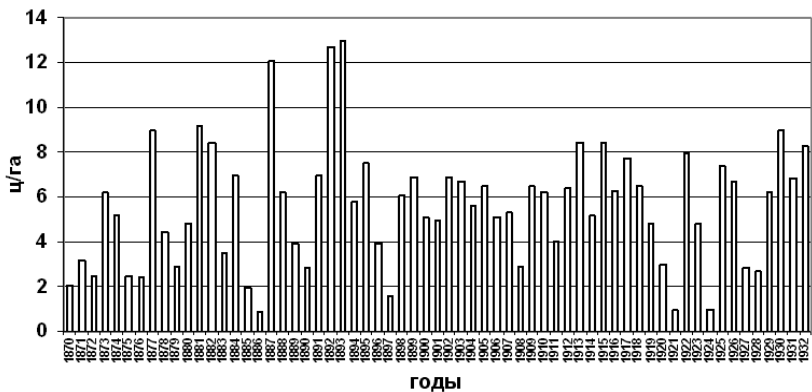


Рис. 2. Гистограмма для временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за период с 1870 по 1933 г.

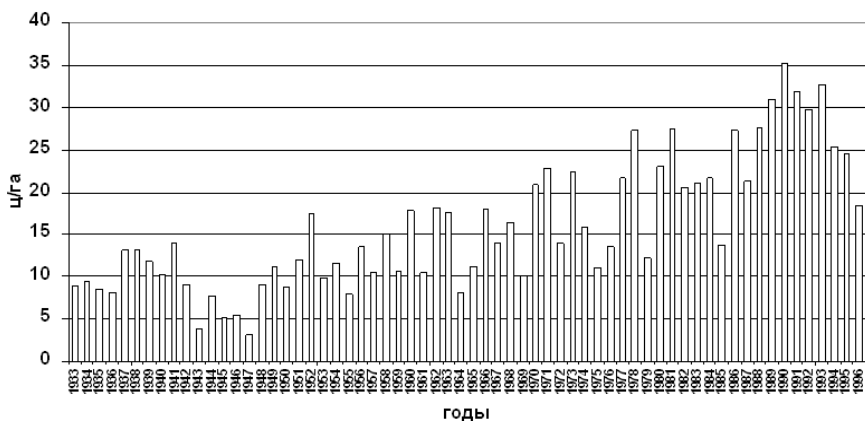


Рис. 3. Гистограмма для временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за период с 1934 по 1996 г.

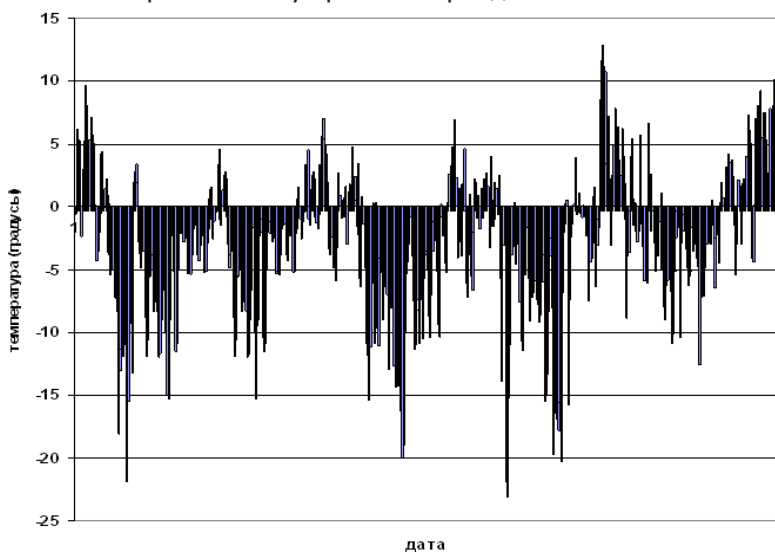


Рис. 4. Гистограмма для временного ряда минимальных зимних, зимне-весенних суточных температур по КЧР с 1995 по 1999 г.

На рис. 5 представлена диаграмма временного ряда урожайностей озимой пшеницы по КЧР в период с 1960 по 2001 год.

