

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

А. И. Трубилин, Г. Ф. Петрик, А. Г. Прудников

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Учебное пособие

Краснодар
КубГАУ
2017

УДК 338.27:[631.559:633](075.8)

ББК 41.47

Т77

Рецензенты:

Л.А. Беспалова – д-р с. -х., профессор, академик РАН
(ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»);

В.М. Лукомец – д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН
(ФГБНУ «Всероссийский НИИ масличных культур»)

Т71 **Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур** : учеб. пособие / А. И. Трубилин, Г. Ф. Петрик, А. Г. Прудников – Краснодар : КубГАУ, 2017. – 95 с.

ISBN 978-5-00097-382-0

В учебном пособии представлены оригинальные авторские модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, апробированные многолетней практикой использования прогнозов в планировании производства зерна в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края и других регионов как высокоэффективный инструмент управления ресурсами аграрной сферы.

Издание предназначено для преподавателей, аспирантов, студентов магистратуры и бакалавриата агрономического и экономического направлений подготовки.

УДК 338.27:[631.559:633](075.8)

ББК 41.47

© Трубилин А. И., Петрик Г. Ф.,
Прудников А. Г., 2017

© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени
И. Т. Трубилина», 2017

ISBN 978-5-00097-382-0

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование как специфический вид научного познания имеет длительную историю, но на протяжении веков оно в социальной среде не применялось вследствие полного господства религиозных, утопических и идеалистических философско-исторических подходов к познанию будущего.

Бурное развитие прогнозирования получило в середине прошлого века, охватило различные сферы деятельности человека в связи с необходимостью оптимизации управления сложными, динамичными объектами и системами с целью предотвращения ущерба от принятия бесперспективных решений, заблаговременной подготовки к ожидаемому событию и контролирования его развития.

Актуальность использования научно-технических прогнозов для выбора наиболее перспективных направлений развития национальной экономики была определена в постановлениях партии и Совета Министров СССР, начиная с 1968 г. Значение прогнозирования, отмечалось в принятых постановлениях, состоит в том, что оно указывает возможные пути реализации в сфере производства, новых научных идей, способствует ускорению процесса перехода от фундаментальных исследований к внедрению; прогноз, как вероятностное суждение о будущем состоянии изучаемого процесса, явления, как система научных исследований представляет собой необходимую стадию научно обоснованного планирования, улучшающего процесс разработки бизнес-планов.

Современная отечественная прогностика как наука о законах и способах разработки прогнозов базируется на методологических принципах марксистского познания сложных общественных процессов и явлений, на синтезе методов философии, социологии, математики, статистики и экономики. Прочной основой надежности прогнозов, высокого уровня их оправдываемости являются единство плана, прогноза и демократии, активное творческое участие трудящихся в решении сложных задач научно-технической революции.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

1.1 Общие принципы научно-технического прогнозирования

Важнейшими принципами, определяющими научные основы, методологию и организацию отечественного прогнозирования, являются: учет объективных законов развития природы и экономических процессов производственной среды; связь с достижениями науки и инновациями; системность; многовариантность; оптимальность; направленность.

Так, необходимость учета принципа объективности предопределена методологией предвидения, признания объективной реальности окружающего мира и его независимости от субъекта.

Представления о будущем создаются на основе познания закономерностей развития объективно существующих предметов. Предвидение будущего возможно только на основе выявления элементов преемственности и повторяемости явлений реального мира в форме проявления уже известных некоторых общих свойств природных и социальных явлений. Принцип направленности прогнозов состоит в необходимости выбора и достижения цели, преследующей удовлетворение потребностей общества, хозяйствующего субъекта.

Цель и задачи экономического прогноза заключаются в следующем: в оценке выявленных тенденций и определении узловых моментов развития экономики; в оценке действия тенденций в перспективе и предвидении новых экономических ситуаций; в обосновании возможных направлений развития экономики [20, с. 30].

Научно обоснованный выбор целей возможен лишь в результате анализа задач, отражающих объективный характер действия экономических законов развития общества, национальной экономики и отдельных ее отраслей. Обоснованию целей предшествует разработка их альтернатив, построение «дерева целей», выделение ведущих звеньев с учетом реальных возможностей оптимального их решения. Так, достижение поставленных целей в зерновом хозяйстве страны определено путем интенсификации, освоения научно обоснованных систем ландшафтного земледелия, повышения плодородия пашни, внедрения комплекса противоэрозионных меро-

приятый, значительного улучшения использования материально-технической базы отрасли.

Задачи прогнозирования являются во многом аналогичными задачам планирования, но между ними имеются различия: задачи планирования характеризуются директивностью, пути и средства их решения определены и конкретны, а ресурсы ограничены; задачи прогнозирования на отдаленную перспективу – теоретически достижимые, пути и средства их практической реализации – возможные, а ресурсы – вероятные.

В зависимости от длины прогнозного периода постановка, содержание задач значительно различаются. На более отдаленный период (горизонт прогнозирования) задачи обосновываются с большим выбором свободы, а достижение цели возможно только при наличии определенных условий. Такой вид прогноза называют нормативным.

Цель прогнозирования, основанного на использовании принципа инерционности развития процесса в настоящем времени и использовании выявленных тенденций на перспективу от одного года до 3–5 лет, отличается от цели нормативного прогноза. Отличия состоят в том, что цель реализуется в системе факторов, определяющих эволюторное развитие процесса. Выбранный сценарий достижения цели должен отвечать задаче получения наивысшей эффективности использования ресурсов. Этот вид прогнозирования носит название исследовательского или поискового.

Системный подход к прогнозированию заключается в разработке прогнозов, учитывающих влияние природных, экономических, биологических и демографических факторов. При разработке частных прогнозов (например, прогнозирование производства зерна) принцип системности реализуется через обоснование прогнозируемой урожайности и посевной площади каждой зерновой культуры с учетом соблюдения севооборотов, состояния инфраструктуры отрасли, трудоустроенности, взаимосвязи зернового хозяйства с другими отраслями сельского хозяйства и АПК.

Принцип оптимальности и многовариантности прогнозов предполагает определение шкалы возможных сценариев развития прогнозируемого процесса или явления, влияния основных факторов на использование ресурсов отрасли, хозяйствующего субъекта.

Использование этих принципов в сельском хозяйстве имеет наиболее важное значение при определении структуры сельскохо-

зяйственных отраслей, посевных площадей, размещении производства по сельскохозяйственным зонам региона. Эффективность структуры посевных площадей, территориального размещения производства повышается в сценариях оптимизации структуры посевов с учетом прогнозируемой урожайности зерновых культур на каждый год прогнозного периода, охватывающего 3–5 лет [28, 29, 30, 37].

Уровень эффективности сельскохозяйственного производства формируется во многом метеорологическими условиями. Резкие их колебания вызывают варьирование величины результативных показателей деятельности хозяйствующих субъектов. Для ослабления влияния неблагоприятных погодных условий на результаты деятельности необходима эффективная система ведения сельского хозяйства, позволяющая оперативно осуществлять комплекс требуемых организационно-экономических мер, управлять технологическим процессом производства. Разработанный на период от одного года до пяти лет прогноз урожайности зерновых культур может сыграть свою активную роль в обосновании рациональной структуры посевных площадей, обеспечивающей максимальный валовой сбор зерна в сформировавшихся погодных условиях [31, 32, 34, 36, 43].

1.2 Классификация методов прогнозирования урожайности

Методы прогноза оценивают критерием, характеризующим их возможности выявить закономерные связи в исследуемых процессах, явлениях. Вопросы классификации методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур исследовали Б. И. Бугера, А. И. Манелля, В. Я. Узун и другие [30, 31, 37]. Б. И. Бугера выделил четыре класса методов прогнозирования урожайности: экстраполяцию, моделирование, обоснование прогнозной урожайности по прибавкам от применения удобрений, экспертные оценки и аналогии [7, с. 21–26].

А. И. Манелля выделил пять классов методов: экспертные оценки, экстраполяцию, симптоматические, аналогии, моделирование [12, с. 85].

В. Я. Узун классифицировал методы прогнозирования на четыре группы. К первой группе отнесены методы экстраполяции; вторая группа объединяет методы многофакторного корреляционно-регрессионного анализа; в третью группу включены методы среднепрогрессивных нормативов, цепей Маркова; в четвертую группу отнесены экспертные оценки [44, с. 20].

Рекомендации указанных авторов имеют право на существование, главное – какие методы обеспечивают высокое качество, точность и надежность прогнозов. С помощью моделирования на основе использования производственных функций прогнозируют урожайность, величина которой представляет собой количественную меру влияния исследуемых факторов; часто прогнозируемая урожайность как сумма факторов значительно превышает фактическую урожайность. Методы экстраполяции используют при разработке прогнозов на основе закономерностей динамических рядов. С помощью нормативных методов разрабатывают прогнозы урожайности для получения заданного объема производства зерна при неизменной площади посева зерновых культур. Аналогии, симптоматические методы применяют при разработке прогнозов урожайности на основе достигнутых показателей передовыми хозяйствующими субъектами региона, сельскохозяйственной зоны, находящихся в примерно одинаковых природно-экономических условиях. Экспертные оценки используют для прогнозирования урожайности зерновых культур, учитывая влагообеспеченность растений, состояние хлебостоя, количество растений на 1 м^2 , другие факторы.

По классификации методов прогноза урожайности в зависимости от длины прогнозного периода среди ученых нет единства мнений. Экономисты – аграрники выделяют краткосрочные прогнозы – с периодом упреждения от одного года до трех лет; среднесрочные – от двух до десяти лет; долгосрочные – от пяти до пятнадцати-двадцати лет.

Специалисты гидрометеорологической службы к долгосрочным относят прогнозы месячной-трехмесячной заблаговременности до уборки урожая [12].

На международном симпозиуме по проблеме прогноза урожайности сельскохозяйственных культур, проходившем в 1975 г. в г. Комполт Венгерской Народной Республики, в большинстве выступлений участников симпозиума прогнозы урожайности, позволяющие судить об ожидаемом урожае за 1–3 месяца до уборки, названы краткосрочными [40]. А. И. Манелля [12, с. 84] к долгосрочным прогнозам относит прогнозы урожайности на период свыше пяти лет после отчетного года.

Нет единства мнений и в определении среднесрочных прогнозов. Так, А. Анчишкин, Э. Ершов [1, с. 62] называют среднесрочными прогнозы на период 4–7 лет; А. И. Манелля [12, с. 84] к среднесрочным относит прогнозы на период от двух до пяти лет после отчетного года; Е. М. Четыркин [45, с. 6] среднесрочными считал прогнозы свыше одного года до трех-пяти лет.

В Большой советской энциклопедии [5, с. 18–19] дана следующая справка: «По времени упреждения различают прогнозирование текущее, краткосрочное, среднесрочное, долгосрочное, сверхдолгосрочное. В общественных науках время упреждения варьирует в пределах от 10 лет (в политике) до 100 и более лет (в градостроительстве). Обычно эшелоны прогнозирования приравниваются к эшелонам планирования: краткосрочные – на 1–2 года, среднесрочные – на 5–10 лет, долгосрочные – на 15–20 лет, сверхдолгосрочные – на 50–100 лет».

Многочисленность классов методов прогноза, моделей прогнозируемой урожайности зерновых культур вызвала необходимость классификации по признаку, характеризующему возможность метода, модели обеспечить высокий уровень достоверности прогноза, урожайности, прогнозной разработки на большой период времени. В литературе классификация методов, моделей по этому критерию их оценки практически отсутствует. В отдельных литературных ис-

точниках приводятся данные о расхождении фактической урожайности и прогнозируемой, в основном, за один год. По нашему мнению, по данным за один год нельзя дать объективную оценку методу, модели прогноза урожайности. Для объективной оценки методов, моделей следует использовать данные о расхождении фактической урожайности и прогнозируемой за период, равный не менее пяти годослучаев подряд; определять величину расхождения без учета знака отклонения фактической урожайности от прогнозируемой [9, 24].

В ряде работ определяется среднемноголетнее отклонение фактической урожайности от прогнозируемой в качестве критерия оценки метода, модели, а не за каждый годослучай прогнозного периода [4, 14]. В результате зачастую получается нулевое расхождение, если за сравниваемые три года отклонение фактической урожайности от прогнозируемой было равно минус 5 ц с 1 га, а в последующие три года величина отклонения была равна плюс 5 ц с 1 га; сложение положительной и отрицательной величин отклонения фактической урожайности от прогнозируемой дает «0». По результатам такого сравнения дается высокая оценка исследуемым методам, моделям прогнозирования урожайности. Хитрость, некомпетентность этого подхода к оценке видна даже «невооруженным взглядом».

Для отбора методов, моделей, обеспечивающих разработку прогнозов с минимальной величиной расхождения фактической урожайности от прогнозируемой, используют критерии оценки, характеризующие точность и качество прогноза. О точности прогноза судят по величине погрешности (ошибки) – разности между фактическим и прогнозируемым значением урожайности. Этот прием оценки точности прогноза используют в ситуации, когда имеются данные о фактической урожайности. Однако по величине ошибки ретроспективного прогноза нельзя принимать окончательное решение о пригодности применяемого метода прогнозирования. В то же время эта мера точности обладает большой наглядностью, теоретически надежна [39].

О качестве прогнозов принято судить по совокупности их сопоставления с фактической урожайностью. Наиболее простой мерой качества прогноза является относительное число случаев подтверждения прогноза фактическими данными к общему числу разработанных прогнозов [9, 10, 23, 24].

$$\eta = \frac{p}{p + q}, \quad (1)$$

где η – коэффициент, характеризующий относительное число случаев подтверждения прогноза фактическими данными;

p – число прогнозов, подтвержденных фактическими данными;

q – число прогнозов, не подтвержденных фактическими данными.

Идеальным является случай подтверждения всех прогнозов:

$$p = 1, q = 0, \eta = 1.$$

Кроме относительного числа случаев подтверждения прогноза используют ряд статистических характеристик: среднюю абсолютную и среднеквадратическую ошибку, коэффициент корреляции между прогнозными и фактическими показателями, коэффициент расхождения (коэффициент несоответствия).

При оценке точности прогнозов урожайности иногда имеет место большая величина расхождения между фактической и прогнозируемой урожайностью вследствие аномального влияния случайных факторов (засухи, ливней, градобития, затопления посевов). В этой ситуации критерием оценки точности прогноза может служить прогноз соотношения уровней урожайности сельскохозяйственных культур, который позволит обосновать структуру посевов, обеспечивающую максимальный валовой сбор продукции.

Если в практической работе надо дать оценку качества прогноза при отсутствии фактического значения прогнозируемой урожайности, то предпочтение отдают моделям, обеспечивающим более узкий доверительный интервал при одном и том же уровне доверительной вероятности.

Наряду с оценкой точности и качества прогноза используют оценку его надежности. Надежность прогноза определяется вероятностью его реализации. Априорная точность и надежность прогнозов могут использоваться лишь при условии, что применяемая прогностическая модель имеет серьезное теоретическое обоснование [39].

Практика оценки точности прогнозов урожайности зерновых культур, как мы отметили, базируется на определении отклонения фактической урожайности от прогнозируемой. Однако допустимая величина отклонения для различных классов прогноза не обоснована. Из литературных источников известна только мера отклонения фактической урожайности зерновых культур в текущем прогнози-

ровании. Этот критерий, величина которого равна $\pm 7\%$ [40, с. 8], обоснован учеными и специалистами института сельского хозяйства и пищевой промышленности Венгрии в 1975 г.; он разработан на основе выявленных зависимостей урожайности от фаз развития зерновых и агрометеорологических данных за 1–3 месяца до уборки урожая. По результатам учета наличия влаги в почве на различной глубине, густоты растений на одном квадратном метре, количества колосков и зерен в колосе, фитосанитарного состояния растений определяется возможная урожайность зерновых культур на конкретном поле, контрольных делянках и в регионе, стране.