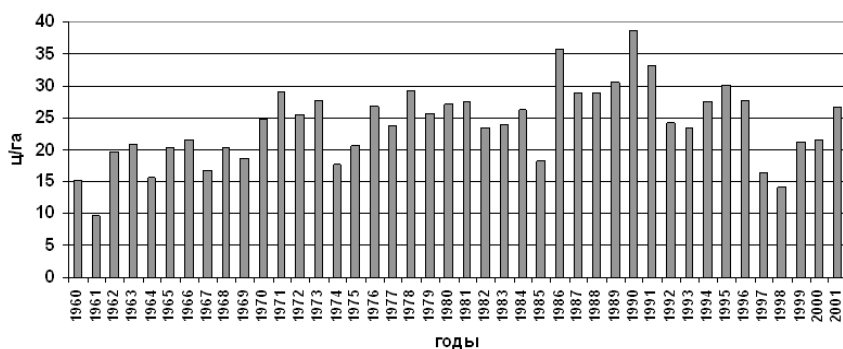


Рис. 5. Гистограмма временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Карачаево-Черкесской Республике с 1960 по 2001 г.

Представленные временные ряды впитывают данные о колебаниях погодных условий и их влиянии на урожайность озимой пшеницы, т.е. исследуемые ряды обладают так называемой долговременной памятью. К тому же такие временные ряды, которые относятся к природным объектам и процессам, обладают фрактальными свойствами [4], поскольку не являются рядами повторяющихся закономерностей, а, наоборот, характеризуются локальной случайностью и порядком в глобальном масштабе. Сделаем уточнение на будущее о том, что с основами фрактальной геометрии можно ознакомиться в работе [6]. Однако стоит обратить внимание на различия содержательного характера между фрактальными геометрическими объектами и временными рядами. Геометрические объекты демонстрируют пространственное самоподобие, а ряды – статистическое самоподобие.

Свойство самоподобия характеризует временной ряд прежде всего тем, что его вероятностное распределение не подчиняется нормальному закону, т.е. исследуемому временному ряду присущи долговременные корреляции или, иными словами, «долгая память». Эти свойства обуславливают несостоятельность применения среднего квадратического отклонения (СКО)  $\sigma$  в качестве меры риска для данных временных рядов [4]. В качестве замены СКО авторы рекомендуют применять фрактальную размерность временного ряда для косвенной оценки меры риска. При этом под «косвенной оценкой» подразумевается качественная сравнительная характеристика объектов.

Так как рассматриваемые в данной работе временные ряды являются отражением динамики изменения природных процессов, то для того, чтобы сравнивать их фрактальные свойства, Хёрст применял безразмерный показатель отношения двух величин, а именно «размах ( $R$ ) накопленного отклонения от среднего» к «среднеквадратическому отклонению ( $S$ )» – так называемый метод  $R/S$ . Научная значимость понятия фрактальной размерности определяется тем, что с её помощью можно структурировать изучаемые процессы по свойствам хаотичности или сложности, тем самым классифицируя их. Для раскрытия специфичности таких процессов воспользуемся

такими терминами, как «розовый шум» и «чёрный шум» [6], где «розовый шум» относится к антиперсистентным рядам, которые реверсируют чаще, чем случайные ряды, а «чёрный шум» – к персистентным рядам, которые в свою очередь имеют склонность к трендовому поведению и несут в себе долговременные корреляции между текущими событиями и будущими событиями.

В свете вышесказанного стоит оговориться ещё и о «белом шуме», который относится, например, к совершенно не скореллированному сигналу.

Таким образом, Хёрст и его последователи доказали, что большая часть природных явлений относится к персистентным временным рядам с «черным шумом».

Исследуемый временной ряд урожайности озимой пшеницы по Ставропольскому краю явно является персистентным, т.е. динамика урожайностей в зоне рискованного земледелия этого края является типичной для природных процессов и явлений [2].

Теперь коротко опишем методологию  $R/S$ -а анализа для выявления «цветов шума» на примере исследуемых рядов урожайностей.

Пусть  $u_t$  – урожайность в году  $t$ ,  $t = 1, 2, \dots, n$ ,  $M_n$  – средняя урожайность за  $n$  лет,

$$X_{T,n} = \sum_{t=1}^T (u_t - M_n), \quad (1)$$

где  $X_{N,n}$  – накопленное отклонение за  $T$  лет в ряду длины  $n$ ;

$$R = \max_T(X_{T,n}) - \min_T(X_{T,n}), \quad (2)$$

где  $R$  – размах отклонения в рассматриваемом ряду,  $\sigma$  – СКО рассматриваемого ряда. Хёрст ввел следующее соотношение:

$$\frac{R}{\sigma} = (a * n)^H, \quad (3)$$

где  $a$  – константа из  $(0,1)$  и  $H$  – показатель Хёрста.

Показатель Хёрста имеет следующую известную содержательную и качественную трактовку:

1) Если в выражении (3) значение  $H=0,5$ , то мы имеем дело с известным нам «белым шумом», т.е. анализируемый временной ряд отражает случайное блуждание. Например, броуновское движение.

2) Если  $H$  принимает значение в окрестности точек 0,7; 0,8; 0,9, то имеем дело с «черным шумом», т.е. с персистентным рядом, который обладает долговременной памятью. Именно это свойство персистентности и присуще большинству рядов, отражающих природные процессы.

3) Если же  $H$  принимает значения 0,1; 0,2; 0,3, то мы имеем дело с «розовым шумом», т.е. антиперсистентным рядом. Принято говорить, что такой ряд волатилен, т.е. более изменчив, чем ряд случайный. Он состоит из частых реверсов «спад–подъем». В этом случае принято также говорить, что рассматриваемой системе присущ «возврат к среднему». Как утверждается в монографии [6], до сих пор найдено очень мало существующих в реальности антиперсистентных рядов.

## Обсуждение результатов

Проведенные по описанным выше формулам (1)-(3) расчеты для временного ряда урожайностей Ставропольского края вывели коэффициент показателя Херста, равный  $H=0,93$ , что соответствует зоне рискованного земледелия Ставропольского края, при этом исследуемый ряд урожайностей имеет «черную» окраску, т.е. является персистентным.

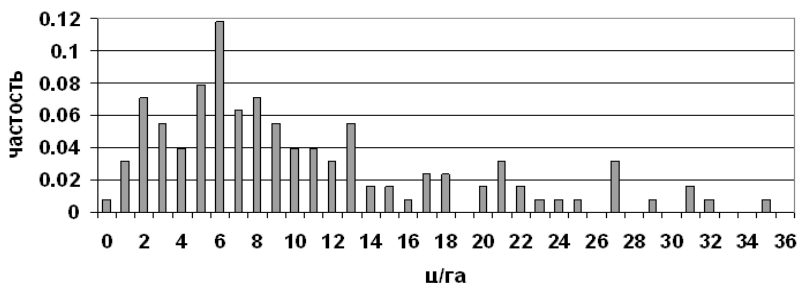


Рис. 6. Эмпирическая функция распределения для временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за 1-й период

Так как временной ряд урожайностей выстраивается из коротких отрезков, которые предзнаменуют собой соответственно короткие периоды спада или подъема урожайностей, то это говорит о том, что данный ряд обладает фрактальной размерностью в значении  $D = 2 - H = 1,07$ . Причём близость этого значения к 1 свидетельствует о том, что рассматриваемый временной ряд урожайностей не подчиняется нормальному закону. Это же утверждение подтверждает и визуализация временного ряда в виде гистограммы эмпирической функции распределения (см. рис. 6, 7 и 8).

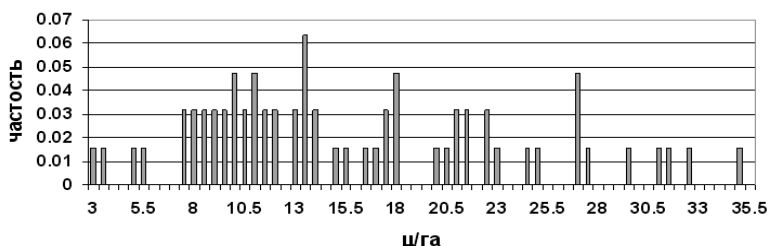


Рис. 7. Эмпирическая функция распределения для временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за 2-й период