Для статистических методов краткосрочного и среднесрочного прогнозирования урожайности критерии оценки точности прогнозов урожайности зерновых культур не были разработаны до 1980 г. Наши многолетние исследования и практика применения прогнозов урожайности зерновых культур в планировании структуры посевов в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края показали: для краткосрочного и среднесрочного прогнозирования допустимым является расхождение фактической урожайности с прогнозируемой урожайностью озимых зерновых в пределах до $\pm 10\%$, яровых зерновых культур – до $\pm 15\%$; для долгосрочных прогнозов, представляющих собой среднемноголетнюю урожайность, допустимое отклонение от прогнозируемой величины должно быть не более $\pm 5\%$ [30, 31].

Многолетний опыт практического использования прогнозов урожайности основных зерновых культур в Краснодарском крае показал, что отклонение фактической урожайности от прогнозируемой в пределах $\pm 10\text{--}15\%$ не оказывает существенного влияния на принятие плановых управленческих решений по структуре посевных площадей.

1.3 Методологические основы прогнозирования урожайности зерновых культур

Обобщение методологических основ прогнозирования урожайности зерновых культур выявило ряд недостатков методологии краткосрочного и среднесрочного прогноза: игнорирование колебаний урожаев во времени; использование меры связей при формировании фактической урожайности и перенос этой меры связей на прогнозный период; принятие среднемноголетней величины ме-

теофакторов на каждый год прогнозного периода; необоснованность длины временного ряда для выявления тенденций фактической урожайности, используемого в качестве основы определения базисной величины и среднеквадратического отклонения прогнозируемой урожайности. Отмеченные недостатки оказывают существенное влияние на точность прогнозируемой урожайности зерновых культур, снижают практическую значимость прогнозов в корректировке плановой структуры посевных площадей.

Игнорирование колеблемости урожаев во времени как основная концепция методологии прогнозирования предопределяет динамику прогнозируемой урожайности с ее ежегодным приростом относительно базового уровня, что не соответствует динамике фактической урожайности. Этот подход характерен методам моделирования, экстраполяции, нормативному. Так, прогнозируемая среднекраевая урожайность озимой пшеницы по методу скользящего тренда [автор Г. А. Круподер, 16, с.144] на 1971–1980 гг. была равна 31,52 ц с га (1971 г.) – 39,4 ц с га (1980 г.), ее ежегодный прирост был равен 0,86–0,87 ц с га в 1971–1976 гг., 0,44–1,14 ц с га в 1977–1980 гг. Фактическая урожайность варьировалась за этот период от 25,5 ц с га в 1972, 1975 гг. до 39,7 ц с га в 1978 г. По сравнению с предыдущими годами урожайность снизилась в 1972, 1975, 1977, 1979 и 1980 гг. За этот период расхождение фактической урожайности с прогнозируемой было равно 6,9 ц с га; 9,5 ц с га; 3,6 ц с га; 6,0 ц с га и 8,3 ц с га. Использование Г. А. Круподером прямолинейного уравнения множественной регрессии в прогнозировании урожайности озимой пшеницы для совхозов Краснодарского края на 1970–1974 гг. дало также неудовлетворительные результаты. Так, в 1972 г. фактическая урожайность была меньше прогнозируемой на 18,7 ц с га или 81,7 %; в 1973 г. расхождение составило минус 13,1 ц с га или 43,8 %; в 1974 г. фактическая урожайность оказалась меньше прогнозируемой на 15,1 ц с га или на 48,4 % [17]. Эти результаты получены с помощью модели вида:

$$\bar{Y} = v_0 + v_1x_1 + v_2x_2 + v_3x_3 + v_4x_4 + v_5x_5, \quad (2)$$

где \bar{Y} – прогнозируемая урожайность озимой пшеницы;

x_1 – количество минеральных удобрений на 1 га пашни;

x_2 – количество органических удобрений на 1 га пашни, т;

- x_3 – затраты труда на 1 га посева озимых;
- x_4 – количество условных тракторов на 100 га пашни;
- x_5 – количество комбайнов на 100 га посева зерновых;
- b_0 – свободный член уравнения;
- b – i -тый коэффициент регрессии.

Большую величину расхождения фактической урожайности от прогнозируемой дают также нормативные методы. Согласно методическим положениям нормативных методов, прирост прогнозируемой урожайности определяется суммой прироста урожая с 1 га площади посева от влияния исследуемых факторов, эффективность которых определяется по опытным данным, а затем уменьшается на величину потерь урожая за счет воздействия неблагоприятных погодных условий. Рассчитанная таким образом величина прироста прогнозируемой урожайности зерновых культур за счет исследуемых факторов суммируется с базисной урожайностью, представляющей собой среднюю фактическую урожайность зерновой культуры за последние 3–5 лет. Нормативный метод обуславливает, как правило, значительное завышение прогнозируемой урожайности по сравнению с фактической.

Метод аналогий, как метод прогнозирования урожайности с учетом достигнутого уровня передовыми хозяйствами, бригадами, звеньями, не имеет практического значения в краткосрочном прогнозировании, но он дополняет среднесрочное прогнозирование. Основная проблема обеспечения точности прогнозов урожайности зерновых культур заключается в выборе передовых объектов и их количестве. В. Я. Узун считает, что «...чем представительнее будет эта группа, тем ближе будут прогрессивный и фактический уровень урожайности, и, наоборот, чем меньше хозяйств будет входить в группу передовых, тем больше разница между фактической и прогрессивной урожайностью» [44, с. 27].

Б. И. Бугера [7, с. 27] предлагал выделить в качестве передовых четвертую часть всей совокупности хозяйств; передовыми считал хозяйства, достигшие наивысшей урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме группы передовых хозяйств, он выделял группу с уровнем урожайности меньше уровня урожайности в передовых хозяйствах, но выше средней по всей совокупности хозяйствующих субъектов; к третьей группе отнесены хозяйства с урожайно-

стью, равной среднему значению по всей совокупности хозяйств региона, района, сельскохозяйственной зоны. Четвертую группу формируют хозяйства с уровнем урожайности ниже среднего по всей совокупности. Нетрудно заметить сложности составления групп хозяйств по рекомендации Б. И. Бугера; они состоят в определении границ каждой группы.

Более точной методикой распределения хозяйств является, по нашему мнению, выделение трех групп: 1) со средней по совокупности урожайностью; 2) с урожайностью выше средней по совокупности; 3) с урожайностью ниже средней по всей совокупности.

Исследования показали, что передовые хозяйства опережают «средняков» района, региона, сельскохозяйственной зоны по уровню урожайности на 5–10 лет за счет более высокого уровня культуры земледелия, менеджмента, квалификации специалистов. Поэтому фактически достигнутый уровень урожайности сельскохозяйственных культур в передовых хозяйствах в настоящее время может быть принят в качестве прогнозируемой урожайности на прогнозный период – на 5 лет вперед после последнего отчетного года, или на 10 лет вперед, в зависимости от лага отставания совокупности хозяйств от передовых хозяйствующих субъектов.

Урожайность является функцией множества взаимодействующих производственных, природных и организационно-хозяйственных факторов; учесть влияние всех факторов на формирование урожайности невозможно. Поэтому прогнозирование с использованием данных динамического ряда предпочтительнее моделирования. Чередование урожайных и неурожайных лет, обусловленное влиянием системы «почва – растение – внешняя среда», требует отражения при прогнозировании урожайности выявленных К. Марксом закономерностей изменения урожаев во времени. К. Маркс установил, что «...благоприятные климатические условия пролагают путь голодному году, вызывая быстрое поглощение и извлечение из почвы еще скрытых в ней минеральных удобрений. Наоборот, голодный год и тем более ряд следующих за ним неурожайных лет позволяют минералам, входящим в состав почвы, накопиться вновь и обнаружить свое благотворное действие, когда снова наступят благоприятные климатические условия. Этот процесс совершается, конечно, повсюду, однако в других местах он сдерживается и видоизменяется вследствие вмешательства самого земледельца» [19, с. 128].

Наличие цикличности урожаев К. Маркс показывает на примере развития сельского хозяйства России 19 века. Он писал, что в России в 1870 г. «... был прекрасный урожай, но этот год был кульминационным годом, за которым немедленно последовал очень плохой год; весьма неурожайный 1871 год может рассматриваться как отправной пункт для нового малого цикла, приводящего нас к новому кульминационному 1874 году, за которым непосредственно следует голодный 1875 год; затем снова начинается подъем, завершающийся еще более тяжелым, голодным 1880 годом» [19, с. 128].

М. Давидович обнаружил «урожайные» и «неурожайные» четырехлетия зерновых культур, во многом объясняющиеся метеорологическими циклами [11, с. 290].

Ряд ученых связывает циклы урожайности с циклами солнечной активности. Так, М. Семенов на основе 110-летних данных об урожайности зерновых культур, выделил годы с максимумом и минимумом солнечных пятен, вычислил отклонения от средней урожайности за 100 лет. В результате анализа он пришел к выводу: «В периоды большого числа солнечных пятен урожаи чаще бывают выше среднего, в периоды же малого цикла пятен урожаи чаще бывают ниже среднего» [41, с. 42].

М. Х. Байдал установил, что «...повторяемость лет с урожайностью как ниже 60 % нормы (средней урожайности за период), так и ниже 75 % нормы наибольшая в год минимума солнечной активности и в предшествующие ему три года. Накануне минимума солнечного цикла вероятность уровня (в среднем для 10 областей Казахстана) ниже 60 % нормы составляет 43 %, а ниже 75 % даже 56 % тогда, как в первый год после минимума низкие урожаи имеют соответственно вероятность 15 и 22 %. В третий год после минимума солнечной активности вероятность пониженных урожаев снова несколько возрастает и составляет 23–26 %» [3, с. 67].

На одиннадцатилетнюю цикличность урожайности сельскохозяйственных культур указывает В. П. Бондаренко [6]. Идея о циклических колебаниях урожайности зерновых культур использована другими учеными при разработке методологических положений краткосрочного и среднесрочного прогнозирования.

Ученые высказывают различные мнения по обоснованию рациональной длины динамического ряда для разработки базисной величины прогнозируемой урожайности. Так, Б. Б. Балтин [2], П. С. Иващенко [14], А. И. Манелля [18], Е. С. Тарасова [42] реко-

мендуют использовать данные за период от 5 до 15–20 лет; Е. А. Бессонов [4] предлагает брать за основу фактическую урожайность последнего года; В. Я. Узун [44, с. 21] считал, что надо «... учитывать как можно большее количество лет базисного периода», но «...желательно, чтобы плановая урожайность вычислялась как средняя за минимальное количество последних лет», чтобы обеспечить примерную сопоставимость данных.

Наши исследования показали, что наиболее приемлемой длиной базисного периода является период в 11–20 лет, а модель прогнозируемой урожайности зерновых культур, разработанная нами в 1971 г. [28, 29, 30, 31, 32], представляет собой математическое выражение:

$$U_{np} = \bar{Y}\bar{\phi} + \sum_1^4 \Delta Y + E\bar{y}, \quad (3)$$

где U_{np} – прогнозируемая урожайность, ц/га;

$\bar{Y}\bar{\phi}$ – фактическая урожайность в среднем за три года, взятые в последовательности через четыре года от прогнозного года, ц/га;

$\sum_1^4 \Delta Y$ – прирост урожайности от внедрения инноваций, достижений в передовых хозяйствах, повышения уровня интенсивности производства за 4 года, предшествующих прогнозному году, ц/га;

$E\bar{y}$ – стохастическая (случайная) компонента, среднеквадратическое отклонение, ц/га.

Методика расчета составляющих прогнозируемой урожайности приведена в заданиях 1–17 раздела 2 настоящего учебного пособия.

Профессиональная оценка нашего метода разработки долгосрочных прогнозов урожайности озимой пшеницы для Краснодарского края на 1972–1988 гг. дана в работе Л. С. Власовой под общей редакцией профессора, доктора экономических наук И. Б. Загайтова [9, с. 93–94, с. 137]. Л. С. Власова, И. Б. Загайтов считают, что «... применение прогнозных оценок урожаев по методу «ЗОНТ» и методу А. Г. Прудникова является более эффективным, чем использование традиционных средних» [9, с. 94]. В подтверждение своей оценки они привели данные об ошибке прогноза урожайности озимой пшеницы для Краснодарского края на 1972–1988 гг. (таблица 1). Анализ показал, что за 17 лет прогноз межгодовых колебаний урожайности подтвердился в 16 случаях (94,1 %); относительная величина отклонения

прогнозируемой урожайности от фактической до 10 % была в 10 случаях из 17 (58,8 %); от 10 % до 20 % в 4 случаях (23,5 %); свыше 20 % в 3 случаях (17,7 %). Среднеарифметическая абсолютная величина отклонения урожайности озимой пшеницы за 1972–1988 гг. равна $\pm 2,9$ ц с 1 га или 8,3 %.

Таблица 1 – Оценка точности и качества прогноза урожайности озимой пшеницы для Краснодарского края за 1972 – 1988 гг. по методу А. Г. Прудникова

Год	Межгодовые колебания урожайности		Урожайность, ц с 1 га (в перв. оприх. весе)		Ошибка прогноза, (\pm)*	
	Прогноз	Фактически	Прогноз	Фактически	ц с 1 га	%
1972	Спад	Спад	25,4	25,5	-0,1	0,4
1973	Рост	Рост	29,4	30,9	-1,5	4,9
1974	Рост	Рост	38,0	34,3	3,7	10,8
1975	Спад	Спад	31,7	25,5	6,2	24,3
1976	Рост	Рост	34,5	33,5	1,0	3,0
1977	Спад	Спад	26,2	32,8	-6,6	20,1
1978	Рост	Рост	41,7	39,7	2,0	5,0
1979	Спад	Спад	37,3	31,3	6,0	19,2
1980	Спад	Спад	30,0	31,1	-1,1	3,5
1981	Рост	Рост	38,2	32,4	5,8	17,9
1982	Спад	Рост	37,9	33,1	4,8	14,5
1983	Спад	Спад	31,4	31,6	-0,2	0,6
1984	Рост	Рост	37,1	37,6	-0,5	1,3
1985	Спад	Спад	35,5	28,8	6,7	23,3
1986	Рост	Рост	41,7	43,2	-1,5	3,5
1987	Спад	Спад	40,5	39,5	1,0	2,5
1988	Спад	Спад	38,4	38,4	0	0
В среднем за 1972–1988 гг.	х	х	35,0	33,4	2,9	8,3

* Примечание. Л. С. Власова, И. Б. Загайтов ошибку прогноза (они назвали ее «неточности») определили как отклонение прогноза от фактической урожайности, а относительная величина отклонения определена выраженным в процентах соотношением абсолютного отклонения и фактической урожайности.

Практическое использование модели прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур показано в заданиях 1–17.

Четырехлетнюю квазицикличность в динамике урожайности озимой пшеницы – главной зерновой культуры Краснодарского края можно проследить по данным динамического ряда, представленного в таблице 2.

Исследование динамического ряда урожайности озимой пшеницы в Краснодарском крае за 1956–1986 гг. показало, что в этой совокупности данных можно выделить два четырехлетних цикла, отличающихся между собой тенденцией изменения урожайности. Если для первого цикла (1957–1960 гг.; 1965–1968 гг.; 1973–1976 гг.; 1981–1984 гг.) характерно снижение урожайности в третий год по сравнению с предыдущим годом, то во втором цикле (1961–1964 гг.; 1969–1972 гг.; 1977–1980 гг.) она снижается в начале и в конце цикла.