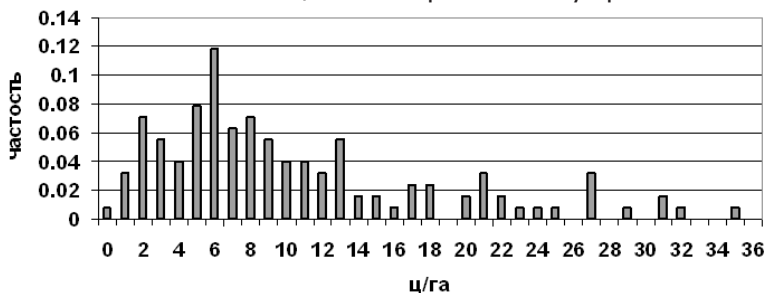


Рис. 8. Эмпирическая функция распределения для временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за период с 1970 по 2001 г.

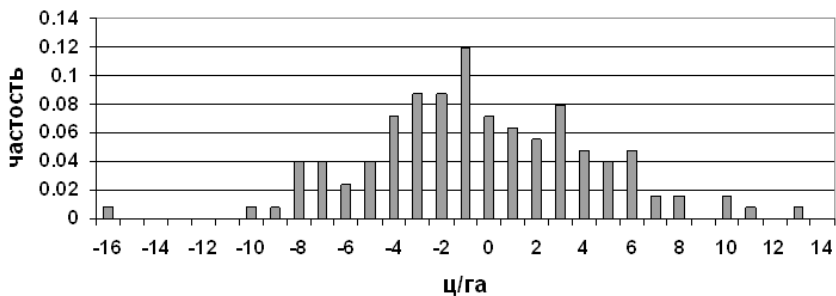


Рис. 9. Эмпирическая функция распределения для ежегодных приращений временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за период с 1870 по 2001 г.

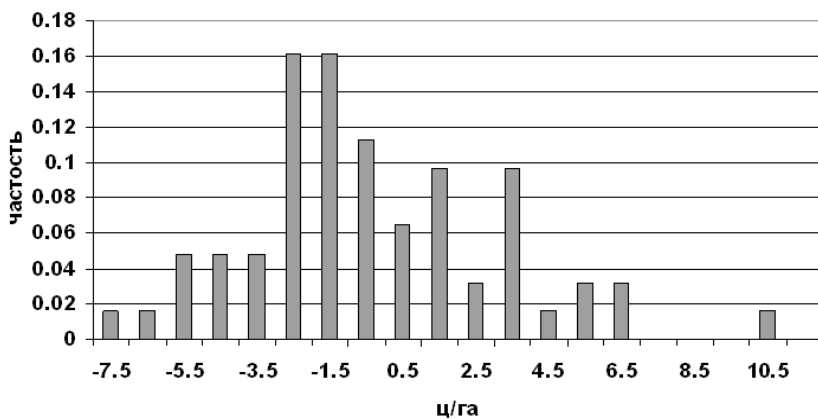


Рис. 10. Эмпирическая функция распределения ежегодных приращений временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за 1-й период

В представленном ряде урожайностей  $u_t$ ,  $t = \overline{1, n}$  Ставропольского края видно два периода, существенно отличающихся друг от друга, что связано со сменой используемых технологий возделывания и переходом на более урожайные сорта озимой пшеницы. 1-й период задаётся значениями  $t = \overline{1, n_1}$ , где  $n_1$  соответствует 1933 году. Оставшаяся часть временного ряда соответствует 2-му периоду. Показатель Херста для них обоих соответственно равен  $H_1 = 0,65$  и  $H_2 = 0,91$ .

Существуют процессы, предположительно обладающие антиперсистентностью («розовым шумом»), к которым полезно применять проводимый авторами фрактальный анализ природных временных рядов. Условно такой антиперсистентный ряд складывается из приращений или убываний исследуемого ряда урожайностей:  $\Delta_t = u_t - u_{t-1}$ ,  $t = \overline{1, n}$ . Причём проделанные расчеты полностью подтвердили данное предположение, так как для каждого периода и всего временного ряда ежегодных приращений урожайностей в целом показатели Херста соответственно равны  $H_1 = 0,43$ ,  $H_2 = 0,44$ ,  $H = 0,42$ , что в свою очередь соответствует существующему представлению о поведении приращений  $\Delta_t$  со свойствами «белого шума» (см. рис. 9, 10 и 11).



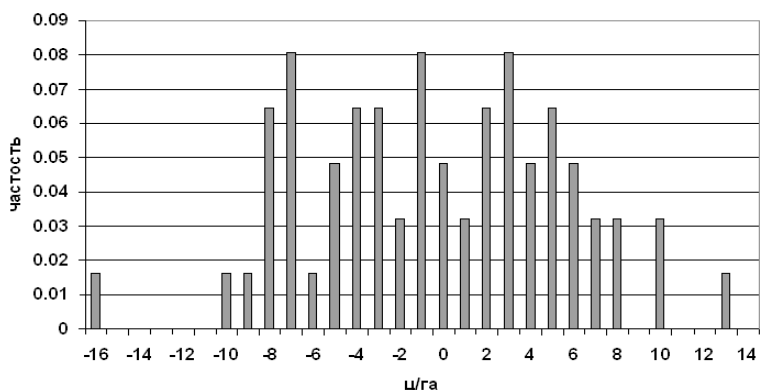


Рис. 11. Эмпирическая функция распределения ежегодных приращений временного ряда урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю за 2-й период с 1934 по 1996 г.

Параллельно со значениями урожайностей озимой пшеницы по Ставропольскому краю авторы изучили временные ряды урожайностей озимой пшеницы по КЧР за последние 42 года. Для последнего значение показателя Херста равно  $H=0,86$ , что свидетельствует о существовании долговременной памяти у рассматриваемого временного ряда. Этому выводу соответствует и результат, полученный для временного ряда приращений урожайностей озимой пшеницы по КЧР, где показатель Херста равен  $H=0,508$  (см. рис. 12).

Проведённый анализ полученных приращений урожайностей позволил сделать предварительный качественный вывод о том, что временным рядам приращений свойственно наличие «белого шума», т.е. «полная непредсказуемость».

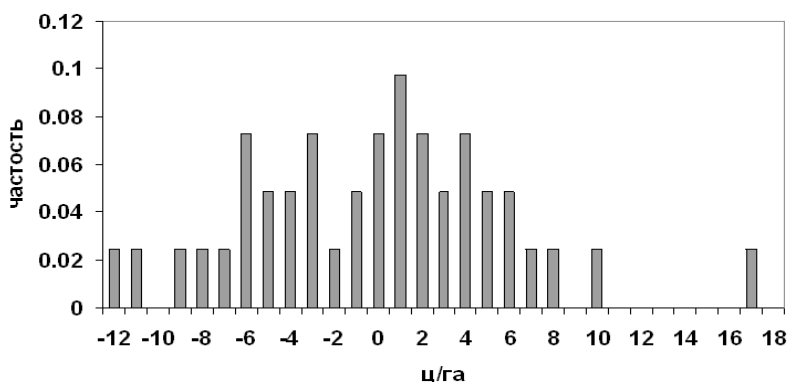


Рис. 12. Эмпирическая функция распределения ежегодных приращений временного ряда урожайностей озимой пшеницы по КЧР за период с 1960 по 2001 г.

Так как урожайность всех сельскохозяйственных культур зависит от целого ряда природно-климатических условий [1], то среди них стоит выделить такой существенный фактор, как ряд минимальных суточных температур. Для такого временного ряда коэффициент Херста равен  $H=0,8$ ,

при этом для соответствующего ряда ежесуточных приращений температур он равен  $H=0,4$ , что говорит о том, что самому временному ряду суточных температур присуща долговременная память. Данный вывод даёт основание для разработки системы среднесрочного прогноза ежесуточных минимальных температур, которые могут повлечь за собой значительные потери в реализации сельского хозяйства [1].