Таблица 2 – Четырехлетние циклы урожайности озимой пшеницы в Краснодарском крае (по данным хозяйств всех категорий)

Цикл урожайности	Год	Урожайность, ц/га	Прирост (+), снижение (–) урожайности по сравнению с предыдущим годом, ц/га	Цикл урожайности	Год	Урожайность, ц/га	Прирост (+), снижение (–) урожайности по сравнению с предыдущим годом, ц/га
I	1956	16,0		II	1977	32,8	–0,7
	1957	20,5	+4,5		1978	39,7	+6,9
	1958	27,7	+7,2		1979	31,3	–8,4
	1959	20,4	–7,3		1980	31,1	–0,2
	1960	24,0	+3,6		I	1981	32,4
II	1961	19,5	–4,5	1982		33,1	+0,7
	1962	26,9	+7,4	1983		31,6	–1,5
	1963	27,6	+0,7	1984		37,6	+6,0
	1964	21,2	–6,4	II	1985	28,8	–8,8
I	1965	25,6	+4,4		1986	43,2	+14,4
	1966	29,5	+3,9		1987	39,5	–3,7
	1967	25,7	–3,8		1988	38,4	–1,1
	1968	30,1	+4,4				

Продолжение таблицы 2

II	1969	22,0	-8,1	I	1989	43,2	+4,8
	1970	36,6	+14,6		1990	56,0	+12,8
	1971	37,2	+0,6		1991	43,0	-13,0
	1972	25,5	-11,7		1992	40,5	-2,5
I	1973	30,9	+5,4	II	1993	42,3	+1,8
	1974	34,3	+3,4		1994	38,8	-3,5
	1975	25,5	-8,8		1995	32,0	-6,8
	1976	33,5	+8,0		1996	28,1	-3,9
I	1997	34,6	+5,9				
	1998	30,6	-4,0				
	1999	37,8	+7,2				
	2000	40,2	+2,4				
II	2001	45,6	+5,4				
	2002	48,7	+3,1				
	2003	33,6	-15,1				
	2004	44,2	+10,6				
I	2005	48,2	+4,0				
	2006	43,7	-4,5				
	2007	46,5	+2,8				
	2008	57,4	+10,9				
II	2009	47,0	-10,4				
	2010	51,1	+4,1				
	2011	55,9	+4,8				
	2012	39,9	-16,0				
I	2013	51,3	+11,4				
	2014	55,5	+4,2				
	2015	58,9	+3,4				
	2016						
Примечание. Урожайность за 1997–2015 гг. по сельскохозяйственным организациям.							

Начиная с 1989 г. по 2015 г. характер тенденции динамики урожайности в группах лет изменился, что объясняется совершенствованием качества технологий возделывания и уборки урожая зерновых культур, машинно-тракторного парка, организации труда, влиянием других факторов. В связи с этим апробируем модель прогнозируемой урожайности зерновых культур, отдельных технических и плодово-ягодных культур по данным о фактической урожайности за 1991–2015 гг. в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края. Результаты апробации методики прогнозира-

ния урожайности озимой пшеницы представлены в задании 1. В заданиях 2–17 апробируйте модель (3) прогнозируемой урожайности других зерновых культур, подсолнечника, сахарной свеклы и плодово-ягодных культур, и разработайте прогноз урожайности на 2010–2016 гг. с целью адаптации и оценки модели (3). По результатам апробации модели (3) разработайте прогноз урожайности сельскохозяйственных культур на 2017–2020 гг.

1.4 Совершенствование структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности

Изменчивость погодных условий формирует во многом эффективность структуры посевных площадей, производства зерна. Так, структура с постоянным удельным весом посевов кукурузы в засушливые и влажные годы может быть фактором существенной нестабильности ее валового сбора зерна. Результативность неизменного удельного веса посевных площадей кукурузы в структуре посевов иллюстрирует опыт сельскохозяйственных организаций Белоглинского района Краснодарского края. По данным Белоглинской метеостанции годовое количество осадков варьирует в пределах 695–880 мм при среднегодовой их величине 480 мм. В период вегетации сельскохозяйственных культур количество осадков варьируется от 222 мм до 414 мм, в том числе в апреле от 22 до 87 мм, в мае от 60 до 124 мм, в июне от 78 до 206 мм, в июле от 21 до 77 мм. Посевы кукурузы на зерно в сельскохозяйственных организациях района занимали 4,0–5,0 тыс. га; урожайность зерновых культур за 2000–2009 гг. сформировалась на уровне: в 2000 – 30,7 ц с га в весе после доработки, в 2001 г. – 33,2 ц с га, в 2002 г. – 38,9 ц с га, в 2003 г. – 24,1 ц с га, в 2004 г. – 45,3 ц с га, в 2005 г. – 41,6 ц с га, в 2006 г. – 43,7 ц с га, в 2007 г. – 30,4 ц с га, в 2008 г. – 49,0 ц с га, 2009 г. – 37,4 ц с га; за 2010–2015 гг. была равна в весе после доработки: в 2010 г. – 41,5 ц с га, в 2011 г. – 50,8 ц с га, в 2012 г. – 38,7 ц с га, в 2013 г. – 43,3 ц с га, в 2014 г. – 52,3 ц с га, в 2015 г. – 45,1 ц с га. Валовой сбор зерна кукурузы варьировался от 4,8 тыс. т до 22,8 тыс. т.

Возможность корректировки структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности доказана производственным экспериментом, а также опытом ряда сельскохозяйственных организаций Краснодарского края. Производственный эксперимент проводился в 1979–1980 гг. в бывшем колхозе имени

Жданова Павловского района. Цель эксперимента состояла в обосновании структуры посевных площадей, которая обеспечила бы максимальный валовой сбор зерна, минимальное его отклонение от валового сбора в благоприятные годы для зерновых культур.

Хозяйство располагает площадью 6462 га, в том числе 5806 га сельскохозяйственных угодий, из которых пашня занимает 5761 га. Зерновыми культурами занято почти 60 % пашни. Площадь озимой пшеницы в предшествующие эксперименту годы варьировалась от 1748 га до 2620 га, озимого ячменя от 5 до 402 га, кукурузы на зерно от 20 га до 360 га. Максимальный валовой сбор озимой пшеницы был 8148 т, минимальный – 2958 т, ячменя озимого – 1766 ± 20 т, кукурузы – 1272 ± 44 т. Урожайность озимой пшеницы варьировалась от 15,4 до 44,2 ц с 1 га, ячменя озимого – от 32,2 до 44 ц с 1 га, кукурузы – от 4,6 до 59,7 ц с 1 га, ячменя ярового – от 21,1 до 40,4 ц с 1 га.

Организация внедрения научно обоснованной системы земледелия в колхозе имени Жданова Павловского района началась с анализа книги истории полей, изучения агрохимических свойств почвы, теоретической и практической учебы специалистов. В результате устранили недостатки в чередовании культур в севообороте, изменили структуру посевных площадей, повысили технологическую дисциплину. Подготовку почвы под озимые зерновые культуры стали осуществлять строго по рекомендациям ученых отдела земледелия Краснодарского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени академика П. П. Лукьяненко. Полупар стали готовить вслед за уборкой колосовых зерновых культур в течение одних-двух суток комбинированными пахотными агрегатами, обеспечивая легкокомковатое состояние пахотного слоя путем дополнительных обработок дисковыми боронами и прикатыванием кольчатыми катками. Глубина вспашки определялась качеством крошения почвы, наличием корнеотпрысковых сорняков, и составляла 20–22 см, 23–25 см.

Предпочтение вспашке после колосовых предшественников, а не поверхностной обработке, отдавали потому, что, как было установлено опытами отдела земледелия института, в условиях Кубани она обеспечивает повышение урожайности на 5–7 ц с га по сравнению с поверхностной обработкой. Уход за почвой после вспашки до посева озимых вели с целью полного уничтожения сорняков и падалицы, сбережения влаги на глубине заделки семян.

После пропашных предшественников, а также после гороха проводилась обработка почвы на глубину 8–12 см тяжелыми дисковыми боронами, плоскорезами и комбинированными почвообрабатывающими агрегатами. Обработка почвы осуществлялась 2–4 раза, в зависимости от предшественника. Четыре обработки выполняли после подсолнечника, преследуя цель – обеспечить равномерность рыхления на заданную глубину, тщательное подрезание сорняков, измельчение растительных остатков и создание мульчирующего слоя.

Особый научный подход ученые отдела земледелия определили к использованию фосфорных удобрений. Была определена площадь пашни с низким содержанием подвижного фосфора в почве; ее оказалось в колхозе более 2000 га. Агрохимическими обследованиями установили, что около 30 % карбонатов колхоза содержат в пахотном горизонте 2–3 мг фосфора на 100 г почвы; это означает, что данное количество подвижного фосфора в почве может обеспечить урожайность зерна до 40 ц с га. Поэтому фосфорные удобрения вносились прежде всего на поля с низким содержанием фосфора, а их доза определялась для каждого поля с учетом наличия подвижного фосфора в почве. Доза фосфорных удобрений варьировалась от 20 до 120 кг действующего вещества на 1 га посева.

Доза азотных удобрений определялась в зависимости от дозы фосфорных туков; оптимальная доза азотных удобрений под озимую пшеницу составляла 20–160 кг действующего вещества на 1 га посева. Из общего количества азота под основную обработку почвы после бобовых и колосовых предшественников вносили 20–40 кг действующего вещества, после пропашных – 40–80 кг, а остальную часть вносили в подкормки. В период осенне-весеннего кущения озимых зерновых культур подкормка посевов проводилась с учетом содержания нитратов в почве: при их наличии менее 20 мг на 1 кг почвы в пахотном горизонте вносили 40 кг азота в действующем веществе.

Комплексное внедрение научных разработок обеспечило ежегодное увеличение урожайности зерновых культур, устойчивость производства зерна в колхозе имени Жданова, широкое применение опыта в сельскохозяйственных организациях Павловского района Краснодарского края.

На 1980 г. были разработаны прогнозы урожайности зерновых культур, обоснована площадь посева с учетом прогнозируемой

урожайности; озимой пшеницей было занято 1710 га или 29,8 % от общей площади посева сельскохозяйственных культур; по сравнению с планируемой площадью она меньше на 993 га. Площадь озимого ячменя была расширена до 869 га (15,1 % от общей площади сельскохозяйственных культур), или в 3,7 раза больше плановой площади. Площадь посева зернобобовых культур увеличили более чем в 3 раза.

Проведение эксперимента планировалось на условиях неблагоприятной перезимовки озимых зерновых культур в связи с тем, что за предшествующие 25 лет гибель озимых в больших объемах происходила в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края, как правило, через три года на четвертый (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика площади погибших озимых зерновых культур и урожайность в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края

Годы	Площадь гибели озимых		Урожайность в среднем по краю, ц с 1 га, по данным хозяйств всех категорий
	тыс.га	в процентах от общей площади посева озимых	
1960	443,0	32,0	24,0
В среднем за 1961–1965	209,1	12,0	24,2
1964	490,0	24,7	21,2
В среднем за 1966–1970	338,5	18,5	28,8
1969	1091,0	58,5	22,0
В среднем за 1971–1975	193,3	10,4	30,7
1972	533,0	29,2	25,5
В среднем за 1976–1980	190,8	10,3	33,7
1976	328,2	17,6	33,5
В среднем за 1981–1985	192,0	11,1	32,7
1984	237,1	13,7	37,6
1985	300,3	17,7	28,8

Как свидетельствуют данные таблицы 3, в годы увеличения площади гибели озимых зерновых культур по сравнению со средней за 5 лет существенно снижалась урожайность. Так, в 1964 г. в сравнении с 1961–1965 гг. урожайность озимых меньше на 3 ц с 1 га или на 12,4 %; в 1969 г. по сравнению с 1966–1970 гг. урожайность снизилась на 6,8 ц с 1 га или на 23,6 %; в 1972 г. по сравне-

нию со средней за 1971–1975 гг. она снизилась на 5,2 ц с га или на 16,9 %, в 1985 г. по сравнению с 1981–1985 гг. урожайность снизилась на 3,9 ц с га или на 11,9 %.

Предположение, что условия в зимний период с декабря 1979 г. по февраль 1980 г. будут экстремальными – подтвердилось! В середине января 1980 г. наступили сильные морозы, достигавшие минус 25–28 °С. Высота снежного покрова на полях озимых зерновых культур составляла 5–7 см, а длительные холода и малоснежье создали критическую ситуацию в перезимовке растений озимого ячменя, культуры наиболее чувствительной к продолжительному похолоданию, низким температурам. Но принятые заранее меры (обеспечение семенами зимостойких сортов зерновых культур, увеличение объемов минеральных удобрений, применение стерневых сеялок для бороздкового сева озимого ячменя сорта Старт) сохранили в полном объеме посевы озимых зерновых культур.

Относительно хорошие весенние условия вегетации благоприятствовали росту и развитию озимых, но июньские ливни, а затем резкие перепады температур оказали отрицательное влияние на формирование урожая.

Уборка озимого ячменя проходила также в сложных условиях. Посевы были сильно полеглими; контрольные обмолоты показали, что созрел высокий урожай ячменя; однако к концу уборки его урожайность снизилась до 31,8 ц с 1 га. На зерно убрали 714 га, а 155 га скосили на сенаж вследствие полегания посевов.

Озимая пшеница была убрана на площади 1506 га. Ее урожайность составила 27,2 ц с 1 га или на 4,6 ц с 1 га меньше урожайности озимого ячменя. Урожайность ярового ячменя была равна 16,6 ц с 1 га. Вследствие расширения площади озимого ячменя на 482 га дополнительно получено 206 т зерна. За счет корректировки структуры посевных площадей увеличение валового сбора зерна было равно 438,6 т или 6,2 % от валового сбора зерновых в хозяйстве.

Обоснованная на 1980 г. структура посевных площадей зерновых культур отличалась от запланированной агроотделом хозяйства: разница в удельном весе озимой пшеницы составляла 17,5 п.п., озимого ячменя – 14 п.п., кукурузы на зерно – 3,9 пункта, зернобобовых культур – 2,4 п.п. Фактическая за 1978–1979 гг. и 1980–1981 гг. площадь зерновых культур в хозяйстве приведена в таблице 4.

Под урожай 1981 г. была расширена площадь озимой пшеницы. В структуре ее предшественников увеличили удельный вес зернобобовых, многолетних трав, пропашных культур, а долю зерновых колосовых уменьшили в 5,5 раза (таблица 5). Озимой пшеницей заняли 2689 га или 46,7 % от общей площади сельскохозяйственных культур. Озимым ячменем заняли 295 га (5,1 % от общей площади).

Таблица 4 – Прогнозируемая на 1980–1981 гг. площадь посева зерновых культур в колхозе имени Жданова Павловского района Краснодарского края

Зерновая культура, показатель	1978 г.		1979 г.		1980 г.		1981 г.	
	площадь, га	в % к итогу						
Озимая пшеница	1973	34,5	2820	49,2	1710	29,8	2689	46,7
Озимый ячмень	487	8,5	165	2,9	869	15,1	295	5,1
Яровые колосовые	387	6,6	179	3,1	–	–	–	–
Зернобобовые	55	0,9	–	–	169	2,2	352	6,1
Кукуруза на зерно	240	4,2	234	4,1	400	7,0	400	7,0
Зерновые и зернобобовые – всего	3133	54,7	3398	59,3	3148	54,8	3736	65,1
Площадь посева сельско-хозяйственных культур – итого	5723	100	5725	100	5738	100	5740	100

Таблица 5 – Размещение озимой пшеницы по предшественникам в колхозе имени Жданова Павловского района Краснодарского края

Предшественник	1978 г.		1979 г.		1980 г.		1981 г.	
	площадь, га	в % к итогу						
Зернобобовые	–	–	–	–	114	6,7	282	10,5
Клещевина	–	–	72	2,6	316	18,5	237	8,8
Кукуруза	327	16,6	201	7,1	189	11,0	680	25,3
Сахарная свекла	433	21,9	301	10,7	489	28,6	135	5,0
Подсолнечник	333	16,9	732	26,0	415	24,3	593	22,1
Озимая пшеница	701	35,5	1070	37,9	129	7,5	216	8,0
Озимый ячмень	–	–	183	6,5	–	–	–	–
Многолетние травы	–	–	–	–	–	–	321	11,9
Прочие	179	9,1	261	9,2	58	3,4	225	8,4
Итого	1973	100	2820	100	1710	100	2689	100

С учетом прогнозируемой урожайности структура посевов на 1980–1984 гг. существенно отличалась от структуры до 1980 г. Фактическая площадь посева зерновых культур в 1981–1984 гг. приведена в таблице 6. По сравнению с фактической до 1981 гг. она значительно отличается (таблица 7). Динамика среднемноголетней площади посева зерновых и зернобобовых культур приведена в таблице 8.

Таблица 6 – Фактическая площадь посева зерновых культур в 1978–1979 гг. до использования прогнозов урожайности в колхозе имени Жданова Павловского района

Зерновая культура, показатель	1978 г.		1979 г.		1980 г.	
	площадь, га	в % к итогу	площадь, га	в % к итогу	площадь, га	в % к итогу
Озимая пшеница	1748	30,5	2033	35,5	1506	26,3
Озимый ячмень	402	7,0	110	1,9	714	12,4
Яровой ячмень	346	6,1	448	7,8	135	2,4
Зернобобовые	30	0,5	68	1,2	100	1,7
Кукуруза на зерно	180	3,2	20	0,4	250	4,4
Прочие	45	0,7	44	0,8	30	0,5
Зерновые и зернобобовые, всего	2751	48,1	2723	47,6	2735	47,7
Площадь посева сельскохозяйственных культур, итого	5723	100	5725	100	5738	100

Таблица 7 – Фактическая площадь посева зерновых культур в колхозе имени Жданов Павловского района

Зерновая культура, показатель	1981 г.		1982 г.		1983 г.		1984 г.	
	площадь, га	в % к итогу						
Озимая пшеница	2127	36,9	2098	36,5	2056	35,8	1812	33,3
Озимый ячмень	375	6,5	314	5,5	224	3,9	346	6,4
Яровой ячмень	259	4,5	217	3,8	368	6,4	200	3,7
Зернобобовые	–	–	180	3,1	200	3,5	201	3,7
Кукуруза на зерно	146	2,6	400	7,0	300	5,2	298	5,5
Прочие	40	0,7	60	1,0	40	0,6	52	0,8
Зерновые и зернобобовые, всего	2947	51,2	3269	56,9	3188	55,4	2909	53,4
Площадь посева сельскохозяйственных культур, итого	5761	100	5747	100	5749	100	5449	100

Анализ показал, что использование прогнозов урожайности зерновых культур в планировании структуры посевных площадей в сочетании с научно-обоснованной технологией выращивания обеспечило тенденцию роста урожайности: если в 1980 г. фактическая урожайность была равна 26 ц с 1 га, то в 1981 г. она повысилась до 29,3 ц с 1 га, в 1982 г. – 31,4 ц с 1 га, в 1983 г. – 34,1 ц с 1 га, в 1984 г. – 45,5 ц с 1 га. В 1985 г. было получено озимой пшеницы 34,3 ц с 1 га.

Таблица 8 – Динамика площади посева зерновых культур в колхозе имени Жданова Павловского района

Годы	Площадь посева зерновых культур, га					
	Всего	в том числе				
		озимая пшеница	озимый ячмень	яровой ячмень	кукуруза	горох
В среднем за:						
1976–1979	3040	1907	178	697	182	32
1976–1980	2979	1811	285	585	195	62
1980–1983	3035	1927	407	245	274	140
1981–1983	3135	2094	304	281	282	127
1980	2735	1506	714	135	250	100
1981	2947	2127	375	259	146	–
1982	3269	2098	314	217	400	180
1983	3188	2056	224	368	300	200

Повышение удельного веса озимой пшеницы, озимого ячменя и кукурузы в структуре посевных площадей зерновых культур обеспечило в 1981–1983 гг. увеличение валового сбора зерна в среднем на 458–601 т или на 5–6,7 %, повышение урожайности озимого ячменя до 36,8 ц с 1 га, кукурузы до 34,8 ц с 1 га, зерновых и зернобобовых культур было выращено по 31,3 ц с 1 га. Средняя за 1981–1985 гг. урожайность зерновых и зернобобовых культур повысилась до 34,3 ц с 1 га или на 14,7 % по сравнению с плановой, озимой пшеницы – на 8,4 %, озимого ячменя – на 14,4 %, кукурузы на зерно – на 43,7 %; в 1986 г. озимой пшеницы было выращено по 40,7 ц с 1 га или на 3,8 ц с 1 га выше средней по району [23, с. 43–44].

Эффективным методом корректировки структуры посевных площадей зерновых культур является ее оптимизация с использованием математических методов. Элементарной моделью оптимизации структуры посевных площадей зерновых культур может быть модель [23, с. 45–46]:

$$Z = \sum_1^n \bar{X}_i P_i \longrightarrow \max, \quad (4)$$

при выполнении условия:

$$\left| \sum_1^n (P_i + H_i) - \sum_1^n S_i \right| = E \quad (5)$$

где \bar{X}_i – прогнозируемая урожайность, ц с 1 га
 P_i – площадь посева культуры, га

Hi – заданный шаг изменения площади от минимально допустимой к максимально возможной или наоборот;
 Si – максимальная допустимая площадь посева культуры, га;
 E – заданная точность расчета.

Определение максимально допустимой площади посева озимой пшеницы является принципиально важным моментом оптимизации структуры посевных площадей зерновых культур. Это объясняется ее биологическими особенностями: перенасыщение полевых севооборотов озимой пшеницей приводит к интенсивному развитию корневых гнилей, поражению также листовой поверхности спорами ржавчины, серой гнили, а в годы аномального увлажнения почвы к поражению колоса фузариозом на полях, использованных в качестве предшественника больше одного года по колосовым зерновым культурам, что резко снижает урожай зерна, ухудшает его качество, формирует ядовитое зерно, непригодное для употребления даже животным.

К увеличению гибели посевов озимой пшеницы, их повреждению, приводит также ее размещение по поздно убираемым пропашным предшественникам (кукурузе на зерно, подсолнечнику, сахарной свекле) вследствие недостаточного развития растений, которые уходят в зимовку ослабленными, слабо раскустившимися, и в результате подвергаются воздействию низких отрицательных температур, выпиранию корневой системы даже в ранневесенний период.

Указанные биологические особенности озимой пшеницы были учтены при обосновании структуры посевных площадей на 1980–1985 гг. в колхозе имени Жданова Павловского района.

Эффективным является метод вариантов обоснования структуры посевных площадей и выбор варианта, обеспечивающего максимальный валовой сбор зерна [33, 21, 34, 35, 36, 38].

Точность оценки корректировки площади посева, предусмотренной в бизнес-плане, зависит во многом от размера площади, взятого в качестве базы сравнения, и урожайности фактической в отчетном году. Таким образом, прирост валового сбора зерна формируют изменение плановой площади каждой культуры и фактическая урожайность в отчетном году. В теории статистики принято определять влияние площади и урожайности на изменение валового сбора зерна с помощью приемов факторного анализа. При ис-

пользовании приема абсолютных разниц влияние изменения площади посева определяют по формуле:

$$\pm\Delta Bs = (S_{отч} - S_{баз.}) \times Y_{баз} \quad (6)$$

где $\pm\Delta Bs$ – прирост валового сбора зерна за счет изменения площади посева;

$S_{отч}$ – площадь посева в отчетном году;

$S_{баз.}$ – площадь посева в базовом году;

$Y_{баз}$ – урожайность в базовом году.

Влияние урожайности на изменение валового сбора зерна определяют по формуле:

$$\pm\Delta By = (Y_{отч} - Y_{баз.}) \times S_{отч} \quad (7)$$

где $\pm\Delta By$ – прирост валового сбора за счет урожайности;

$Y_{отч}$ – урожайность в отчетном году.

Многолетний опыт прогнозирования урожайности зерновых культур показал, что наиболее точные прогнозы урожайности обеспечивает модель (3) по озимой пшенице и озимому ячменю, менее точные прогнозы дает модель (3) по кукурузе на зерно, яровому ячменю и зернобобовым культурам. В связи с этим мы исследовали возможность разработки прогнозов урожайности зерновых культур с использованием коэффициентов регрессии и коэффициентов соотношения урожайности озимой пшеницы и других зерновых культур.

Правомерность использования коэффициентов соотношения урожайности озимой пшеницы и других зерновых культур объясняется их биологическими особенностями.

Известно, что в одних и тех же почвенно-климатических условиях различные культуры реагируют неодинаково на метеорологические факторы. Так, в условиях Краснодарского края осадки первой половины июля, когда убирают урожай озимой пшеницы, мешают уборке урожая, увеличивают потери урожая, снижают урожайность. Установлено, к примеру, ливни в первой половине июля 1977 г., 1980 г., 1981 г. и 1982 г. в хозяйствах Усть-Лабинского района, Павловского района, в которых применялись контрольные обмолоты накануне генеральной уборки урожая озимой пшеницы,

озимого ячменя, после ливней, промочивших основательно сформированные валки озимых зерновых, урожайность снижалась по сравнению с контрольными обмолотами на 5–8 ц с 1 га (на 10–15 % в сравнении с контрольной величиной урожайности).

Для кукурузы на зерно осадки первой половины июля, когда начинается процесс формирования початков, крайне необходимы.

Корреляционная зависимость урожайности кукурузы на зерно и озимой пшеницы по данным хозяйств всех категорий Краснодарского края отражается уравнением регрессии:

$$X = 26,1 + X_1 \quad (8)$$

где X – урожайность кукурузы на зерно;

X_1 – урожайность озимой пшеницы.

Однако исследования показали, что выявленная связь не существенна: критерий F не превышает его табличное значение (таблица 9). Слабая связь также между урожайностью озимой пшеницы и кукурузы; результаты ее оценки получены по данным Государственных сортоиспытательных участков Краснодарского края.

Таблица 9 – Оценка связи урожайности зерновых культур с урожайностью озимой пшеницы в Краснодарском крае (по данным хозяйств всех категорий за 1961–1981 гг.)

Зависимая переменная	Свободный член уравнения	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка уравнения	Коэффициент множественной корреляции	Вычисленное значение критерия	
					t–Стюдента	F (табличное 8,2)
Урожайность зерновых и зернобобовых культур	2,98	0,89	1,2	0,97	17,7	314,5
Урожайность озимого ячменя	2,75	0,98	2,2	0,93	10,7	114,7

Продолжение таблицы 9

Урожай- ность ярово- го ячменя	5,0	0,59	3,5	0,68	4,05	16,41
Урожай- ность куку- рузы на зер- но	26,1	0,13	5,8	0,12	0,54	0,29
Урожай- ность зер- нобобовых культур	2,07	0,54	3,2	0,68	4,09	16,8

Таблица 10 – Оценка точности и качества прогнозов урожайности зернофуражных культур в хозяйствах всех категорий Краснодарского края*)

Год	Озимый ячмень			Кукуруза на зерно			Яровой ячмень		
	Фактическая урожайность, ц с 1 га	Прогнозируемая, ц с 1 га	Фактическая к прогнозируемой, %	Фактическая урожайность, ц с 1 га	Прогнозируемая, ц с 1 га	Фактическая к прогнозируемой, %	Фактическая урожайность, ц с 1 га	Прогнозируемая, ц с 1 га	Фактическая к прогнозируемой, %
1976	37,1	37,1	100,0	37,0	35,0	105,7	31,3	23,2	134,9
1977	35,7	29,6	120,6	42,3	32,7	129,4	25,9	17,5	148,0
1978	41,0	42,0	97,6	31,5	34,1	92,4	29,8	27,9	106,8
1979	35,3	37,4	94,4	26,2	30,3	86,5	19,8	24,8	79,8
1980	33,4	34,8	96,0	26,4	32,8	80,5	23,2	21,8	106,9
1981	35,8	37,9	94,5	24,9	30,7	81,1	23,2	25,2	94,4
Среднее значение за 1976–1981 гг.**	36,4	36,5	99,7	31,4	32,6	96,3	25,6	23,4	109,4

Примечание: *) прогнозируемая урожайность рассчитана по коэффициентам соотношения урожайности озимой пшеницы и озимого ячменя, озимой пшеницы и кукурузы на зерно, озимой пшеницы и ярового ячменя; коэффициенты соотношения урожайности указанных культур рассчитаны по фактическим данным за 1961–1981 гг.
 **) среднеарифметическое отклонение фактической урожайности от прогнозируемой урожайности озимого ячменя равно $\pm 2,1$ ц с 1 га или 5,8 %; по кукурузе отклонение равно $\pm 5,1$ ц с 1 га или 16,2 %; по яровому ячменю отклонение равно $\pm 4,4$ ц с 1 га или 17,1 %; при этом среднеарифметическое отклонение фактической урожайности от прогнозируемой получено следующим образом: отклонение в 1976 г. равно 0, в 1977 г. – 6,1 ц (35,7–29,6), в 1978 г. минус 1,0 ц (41,0–42,0), в 1979 г. минус 2,1 ц (35,3–37,4), в 1980 г. минус 1,4 ц (33,4–34,8), в 1981 г. минус 2,1 ц (35,8–37,9); а сумма всех отклонений (без учета их знака) равна $12,7 \times (0+6,1+1,0+2,1+1,4+2,1)$; среднеарифметическая величина отклонения равна $\pm 2,1$ ц (12,7:6); $\pm 2,1:36,4 \times 100 \% = 5,8 \%$; по аналогичной методике определено среднеарифметическое отклонение фактической урожайности кукурузы на зерно и яровому ячменю. Среднеарифметическая величина отклонения за 1976–1981 гг. характеризует качество прогноза, а отклонение фактической урожайности от прогнозируемой на конкретный год является компонент точности прогноза.

Более тесная связь сформировалась между урожайностью озимой пшеницы и озимого ячменя, других зерновых культур: фактическое значение критерия t – Стьюдента и критерия F превышает табличные их значения. Поэтому среднемноголетняя величина коэффициента соотношения урожайности озимой пшеницы и озимого ячменя, озимой пшеницы и кукурузы на зерно, озимой пшеницы и ярового ячменя, озимой пшеницы и зернобобовых культур, а также полученные уравнения регрессии приемлемы для прогноза урожайности; для этого достаточно определить прогнозируемую урожайность озимой пшеницы, а затем по ней и коэффициентам прогнозировать урожайность других зерновых культур, что позволяет разработать прогноз урожайности с минимальной ошибкой, в чем убеждают данные таблиц 10 и 11.

Так, фактическая среднекраевая урожайность озимого ячменя отличалась от прогнозируемой на 1976–1981 гг. с помощью коэффициентов соотношения урожайности озимой пшеницы и озимого ячменя на $\pm 2,1$ ц с 1 га или на 5,8 %, по кукурузе на зерно расхождение было $\pm 5,1$ ц с 1 га или 16,2 %, по яровому ячменю $\pm 4,4$ ц с 1 га или 17,1 %. В 1983 г. отклонение фактической урожайности озимого ячменя от прогнозируемой величины равно 0,3 ц с 1 га, кукурузы на зерно – 3,0 ц с 1 га, ярового ячменя – 0,1 ц с 1 га; относительная величина отклонения равна 0,8 %, 9,8 % и 3,2 % соответственно, и характеризуется как минимальное значение, во много раз меньше критериального. В 1984 г. расхождение между фактической и прогнозируемой урожайностью озимого ячменя равно 2,9 ц с 1 га, в 1985 г. – 6,4 ц с 1 га; для ярового ячменя прогноз был точнее – разница была равна 4,5 и 0,7 ц с 1 га; для кукурузы на зерно фактическая урожайность отличалась от прогнозируемой в 1984 г. на 7,4 ц с 1 га, в 1985 г. – на 4,7 ц; в среднем за 1981–1985 гг. отклонение по кукурузе на зерно было равно $\pm 5,0$ ц с 1 га или 14,8 %, озимому ячменю $\pm 3,6$ ц с 1 га или 10,4 %, яровому ячменю $\pm 2,9$ ц с 1 га или 11,2 % (см. таблицу 10).