### **Заключение**

В заключение стоит отметить, что на современном этапе развития моделирования применительно к решению разнообразных естественно-научных и технических задач наметилась необходимость в разработке новой методики качественного и количественного анализа новоиспечённых моделей. При этом полученные в данной работе результаты могут послужить достаточным основанием для разработки новых методов и моделей более точного прогнозирования урожайностей сельскохозяйственных культур, что в свою очередь приведёт к низкокзатратному и эффективному способу снижения экономического риска всего агропромышленного комплекса [2].

### **Список источников**

1. Батова В.М. *Агроклиматические ресурсы Северного Кавказа*. Ленинград, Гидрометеорологическое изд-во, 1966.
2. Кумратова А.М., Попова Е.В., Тинякова В.И., Чикатуева Л.А. Математические методы в задачах оценки зон земледелия с точки зрения безопасности финансовых вложений // *Экономика устойчивого развития*, 2014, no. 1 (17), с. 83-92.
3. Кумратова А.М., Попова Е.В. *Оценка и управление рисками: анализ временных рядов методами нелинейной динамики*. Краснодар, КубГАУ, 2014.
4. Кумратова А.М., Тинякова В.И., Третьякова Н.В. Сравнительный анализ прогнозных оценок урожайности зон земледелия разной степени риска // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2013, no. 12, с. 111-117.
5. Пасов В.М. Синоптико-статистический метод прогнозирования урожайности зерновых культур // *Метеорология и гидрология*, 1992, no. 10, с. 77-84.
6. Петерс Э. *Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка*. Москва, Мир, 2000.

---

# RISKS REDUCTION BASED ON ECONOMIC ANALYSIS BEFORE FORECAST

---

**Kumratova Alfira Menligulovna**, Cand. Sc. (Econ.)

**Popova Elena Vitalievna**, Dr. Sc. (Econ.), Prof.

**Kurnosova Nataliya Sergeevna**, graduate student

**Popova Margarita Igorevna**, student

Kuban State Agrarian University, Kalinina, 13, Krasnodar, Russia, 350044;

e-mail: alfa05@yandex.ru; elena-popov@yandex.ru

*Purpose:* Article is dedicated to the development and adaptation of mathematical and instrumental methods of analysis and risk management through forecasting the dynamics of indicators *Discussion:* This article discusses the ways to reduce the financial, economic and social risks on the basis of an accurate prediction. We have studied the importance of natural time series of winter wheat yield, minimum winter, winter-spring daily temperatures. *Results:* Feature of the time series of this class disobey a normal distribution, there is no visible trend.

**Keywords:** R/S-analysis of natural time series, the empirical distribution function, long-term memory, Hurst exponent, the agricultural sector.

## Reference

1. Batova V.M. *Agroklimaticheskie resursi Severnogo Kavkaza* [Agroclimatic resources of the North Caucasus]. Leningrad, 1966. 151 p. (In Russ.)
2. Kumratova A.M., Popova E.V., Tinyakova V.I., Chikatueva L.A. Matematicheskie metodi v zadachah ocenki zon zemledeliya s tochki zreniya bezopasnosti finansovih vlozheniy [Mathematical methods for assessing areas of agriculture from the perspective of security investments]. *Ekonomika ustoichivogo razvitiya*, 2014, no. 1(17), pp. 83-92. (In Russ.)
3. Kumratova A.M., Popova E.V. *Otsenka i upravlenie riskami: analiz vremennih ryadov metodami nelineinoy dinamiki* [Risk assessment and management: time series analysis methods of nonlinear dynamics]. Krasnodar, KubGAU Publ., 2014. 212 p. (In Russ.)
4. Kumratova A.M., Tinyakova V.I., Tretyakova N.V. Srovnitelnyy analiz prognoznih ocenok urazhainosti zon zemledeliya raznoy stepeni riska [Comparative analysis of predictive estimates yield farming zones of varying degrees of risk]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2013, no. 12, pp. 111-117. (In Russ.)
5. Pasov V.M. Sinoptico-statisticheskiy metod prognozirovaniya urozhainosti zernovih kultur [Synoptic-statistical method for predicting grain yields]. *Meteorology and Hydrology*, 1992, no. 10, pp. 77-84. (In Russ.)
6. Peters E.E. *Chaos and order in the capital markets*. John Wiley and Sons, 1991.