Использование параметров уравнения регрессии урожайности озимой пшеницы и зернофуражных культур обеспечило менее точные результаты прогнозирования по озимому ячменю и кукурузе, по яровому ячменю более точные в сравнении с прогнозированием по коэффициентам соотношения урожайности озимой пшеницы и зернофуражных культур (см. таблицу 11).

Так, среднее отклонение фактической урожайности озимого ячменя от прогнозируемой ее величины равно $\pm 3,2$ ц с 1 га или 8,8 %, кукурузы на зерно $\pm 5,6$ ц с 1 га или 17,8 %, ярового ячменя $\pm 3,8$ ц с 1 га или 16,0 % по данным за 1976–1981 гг.

Среднее за 1981 – 1985 гг. отклонение фактической урожайности озимого ячменя равно $\pm 3,6$ ц с 1 га или 10,4 %, кукурузы на зерно $\pm 6,5$ ц с 1 га или 18,7 %, ярового ячменя $\pm 2,4$ ц с 1 га или 9,4 %.

Результаты оценки точности и качества прогнозов урожайности озимой пшеницы и озимого ячменя с использованием коэффициентов соотношения их фактической урожайности в сельскохозяйственных организациях Усть-Лабинского района приведены в таблице 12.

Данные таблицы 12 показали, что среднему за 1961–1984 гг. значению коэффициента соответствует среднемноголетняя урожайность озимой пшеницы, ниже среднему значению соответствует наивысшая урожайность, а вышесреднему значению коэффициента соответствует уровень урожайности меньше среднемноголетней величины.

Таблица 11 – Оценка точности и качества прогнозов урожайности зерновых культур по уравнениям регрессии урожайности зернофуражных культур в хозяйствах всех категорий Краснодарского края

Год	Озимый ячмень			Кукуруза на зерно			Яровой ячмень		
	Фактическая урожайность, ц с 1 га	Прогнозируемая, ц с 1 га	Фактическая и прогнозируемая, %	Фактическая урожайность, ц с 1 га	Прогнозируемая, ц с 1 га	Фактическая и прогнозируемая, %	Фактическая урожайность, ц с 1 га	Прогнозируемая, ц с 1 га	Фактическая и прогнозируемая, %
1976	37,1	36,7	101,1	37,0	30,6	120,9	31,3	25,5	122,7
1977	35,7	28,2	126,6	42,3	29,5	143,4	25,9	20,5	126,3
1978	41,0	43,5	94,2	31,5	31,5	100,0	29,8	29,5	101,0
1979	35,3	39,0	90,5	26,2	30,9	84,8	19,8	26,8	73,9
1980	33,4	34,6	96,5	26,4	30,0	87,1	23,3	24,2	96,3
1981	35,8	39,5	90,6	24,9	31,0	80,3	23,8	27,1	87,8
1982	34,7	39,5	87,8	42,2	31,0	136,1	24,3	27,1	89,7
1983	36,4	36,1	100,8	33,5	30,5	109,8	25,0	25,1	103,2
1984	39,9	37,0	107,8	38,0	30,6	124,2	30,1	25,6	117,6
1985	26,7	33,1	80,7	34,8	30,1	115,6	24,6	23,9	102,9
Среднее значение за 1976–1981 гг.	36,4	36,9	98,6	31,4	30,6	102,6	25,6	25,6	100,0
Среднее значение за 1981–1985 гг.	34,7	37,0	93,8	34,7	30,6	113,4	25,7	25,8	99,6
Среднее значение за 1976–1985 гг.	35,6	36,7	97,0	33,7	30,6	110,1	25,9	25,5	101,6

Таблица 12 – Динамика коэффициентов соотношения урожайности озимого ячменя и озимой пшеницы в сельскохозяйственных организациях Усть-Лабинского района

Год	Фактическая урожайность, ц с 1 га		Коэффициент соотношения урожайности озимого ячменя и озимой пшеницы		
	озимой пшеницы	озимого ячменя	для расчета средней величины за весь период	для расчета ниже-средней величины	для расчета выше-средней величины
1961	25,8	27,1	1,05	–	1,05
1962	32,4	29,7	0,92	0,92	–
1963	40,6	35,5	0,87	0,87	–
1964	28,5	30,0	1,05	–	1,05
1965	35,2	37,6	1,07	–	1,07
1966	35,8	35,0	0,98	0,98	–
1967	34,2	32,9	0,96	0,96	–
1968	44,5	40,2	0,90	0,90	–
1969	26,0	27,8	1,07	–	1,07
1970	47,6	44,8	0,94	0,94	–
1971	50,3	47,9	0,95	0,95	–
1972	38,0	36,8	0,97	0,97	–
1973	37,3	43,5	1,17	–	1,17
1974	45,5	44,7	0,98	0,98	–
1975	29,8	34,8	1,17	–	1,17
1976	44,3	45,4	1,02	–	1,02
1977	44,4	43,7	0,98	0,98	–
1978	50,0	49,2	0,98	0,98	–
1979	44,0	47,4	1,08	–	1,08

Продолжение таблицы 12

1980	42,5	39,2	0,92	0,92	–
1981	42,0	50,1	1,19	–	1,19
1982	44,8	50,0	1,12	–	1,12
1983	44,5	51,5	1,16	–	1,16
1984	48,9	46,3	0,95	0,95	–
Среднее за 1961 – 1984 гг.	39,9	40,5	1,02	0,95	1,10

Таблица 13 – Урожайность озимой пшеницы и коэффициенты соотношения урожайности зернофуражных культур, риса и озимой пшеницы в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края

Год	Пшеница озимая,	Ячмень озимый,	Ячмень яровой,	Кукуруза на зерно,	Рис,	Зернобобовые,
	ц с 1 га	ц с 1 га	ц с 1 га	ц с 1 га	ц с 1 га	ц с 1 га
1991	42,7	0,99	0,71	0,85	0,79	0,39
1992	38,7	1,02	0,76	0,86	0,99	0,41
1993	40,9	1,03	0,74	0,87	0,90	0,59
1994	35,2	0,90	0,88	0,47	1,04	0,67
1995	32,7	0,97	0,78	0,95	1,05	0,52
1996	28,7	1,20	0,66	0,55	0,94	0,68
1997	34,6	1,02	0,44	1,02	0,68	0,25
1998	30,3	1,09	0,66	0,44	1,13	0,54
1999	37,8	1,10	0,68	0,53	0,79	0,45
2000	40,2	1,09	0,62	0,61	1,04	0,47
2001	45,6	0,98	0,67	0,28	0,87	0,53
2002	48,7	0,98	0,52	0,64	0,81	0,41
2003	33,6	1,05	0,43	0,81	0,98	0,26
2004	44,2	1,05	0,53	1,09	0,90	0,53
2005	48,2	0,87	0,50	0,91	0,92	0,41
2006	43,7	1,03	0,64	0,99	1,07	0,53
2007	46,5	1,06	0,46	0,51	1,04	0,32
2008	57,4	0,93	0,70	0,92	0,88	0,59
2009	47,0	1,05	0,64	0,81	1,28	0,50
2010	51,1	1,01	0,57	0,71	1,21	0,47
2011	55,9	0,99	0,66	0,91	1,09	0,51
2012	39,9	0,95	0,70	1,10	1,59	1,06
2013	51,3	1,08	0,66	1,15	1,12	0,41
2014	55,5	0,93	0,62	0,91	1,13	0,44
2015	58,9	1,05	0,61	0,96	1,07	0,48

Коэффициенты соотношения урожайности зерновых культур и озимой пшеницы за 1991–2015 гг. приведены в таблице 13. Их использование для разработки прогноза урожайности зернофуражных культур показало, что они приемлемы как методический прием прогнозирования (таблица 14). Так, в прогнозировании урожайности озимого ячменя на 2010–2015 гг. среднеарифметическая величина отклонения фактической урожайности от прогнозируемой равна $\pm 4,7$ ц с 1 га или 9,0 %; неточным был прогноз на 2012 г. – отклонение фактической урожайности от прогнозируемой равно минус 12,8 ц с 1 га, в

2015 г. фактическая урожайность превысила прогнозируемую на 10,2 ц с 1 га. Среднеарифметическая величина отклонения определена без учета знака отклонения; то есть величина 4,7 ц с 1 га исчислена как сумма отклонений за 2010–2015 гг., деленная на 6 $((0,1+2,6+12,8+1,2+1,2+10,2)\div 6)$.

Прогноз урожайности ярового ячменя (за 2010–2015 гг.) был более точным по сравнению с прогнозом урожайности озимого ячменя. Фактическая урожайность ярового ячменя отличалась от прогнозируемой на 0,3–1,5 ц с 1 га, а среднеарифметическая величина отклонения была равна $\pm 0,9$ ц с 1 га или 2,7 %.

Среднеарифметическая величина отклонения фактической урожайности кукурузы на зерно от прогнозируемой на 2010–2015 гг. была равна $\pm 3,8$ ц с 1 га или 7,5 %; наибольшее отклонение было в 2012 г., оно превысило 8 ц с 1 га, а в 2015 г. отклонение равно 6 ц с 1 га.

Апробация представленного выше методического приема прогнозирования урожайности показала его приемлемость в прогнозировании урожайности зернофуражных культур: более точные прогнозы обеспечивает использование коэффициентов соотношения урожайности ярового ячменя и озимой пшеницы; менее точные прогнозы обеспечивает использование коэффициентов соотношения урожайности кукурузы на зерно и озимой пшеницы, а также использование коэффициентов соотношения урожайности озимого ячменя и озимой пшеницы.

Таким образом, для прогнозирования урожайности зернофуражных культур приемлемы оба методических подхода, но для озимого ячменя и кукурузы более точные прогнозы обеспечивает использование коэффициентов соотношения урожайности озимой пшеницы и зернофуражных культур, для ярового ячменя более точными являются прогнозы с использованием параметров уравнения регрессии озимой пшеницы и ярового ячменя.

Об эффективности корректировки плановой структуры посевных площадей зерновых культур в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края и Днепропетровской области Украины свидетельствуют справки и акты о внедрении этой научной разработки.

В 1976–1980 гг. на площади 375 тыс. га, в 1981 г. на площади 85 тыс. га использовались разработки по прогнозированию производства зерна в Краснодарском крае на 1981–1985 гг. За счет расширения площади посева наиболее урожайных зерновых культур и повышения урожайности среднегодовое производство зерна в 1976–1980 гг. уве-

личилось более чем на 220 тыс. т, в том числе за счет корректировки плановой структуры посевов валовой сбор возрос на 48,9 тыс. т; расширение площади озимого ячменя в 1981 г. позволило увеличить производство зерна в крае на 23 тыс. т.

За счет совершенствования структуры посевных площадей зерновых культур в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края в 1982 г. прирост валового сбора зерна превысил 229 тыс. т по сравнению с 1976–1980 гг.

С учетом прогнозов урожайности зерновых культур на 1977–1980 гг. по сравнению с 1973–1975 гг. в сельскохозяйственных организациях Днепропетровской области Украины удельный вес посевов озимой пшеницы увеличили с 51 до 59 % в структуре посевных площадей сельскохозяйственных культур – расширили ее площадь посева на 93,9 тыс. га; в 1981 г. площадь озимой пшеницы превысила на 44,3 тыс. га среднегодовую за 1973–1975 гг.

В результате корректировки плановой структуры посевных площадей в 1977–1980 гг. валовой сбор озимой пшеницы увеличился на 27,1 тыс. т, в 1981 г. – на 4,6 тыс. т. На 1977–1985 гг. была расширена площадь кукурузы на зерно, как наиболее урожайной по прогнозам, по сравнению с 1976–1980 гг. со 160 до 214 тыс. га за счет ярового ячменя. В результате за 1981–1985 гг. урожайность кукурузы на зерно повысилась до 32,2 ц с 1 га и на 11,7 ц с 1 га превысила урожайность ячменя, что позволило увеличить производство зерна на 63,2 тыс. т в среднем за год [30, с. 62].

В 1985 г. уборочная площадь кукурузы была расширена до 272 тыс. га, а ее удельный вес в структуре посевов повысился с 15,3 до 22,1 % в группе зерновых культур, а доля ее валового сбора возросла с 16,4 до 28,5 %. Урожайность кукурузы на зерно в 1985 г. была равна 36,7 ц с 1 га, а ярового ячменя – 24,6 ц с 1 га или на 12,1 ц меньше в сравнении с кукурузой (разница составила 49,2 % в пользу кукурузы). Прирост валового сбора зерна от корректировки плановой структуры посевных площадей зерновых культур был равен 117 тыс. т на сумму 14 млн. руб. (по государственным закупочным ценам).

Эффективность использования прогнозов урожайности основных зерновых культур в корректировке структуры посевов подтверждена опытом работы многих хозяйств Краснодарского края. Так, корректировка структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности на 1982 г. в колхозе имени Ки-

рова Гиагинского района [31, с. 300] позволила увеличить валовой сбор зерна на 1,7 % по сравнению с валовым сбором при плановой структуре посевов (таблица 15).

Таблица 15 – Фактическая и прогнозируемая площадь посева основных зерновых культур в колхозе имени Кирова Гиагинского района, га

Культура	1980 г.	1981 г.	1982 г.		В среднем за 1983–1985 гг.	
			прогнозируемая	фактическая	прогнозируемая	фактическая
Озимая пшеница	3854	3750	3100–3250	3430	3050–3250	3486–3630
Озимый ячмень	618	665	1100–1150	900	900–1100	750–800
Кукуруза на зерно	340	450	550–650	740	550–850	640–714
Прочие	238	269	150–250	150	50–350	112–185
Итого	5050	5134	5050	5220	5050	5092–5135

В совхозе «Кубань» Гулькевичского района за счет совершенствования структуры – расширения площади озимой пшеницы в 1977–1979 гг. было дополнительно получено 204 т зерна [31, с. 298]. Более 400 т зерна получили дополнительно в совхозе «Коноковский» Успенского района [15, с. 26–28].

1.5 Перспективные методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур

С точки зрения экономического значения область сельского хозяйства является важнейшей составляющей народного хозяйства. Она включает в себя ряд особенностей, одной из которых являются сложные природно-климатические условия, доставляющие трудности в ходе организации производства. Поэтому, учитывая данные особенности, целесообразно рассмотреть, изучить, применить на практике перспективные современные методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

В настоящее время разработка методов прогноза урожайности сельскохозяйственных культур как одного из главных параметров

экономической эффективности деятельности аграрных предприятий является перспективной задачей современной экономики [23].

По мнению А. Г. Буховца, Ю. В. Некрасова, М. В. Гореловой и Н. А. Кораблиной для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур целесообразно использовать метод сингулярно-спектрального анализа (Singular Spectrum Analysis (SSA)), который позволяет практически одновременно выделять все составляющие компоненты временного ряда, а не проводить эти операции последовательно, как это традиционно рекомендуется [26].

Построение прогноза на основе временного ряда способствует предварительному анализу этого ряда: формулирование основных предположений о структуре ряда, оценка случайной составляющей и пр. В работе авторы используют аддитивную модель, в которой присутствуют: плавно меняющаяся компонента, описывающая чистое влияние долговременных факторов, т.е. длительную тенденцию изменения исследуемого признака, циклическая компонента – отражает влияние не поддающихся учету и регистрации случайных факторов, случайная компонента – отражает влияние не поддающихся учету и регистрации случайных факторов.

Представленный метод SSA обладает строгим обоснованием в теории динамических систем и обрел популярность в задачах декомпозиции временных рядов, а также при подавлении шума. Этот метод относится к глобальным, т.к. в ходе анализа временного ряда использует информацию всех известных значений уровней ряда.

Применение SSA делает возможным одновременно выделять все составляющие компоненты временного ряда, а не проводить эти операции последовательно. В результате чего последовательно решается ряд задач: построение описания детерминированных составляющих временного ряда, которое позволяет осуществлять прогноз и моделировать будущее поведение ряда; оценка дисперсии временного ряда, которая позволяет составить представление о надежности и качестве прогноза; проверка стационарности остатков временного ряда, которая позволяет убедиться в правильности выделенных ранее компонент и случайном характере влияния неучтенных факторов.

Авторами с помощью сингулярно-спектрального метода был проведен анализ данных об урожайности зерновых культур по Воронежской области, взятых за 1967–2009 гг. Окончательная декомпозиция временного ряда представлена на рисунке 10.

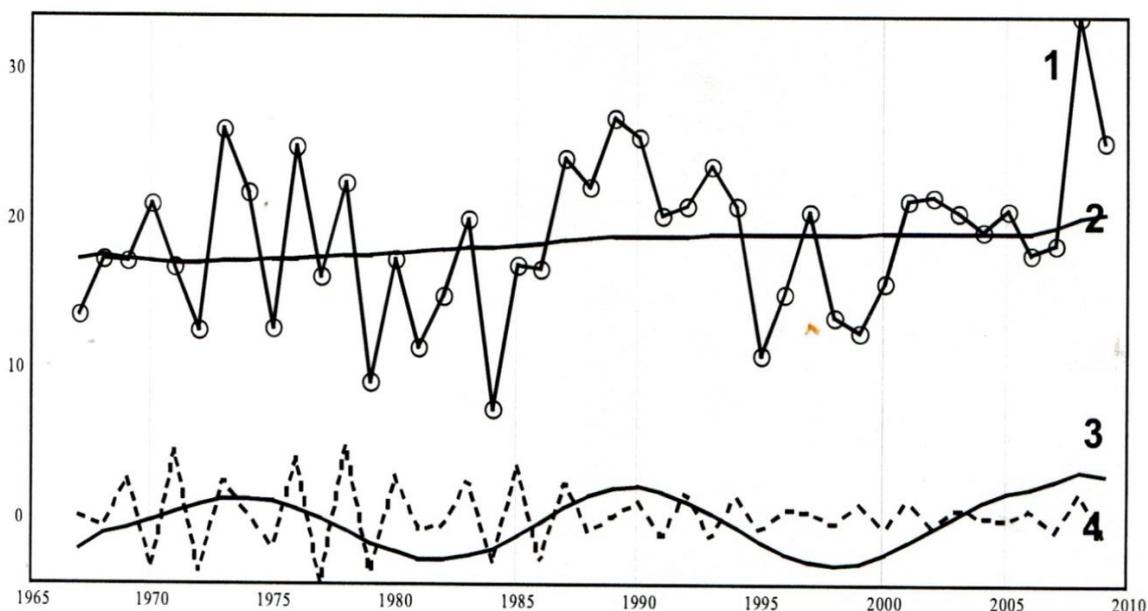


Рисунок 10 – Исследуемый временной ряд и его декомпозиция:
 1 – урожайность зерновых культур по Воронежской области,
 2 – первая главная компонента, 3 – циклическая составляющая,
 4 – остаточная хаотическая составляющая [26]

По оси абсцисс на представленном рисунке отложены значения временной характеристики (годы), а по оси ординат – соответствующие значения урожайностей (ц/га), а также на графике для сравнения представлены результаты декомпозиции – разложение ряда на детерминированную и случайную составляющие.

Среднеквадратичное отклонение исходного ряда (1969–2009 гг.) составило 5,32, в то время как выделенная трендовая компонента имела среднеквадратичное отклонение, равное 0,85, а циклическая составляющая – 1,97. Для аппроксимации полученной зависимости авторами была использована кубическая сплайновая аппроксимация MATCHAD [13, 18], в результате чего был получен следующий результат прогноза на 2010 г. – 17,59 ц/га.

По результатам исследований, с учетом значений среднеквадратичных уравнений для построенных точек ошибка составила в первом случае 5,6, а во втором – 5,3. Прогноз на 2010 г. с учетом вычисленных отклонений в случае среднеквадратичной ошибки составлял от 11,84 до 23,34 %. Авторы отмечают, что прогнозируемые значения хорошо совпали с имеющимися реальными данными – 14 ц/га.

Данная методика прогнозирования урожайности была проверена на данных 1967–2008 гг., в результате чего были получены хорошие совпадения с имеющимися в наличии данными об урожайности за 2009 г. [26].

Также известен метод корреляционно-регрессионного и кластерного анализа при прогнозировании урожайности зерновых культур, позволяющий выделять отдельные сельскохозяйственные организации в однородные группы (кластеры) [23]. В своей работе С. С. Низомов описывает следующий алгоритм прогнозирования урожайности зерновых культур: 1 – постановка экономико-статистической задачи прогнозирования урожайности зерновых культур и выбор методов прогнозирования; 2 – формирование информационной базы прогнозирования урожайности зерновых культур; 3 – отбор наиболее значимых факторов, влияющих на урожайность зерновых культур; 4 – определение формы связи и построение корреляционно-регрессионной модели; 5 – анализ и интерпретация параметров корреляционно-регрессионной модели; 6 – осуществление многомерной группировки агроорганизаций района по уровню урожайности зерновых культур; 7 – составление прогнозов урожайности зерновых культур агроорганизаций района на краткосрочную перспективу [23].

Прогнозирование урожайности зерновых культур автором осуществлялось на материалах агроорганизаций Дюртюлинского района Республики Башкортостан. Качественный анализ полученных результатов позволил выделить линейное уравнение, которое выражает зависимость урожайности зерновых культур от определяющих факторов (x_1 – x_6):

$$Y = -7,2 + 0,01x_1 + 2,7x_2 + 0,57x_3 + 0,21x_4 + 0,82x_5 + 6,75x_6 \quad (9)$$

где x_1 – фондооснащенность, руб.;

x_2 – энергообеспеченность, л.с.;

x_3 – экономическая оценка пашни, баллов бонитета;

x_4 – удельный вес семян элиты и первой репродукции в общей массе посеянных семян зерновых культур, %;

x_5 – удельный вес зерновых культур в общей посевной площади, %;

x_6 – внесение минеральных удобрений д.в. на 1 га посева, кг.;

Y – урожайность зерновых культур агроорганизаций района, ц с 1 га.

Полученные в результате вычислений расчетные данные показали наличие резервов повышения урожайности зерновых культур во всех кластерах

Комплексное применение методов корреляционно-регрессионного и кластерного анализа позволило эффективно прогнозировать урожайность зерновых культур – важнейший производственно-экономический показатель, имеющий вероятностный характер. Автор утверждает, что построение прогнозных моделей урожайности зерновых культур может являться основой при разработке перспективных сценариев развития сельскохозяйственных организаций.

С учетом предложенного алгоритма прогнозирования авторами был составлен прогноз урожайности зерновых культур в разрезе кластерных групп агроорганизаций района на период до 2015 г. (рисунок 11).

Ученые Башкирского государственного аграрного университета утверждают, что практическая значимость проведенного исследования состоит в возможности применения прогнозных значений урожайности зерновых культур для выработки конкретных управленческих решений с целью повышения эффективности аграрного производства, а настоящие методические подходы по прогнозированию урожайности зерновых культур могут быть использованы для формирования стратегии развития зернопроизводящих агроформирований сельских муниципальных образований Российской Федерации с аналогичными условиями развития.

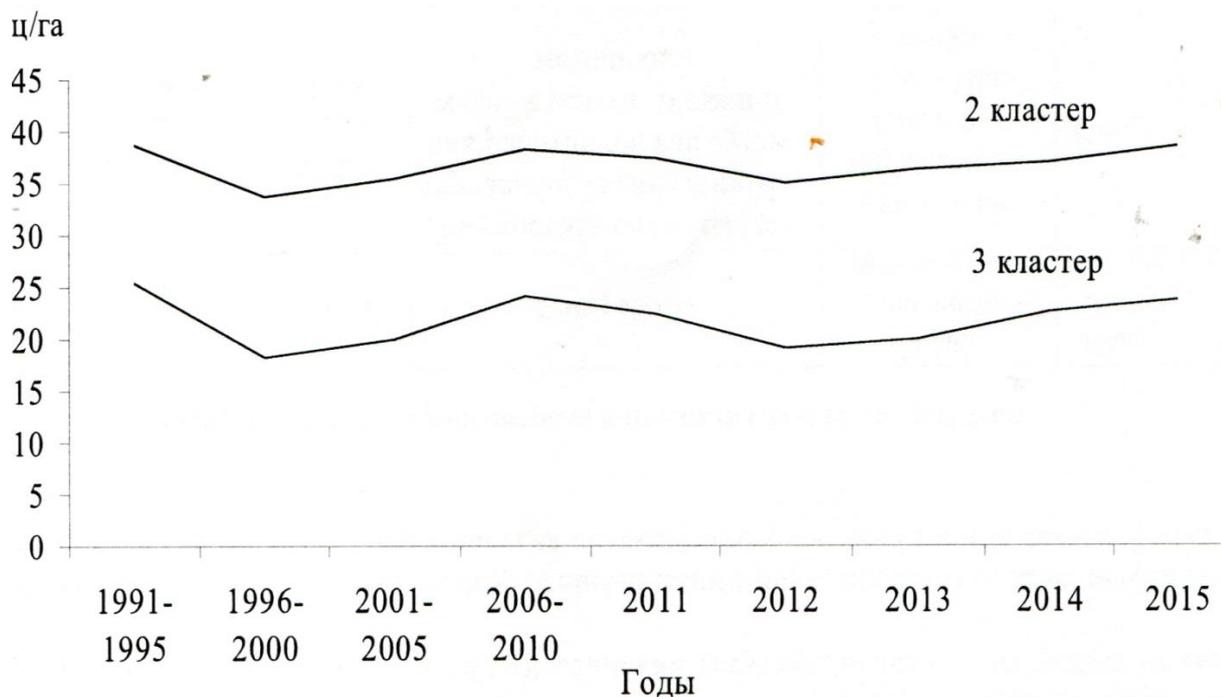
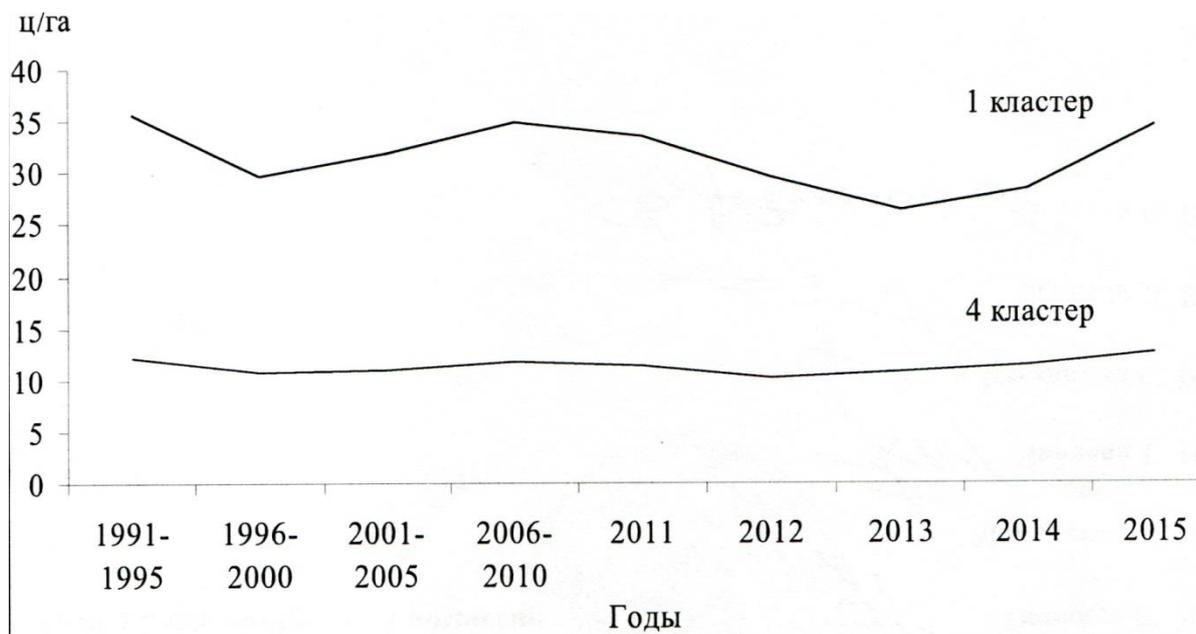


Рисунок 11 – Фактическая и прогнозируемая урожайность зерновых культур в кластерах агроорганизаций Дюртюлинского района Республики Башкортостан [23]

Учеными Санкт-Петербургского университета была изучена методика построения статистических моделей аномалий урожайности, базирующаяся на данных спутникового зондирования. Данные модели используют многовариантные методы анализа регрессионных моделей «спутниковые индексы – продуктивность», свободных от апри-

орных гипотез, которые ограничивают выбор наиболее достоверных моделей [20].

С целью изучения методики построения статистических моделей аномалий урожайности авторами были использованы данные спутникового зондирования, представленные в виде вегетационных индексов, из которых наиболее известным является индекс *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*), который представляет собой отношение разности потоков отражений от земной поверхности солнечной радиации в видимом и близком инфракрасном (БИКР) диапазоне к их сумме:

$$NDVI = (F_{VIS} - F_{NIR}) \div (F_{VIS} + F_{NIR}) \quad (10)$$

где F_{VIS} – поток отраженной радиации, близкой к инфракрасной области спектра;

F_{NIR} – поток отраженной радиации в видимом диапазоне спектра.

Вегетационные индексы (индексы состояния наземной растительности) обладают рядом преимуществ: во-первых, в настоящее время данными спутникового зондирования покрывают практически всю поверхность земного шара, имеют высокое пространственное разрешение; во-вторых, многие вегетационные индексы являются кумулятивными показателями, отражающими интегральную динамику интегральных показателей развития растительности; в-третьих, для вегетационных индексов принята величина временного осреднения в одну неделю, тогда как большинство из доступных метеорологических показателей являются ежемесячно осредненными характеристиками.

Авторами в исследовании были использованы данные о временной динамике двух индексов – *VCI* (*Vegetation Condition Index*) и *TCI* (*Temperature Condition Index*), которые являются производными от ранее упомянутого индекса *NDVI* для каждого пикселя спутниковых данных [20].

Следует отметить, что авторы предлагают использовать наибольшее и наименьшее значение индекса *NDVI*, зафиксированные за весь период измерений:

$$VCI = (NDVI - NDVI_{min}) \div (NDVI_{max} + NDVI_{min}) \quad (11)$$

По мнению авторов, данная формула может применяться для построения рядов *VCI* различного временного осреднения, при этом значения индекса *VCI* изменяются в пределах от нуля до единицы, значения близкие к нулю означают крайние стрессовые состояния растительности, средние значения соответствуют нормальным условиям, и значения близкие к единице отражают наиболее благоприятные состояния растительности.

В представленном случае использовались данные, содержащие значения спутниковых вегетационных индексов *VCI* и *TCI* за период с 1982 по 2005 г. Элементы этого массива представляли собой значения индекса, осредненное по квадрату 16×16 км, а сами массивы были получены авторами из архивов Вычислительного Центра Спутниковой Системы по Мониторингу Окружающей Среды НОАА США (Central Environmental Satellite Computer System, CENSCS).

С целью исследования в качестве основного региона авторами был выбран штат Канзас, который является основным производителем озимой пшеницы США. В ходе анализа вегетационных индексов *VCI* и *TCI* для графства штата Канзас учеными было установлено, что в большом их количестве статистически значимые тренды. При этом стоит отметить, что при выборе типа тренда следует учитывать продолжительность рядов индексов, доступных для построения регрессионных моделей, равную 21 году. В своих расчетах авторы для целей построения рядов аномалий ограничились исключением из рядов урожайности и вегетационных индексов только линейных и квадратичных трендов [20].

В своих исследованиях авторы руководствуются несколькими видами приемов отбора предикторов. Первый из них – феноменологический метод последовательного «включения – исключения», заключающийся в том, что на первом, стартовом этапе из множества предикторов выбирается тот, который наиболее высоко коррелирован с предиктантом, при этом предиктант представляется рядом относительных аномалий урожайности $\eta(i)$, вычисляемым по формуле:

$$\eta(i)=[y(i)-Y(i)]\div Y(i) \quad (12)$$

где $y(i)$ и $Y(i)$ значения реальной и трендовой урожайности сельскохозяйственной культуры года i .

Второй метод отбора предикторов близок к так называемому «шаговому методу включения», авторы также называют его «квази-шаговым», алгоритм реализации которого состоит из нескольких шагов. Во-первых, в качестве первого предиктора отбирается предиктор, имеющий наибольший по абсолютному значению коэффициент корреляции с предиктантом. Во-вторых, второй предиктор отбирается при оценке статистических характеристик всех двухфакторных регрессионных моделей, когда в качестве первого предиктора выступает уже выбранный на первом этапе вегетационный индекс. В-третьих, на каждом из упомянутых подключений новых предикторов оценивается статистическая значимость отбираемых предикторов по критерию Стьюдента. Пороговое значение параметра Стьюдента t задавалось авторами в расчетах равным 1,2, что, в случае рядов продолжительностью в 21 год соответствовало 75 %-му уровню статистической значимости. Если в построенной модели один или несколько предикторов характеризовались значениями критерия Стьюдента ниже заданного уровня, они исключались из расчетов, при этом второй этап выбора предикторов повторялся. Если все предикторы удовлетворяли заданному критерию, то они оставались в наборе, при этом также повторялся второй этап выбора следующего предиктора [20].

Второй и третий этапы расчетов повторялись до тех пор, пока количество отобранных предикторов не достигал 6-ти (исключая константу регрессии) или, когда последний добавленный предиктор не удовлетворял выбранному критерию значимости (притом, что все остальные предикторы соответствуют данному критерию).

На четвертом этапе регрессии, рассчитанные с использованием полученного набора предикторов, подвергались селекции с использованием метода «обратного хода». Из всех предикторов, независимо от соответствующего ему значения параметра Стьюдента, отбрасывался наименее значимый. Если при этом отмечалось повышение скорректированного коэффициента детерминации модели, новая модель признавалась более точной, и из нее снова отбрасывался наименее значимый предиктор. Этот этап «отбраковки» предикторов повторялся до тех пор, пока на очередном шаге не отмечалось уменьшение значения показателя точности модели или (предельный случай) пока в наборе параметров не оставался только один предиктор.

Третий метод построения регрессионных моделей – метод перебора и анализа статистических свойств всех возможных многофак-

торных регрессий. При применении авторами этого метода происходил перебор всех возможных комбинаций предикторов по два, три, четыре, пять шесть и т. д. На первом этапе рассчитывались все возможные двухфакторные регрессии и оценивались значения их полных и скорректированных коэффициентов детерминации. В случае озимой пшеницы в графствах штата Канзас, продолжительность вегетационного года определена авторами равной 52 неделям, т. е. общее количество предикторов оказалось равным 104, набор двухфакторных моделей для выбранного графства составил пять тысяч. На втором этапе работы алгоритма тестировались все возможные трехфакторные регрессии (30000 случаев), на третьем – все четырехфакторные (пять миллионов случаев), на четвертом и пятом (100 миллионов и около одного миллиарда случаев соответственно). В силу значительного роста объемов вычислений и ограниченности возможностей доступной вычислительной техники при построении моделей для озимой пшеницы для всех графств штата Канзас максимальное количество предикторов, включаемых в модели, ограничилось шестью. [20].

Регрессионные модели «вегетационные индексы – аномалии урожайности озимой пшеницы» были построены для всех графств штата Канзас. Вторая часть выполненных авторами разработок относилась к анализу таких же моделей, но для яровой пшеницы для графств штата Северная Дакота.

Наименее точные модели аномалий урожайности были получены при использовании двух первых методов отбора предикторов. Для графства Thomas коэффициент детерминации феноменологической модели составил 0,79, при этом алгоритм «остановил» свой выбор на четырех предикторах, три из которых оказались значимыми на уровне 75 %, четвертый – 95 %. недостатки данного метода в особой степени выявляются при его применении к построению модели для графства Woodson. Коэффициент детерминации «финальной» регрессионной модели, использовавшей три предиктора, в случае феноменологической модели оказался равным 0,41.

Более обнадеживающими по данным авторов представляются результаты, полученные при использовании квазишагового метода и алгоритмов, базирующихся на методе прямого перебора. Коэффициент детерминации модели аномалий урожайности озимой пшеницы для графства Thomas, построенной при использовании квазишагового метода выбора предикторов, составил 0,92.

Использование переборного метода отбора предикторов позволило увеличить коэффициент детерминации регрессионной модели аномалий урожайности озимой пшеницы для графства Thomas до необычайно высокого значения, равного 0,97. В окончательную регрессионную модель для графства Thomas в качестве предикторов алгоритм предложил использовать индексы *VCI* во вторую, третью, 36-ю, 38-ю и 43-ю неделю вегетационного года. Отобранный алгоритмом температурный индекс *TCI* относился к неделе конца октября и соответствовал наиболее коррелированному с аномалиями урожайности из всех других температурных индексов [20].

Регрессионные модели для аномалий урожайности озимой пшеницы для графства Woodson, находящегося в восточной части штата Канзас, отличались не только меньшей точностью, но и выбором принципиально другого набора предикторов. При использовании квазишагового метода выбора предикторов была получена модель аномалий урожайности, характеризующаяся коэффициентом детерминации равным. В эту модель вошли шесть предикторов, четыре индекса *VCI* и два индекса *TCI*, все они значимы на уровне 99 %. При этом четыре индекса из шести относились к начальному периоду вегетационного года (конец августа – конец октября), и два индекса – к весенним месяцам (индекс *VCI* в 36-ую неделю и индекс *TCI* в 45-ю).

При использовании переборного метода отбора предикторов коэффициент детерминации модели для графства Woodson достиг уже 0,92, но при этом, набор предикторов, отобранных в эту модель, существенно отличался от набора, выбранного алгоритмом применительно к западному графству Thomas. В этой модели также использовали шесть предикторов и все они были высоко значимы по критерию Стьюдента. Пять из шести предикторов модели это – температурные индексы *TCI* и только один предиктор относился к индексу типа *VCI*. При этом три температурных индекса характеризовали осенний период (13-я, 14-я и 17-я недели вегетационного года). Единственный предиктор типа *VCI* относился к последней неделе мая (43-я неделя вегетационного года).

Также интересным показателем соотношения точности моделей, построенных переборным методом, оказался вид ранжированной последовательности лучших шестифакторных моделей (рисунок 12).

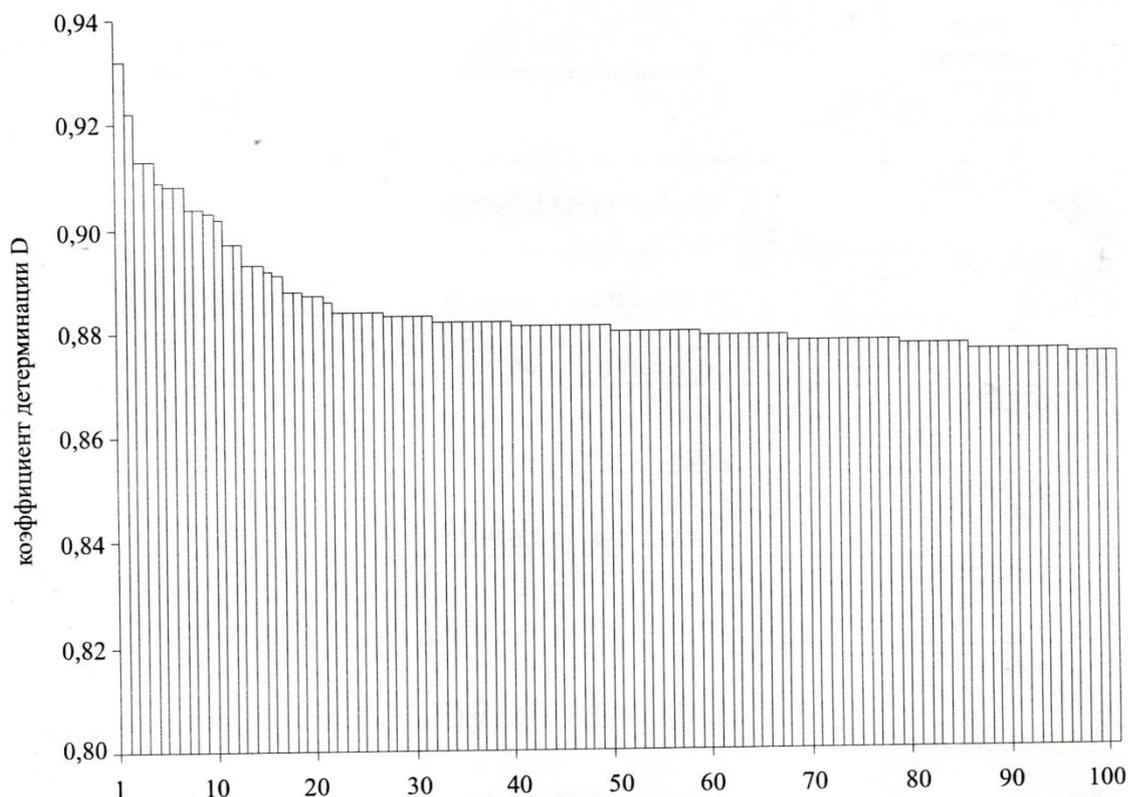


Рисунок 12 – Динамика уменьшения значений коэффициентов детерминации лучших (от первой до сотой) моделей аномалий урожайности озимой пшеницы в графстве Woodson (Канзас, США) при использовании метода прямого перебора из всех возможных шестифакторных регрессий [20]

На данном рисунке из общего набора шестифакторных моделей, составляющего более одного миллиарда, по вертикальной оси отложены значения скорректированного коэффициента детерминации первой сотни наиболее точных регрессий, построенных применительно к аномалиям урожайности озимой пшеницы в графстве Woodson штата Канзас. Различия по точности, моделей, попавших в список ста лучших, составили около пяти процентов, что, по мнению авторов, говорит об очевидной предпочтительности использования метода прямого перебора при обосновании наиболее точной и статистически достоверной регрессионной модели.

Таким образом, авторами было установлено, что при проведении расчетов с использованием переборного метода отбора предикторов удалось получить регрессионные модели аномалий урожайности, характеризующиеся значениями коэффициента детерминации большими 95 % для графств западной и центральной областей штата Канзас. Для

графств восточной области штата этот показатель составил около 90 %. Такие показатели точности регрессионных аналитических моделей аномалий урожайности сельскохозяйственных культур, как известно из литературы, являются самыми высокими [20].

Также известен метод прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур по году-аналогу, идея которого заключается в том, что если посевы определенной культуры в регионе развивались в текущем сезоне также как в каком-либо прошлом сезоне, то и урожайность должна быть близка к урожайности этого года-аналога. [27].

По мнению И. Ю. Савина и др., спутниковые данные являются надежным инструментом оценки подобной схожести в развитии посевов. При этом анализ состояния посевов проводят по прямым признакам на основе анализа динамики различных индексов полученных на основе спутниковых данных отражающих состояние растительного покрова. Тем самым косвенно учитывают влияние на растения большинства факторов, предопределяющих их развитие (включая метеоусловия (в том числе и экстремальные), использование удобрений и ядохимикатов, специфика агротехники и т.п.). Неоптимальность этих факторов приводит к изменению состояния посевов, что отражается на динамике измеряемых вегетационных индексов. Одним из преимуществ данного подхода также является возможность нахождения года-аналога в отдельности для каждой возделываемой культуры.

Известно, что разные сельскохозяйственные растения по-разному реагируют на изменение условий роста [25]. Поэтому, изменение этих условий может приводить к гибели одной культуры, и слабо влиять на развитие другой, находящейся в том же регионе. Из рисунка 13 видно, что ход сезона вегетации для озимых и для яровых в пределах Краснодарского края в 2009 году сильно отличался [27].

Кроме общей оценки хода текущего вегетационного сезона, метод года-аналога позволил авторам оперативно выявлять регионы, где посеы повреждаются в результате воздействия неблагоприятных погодных или фитосанитарных условий (засуха, заморозки, условия перезимовки, саранча и т.п.). Также на рисунке 13 видно, что осредненная кривая индекса в сезоне 2010 г. (красная кривая) для Хохольского района идет близко к норме, а для Поворинского – близко к абсолютному минимуму. Связано это с разницей в доле озимых посевов, поврежденных из-за неблагоприятных условий перезимовки (около 16% в Хохольском и около 80% посевов в Поворинском районах).

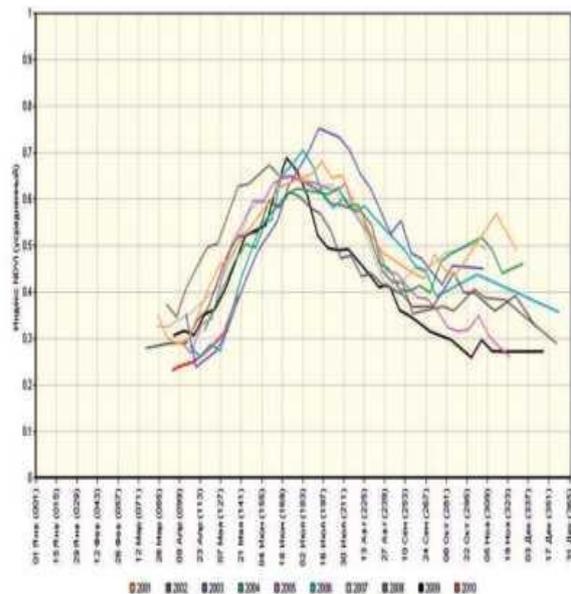
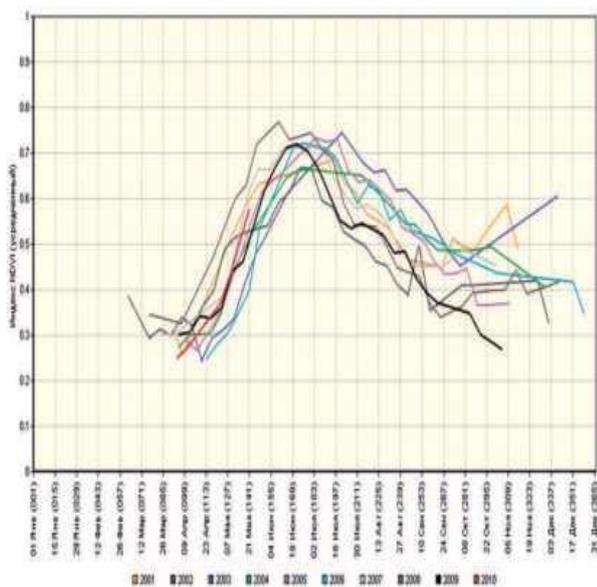


Рисунок 13 – Ход вегетационного индекса NDVI, осредненного для пахотных земель Хохольского (А) и Поворинского (Б) районов Воронежской области, за последние вегетационные сезоны [27]

По мнению авторов, используя анализ года-аналога можно получить в первом приближении оценку ожидаемого урожая культуры в конкретном регионе. Подобные оценки можно получать с начала сезона вегетации и обновлять их до окончания сезона по мере получения дополнительных спутниковых данных.

Следует отметить, что при использовании данного метода авторами рекомендуется обязательно принимать во внимание то, что на характер осредненной кривой вегетационного индекса большое влияние может оказывать сдвиг сезона вегетации из-за метеорологических условий, а также изменение от года к году площадей посевов отдельных культур. Также необходимо указать на то, что сам метод установления года-аналога может быть разным для разных регионов и для разных культур и должен определяться опытным путем с учетом специфики возделывания культуры и доли ее посевов в регионе [27].

Кроме описанных выше методик к прогнозированию урожайности авторами разрабатывается метод, основанный на моделировании ежедневного прироста биомассы растений с начала вегетационного сезона. В качестве примера ученые рассматривали предварительные результаты, полученные для посевов риса в республике Калмыкия.

Моделирование велось для полей, где присутствуют посевы риса в текущем сезоне вегетации. Подобные поля распознавались по данным МОДИС на основе подходов, изложенных ранее. В рамках данных

подходов, идентификация полей с посевами риса проводилась в начале сезона вегетации. После этого, начиналось моделирование нарастания биомассы с начала сезона вегетации на каждом конкретном поле.

В основу моделирования ежедневного прироста биомассы риса были положены подходы, разработанные Ничипоровичем (1963) [24] и Monteith (1977) [51]. Суть данных подходов заключается в том, что рост растений потенциально предопределяется приходящей радиацией. Потенциальный рост может ограничиваться температурными условиями, избытком радиации и доступностью растениям влаги. Влияние на рост растений таких факторов, как доступность питательных элементов, а также болезней и вредителей растений в данном подходе не учитывается. При этом считается, что лимитирующее влияние этих факторов может быть учтено опосредованно, через изменение площади ассимиляционного аппарата. Кроме того, при построении модели учитывалось, что при соблюдении агротехники возделывания риса влияние такого фактора, как доступность влаги, можно не учитывать. Таким образом, модель накопления биомассы рисом представляют в общем виде:

$$Bd = LUE \times faPAR \times PAR - RES \quad (13)$$

где Bd – масса растения, накопленная за день;
 LUE – эффективность использования света растением;
 $faPAR$ – фракция абсорбированной растительным покровом радиации;
 PAR – фотосинтетически активная радиация;
 RES – респирация состояния растения.

Эффективность использования растениями света оценивалась следующим образом:

$$LUE = LUE_{max} \times Ct \times Cr \quad (14)$$

где LUE – эффективность использования света растением;
 LUE_{max} – максимальная эффективность использования света растением;
 Ct – поправка на температурные условия;
 Cr – поправка на количество приходящей радиации.

Для оценки максимальной эффективности использования света растениями использовался подход, предложенный Rosema et al. [49].

При избытке приходящей радиации фотосинтез замедляется из-за насыщения энзимных цепей, и это учитывалось путем введения поправки на избыточность приходящей радиации [47].

Респирация состояния для риса рассчитывалась следующим образом:

$$RES=0,015 \times Bt \times 2^A((Td-Tmr) \div 10) \quad (15)$$

где RES – респирация состояния;

Bt – биомасса растения;

Td – средняя суточная температура воздуха;

Tmr – средняя взвешенная суточная температура воздуха за предыдущие 10 дней.

Фракция абсорбированной радиации ($faPAR$) определялась авторами по спутниковым данным MODIS по методу [48]. Значения вегетационного индекса $NDVI$ также рассчитывалось по данным этого сенсора в виде декадных (10-дневных) максимумов. Предварительная обработка, коррекция данных и расчет индексов были проведены бельгийским институтом VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek) на основе специально разработанных методов [50]. В распоряжении ученых имелись данные за 2004–2008 гг. Временные ряды декадных значений индексов не сглаживались, а пропуски были заполнены с использованием метода простой интерполяции.

В качестве источника ежедневных метеорологических данных при моделировании использовалась информация глобальной модели атмосферы, разработанной в ECMWF (Ридинг, Англия). Данные представлены в виде точек с расстоянием друг от друга в 1 градус. Авторами использовались данные ближайшей к орошаемому массиву точки.

Моделирование нарастания биомассы риса для орошаемого массива Сарпинской степи в Калмыкии было проведено для сезонов 2004–2008 гг. Предварительно для этих сезонов по спутниковым данным MODIS были построены маски полей с посевами риса. Затем для каждого поля было проведено моделирование нарастания биомассы. Пример результатов моделирования представлен на рисунке 14.

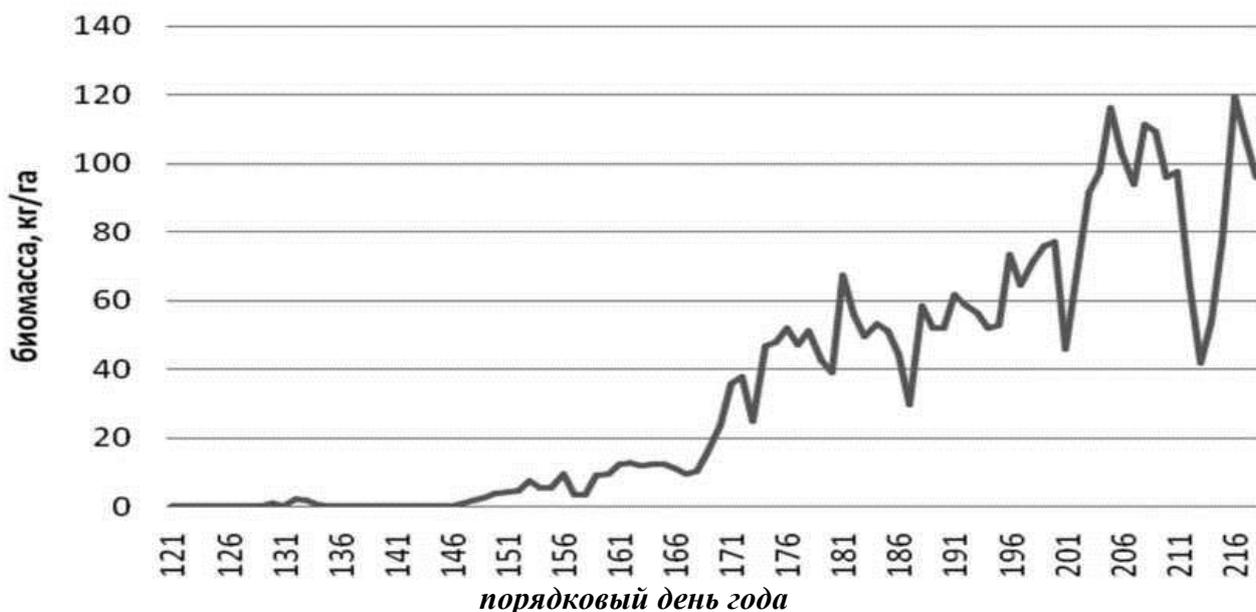


Рисунок 14 – Количество ассимилированного за день вещества для одного из полей с посевами риса [27]

Авторы отмечают, что, так как для моделирования использовались одни и те же метеорологические данные для всех полей с рисом, то ход накопления биомассы в течение сезона вегетации был похож для всех полей в течение одного сезона вегетации, но не был идентичен. При этом амплитуда накопления биомассы была различна для разных полей в зависимости от разницы в величине *faPAR*. В свою очередь эта разница обусловлена неодинаковой датой начала вегетации риса на разных полях, и как следствие этого, неодинаковыми метеорологическими условиями вегетации. Несмотря на компактное расположение полей с рисом, оказалось, что пространственное варьирование (от поля к полю) накопленной биомассы в течение одного сезона вегетации вполне сопоставимо с его межсезонным варьированием.

Рассчитывалась средневзвешенная величина накопленной биомассы для всего орошаемого массива Сарпинской степи. По мнению авторов, теоритически эта величина должна была соответствовать средней урожайности риса на уровне республики Калмыкия. Сравнение величины урожайности риса, полученной на основе моделирования для 5 вегетационных сезонов, с данными официальной статистики авторы приводят в таблице 16.

Таблица 16 – Урожайность риса в Калмыкии, полученная по данным моделирования, в сравнении с официальными статистическими данными Росстата [27]

Урожайность риса по данным, ц/га	Год				
	2004	2005	2006	2007	2008
по данным моделирования	30,6	33,3	36	32,9	36,8
по данным официальной статистики (Росстат)	20,7	25,9	30,9	28,7	32,1

Из представленной таблицы следует, что величины урожайности риса, полученные по результатам моделирования, несколько отличаются от данных официальной статистики. При этом статистические данные во всех случаях имеют более низкие значения урожайности, чем результаты моделирования. Наблюдалось полное совпадение локальных экстремумов на кривых динамики урожайности, полученных обоими методами. Все это позволяет сделать предположение о том, что величины урожайности, получаемые по результатам моделирования, достаточно хорошо воспроизводят динамику официальной статистической урожайности.

По предположениям авторов, более низкие значения официальной статистической урожайности могут быть связаны с тем, что моделирование ведется на уровне отдельных полей, и при расчетах не учитываются потери урожая при уборке и транспортировке зерна, которые заложены в официальную статистическую информацию.

Таким образом, данный подход позволяет оценивать урожайность риса с достаточно большой заблаговременностью, в середине сезона вегетации. Моделирование нарастания биомассы проводится на уровне отдельных полей. А осредненные на уровень республики величины урожайности, полученные по данным моделирования, полностью воспроизводят динамику официальной статистической урожайности риса за период 2004–2008 гг.

Преимуществом подобного подхода к прогнозированию урожайности является полная независимость получаемых результатов от статистических данных, что позволяет рассматривать разработанный подход как надежное средство независимого контроля качества статистической информации, поступающей с мест. [27]

2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ ПО РАСЧЕТУ КОМПОНЕНТ ПРОГНОЗИРУЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Задание 1. Ознакомьтесь с методикой прогнозирования урожайности озимой пшеницы (рисунок 1) на 2010–2017 гг. Освойте методические основы расчета: средней (\bar{y}) урожайности; среднеквадратического отклонения; средней скользящей урожайности; прироста (снижения) скользящей урожайности; прогнозируемой урожайности.



Рисунок 1 – Посевы озимой пшеницы

Общую величину прироста урожайности для прогнозного года определите по приросту за предшествующее четырехлетие. Так, прирост урожайности на 2010 год по данным таблицы 17 определите как сумму прироста урожайности за 2006–2009 гг., т. е. $2,3 + 3,3 = 5,6$ ц/га.

Знак среднеквадратического отклонения урожайности (случайной компоненты) определите по правилам синусоиды, с учетом тенденции фактической урожайности за годы, взятые для расчета средней (\bar{y}) урожайности – для прогнозирования на 2010 г. взята урожайность за 1998, 2002, 2006 гг. (см. расчеты).

Таблица 17 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности озимой пшеницы в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение (\pm) в последующее четырехлетие по сравнению с предыдущим периодом, ц/га
1997	34,6					
1998	30,3					
1999	37,8					
2000	40,2	1997–2000	34,6 + 30,3 + 37,8 + 40,2	142,9	35,7	–
2001	45,6	1998–2001	30,3 + 37,8 + 40,2 + 45,6	153,9	38,5	2,8
2002	48,7	1999–2002	37,8 + 40,2 + 45,6 + 48,7	172,3	43,1	4,6
2003	33,6	2000–2003	40,2 + 45,6 + 48,7 + 33,6	168,1	42,0	–1,1
2004	44,2	2001–2004	45,6 + 48,7 + 33,6 + 44,2	172,1	43,0	1,0
2005	48,2	2002–2005	48,7 + 33,6 + 44,2 + 48,2	174,7	43,7	0,7
2006	43,7	2003–2006	33,6 + 44,2 + 48,2 + 43,7	169,7	42,4	–1,3
2007	46,5	2004–2007	44,2 + 48,2 + 43,7 + 46,5	182,6	45,7	2,3
2008	57,4	2005–2008	48,2 + 43,7 + 46,5 + 57,4	195,8	49,0	3,3
2009	47,0	2006–2009	43,7 + 46,5 + 57,4 + 47,0	194,6	48,7	–0,3
2010	51,1	2007–2010	46,5 + 57,4 + 47,0 + 51,1	202,0	50,5	1,8
2011	55,9	2008–2011	57,4 + 47,0 + 51,1 + 55,9	211,4	52,9	2,4
2012	39,9	2009–2012	47,0 + 51,1 + 55,9 + 39,9	193,9	48,5	–4,4
2013	51,3	2010–2013	51,1 + 55,9 + 39,9 + 51,3	198,2	49,6	1,1
2014	55,5	2011–2014	55,9 + 39,9 + 51,3 + 55,5	202,6	50,7	1,1
2015	58,9	2012–2015	39,9 + 51,3 + 55,5 + 58,9	205,6	51,4	0,7
2016	54,7	2013–2016	51,3 + 55,5 + 58,9 + 54,7	220,4	55,1	3,7
2017	53,2 пр.					

Прирост для прогнозируемой урожайности в ц/га равен на: 2017 г. – 6,6, 2016 г. – 2,9; 2015 г. – 4,6; 2014 г. – 5,3; 2013 г. – 4,2; 2012 г. – 7,5; 2011 г. – 7,4; 2010 г. – 5,6; 2009 г. – 6,3; 2008 г. – 4,0; 2007 г. – 1,7; 2006 г. – 6,3; 2005 г. – 8,4; 2004 г. – 7,4.

Таблица 18 – Прогнозирование среднекраевой урожайности озимой пшеницы на 2010 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2006	43,7	40,9	2,8	7,84
2002	48,7	40,9	7,8	60,84
1998	30,3	40,9	-10,6	112,36
Итого и в среднем	122,7	40,9	0	181,04

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения: $181,04 \div 2 = 90,52$.

Среднеквадратическое отклонение равно: $\sqrt{90,52} = (\pm 9,51)$; для прогнозируемой урожайности берем 4,75 ц (то есть половинное значение среднеквадратического отклонения вследствие существенной колеблемости фактической урожайности в годы, взятые для прогноза: отклонение от средней в 1998 г. и 2002 г. равно 25,9 % и 19,1 % ($-10,6 \div 40,9 \times 100$ %; $7,8 \div 40,9 \times 100$ %)).

Прирост урожайности на 2010 год равен 5,6 ц/га (см. таблицу 17).

Прогнозируемая урожайность на 2010 г. равна согласно формуле 3: $40,9 + 5,6 + 4,8 = 51,3$ ц/га.

Фактическая урожайность в 2010 г. равна 51,1 ц/га, отклонение от прогнозируемой урожайности равно – 0,2 ц/га или 0,4 % ($-0,2 \div 51,3 \times 100$ %).

Таблица 19 – Прогнозирование урожайности на 2011 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2007	46,5	39,3	7,2	51,84
2003	33,6	39,3	-5,7	32,49
1999	37,8	39,3	-1,5	2,25
Итого и в среднем	117,9	39,3	0	86,58

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $86,58 \div 2 = 43,29$

Среднеквадратическое отклонение равно: $\sqrt{43,29} = (\pm 6,6)$

Прирост урожайности на 2011 г. равен 7,4 ц/га.

Прогнозируемая урожайность на 2011 год равна:
 $39,3 + 7,4 + 6,6 = 53,3$ ц/га.

Отклонение фактической урожайности от прогнозируемой на 2011 г. равно 2,6 ц/га или 4,9 %.

Таблица 20 – Прогнозирование урожайности на 2012 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2008	57,4	47,3	10,1	102,01
2004	44,2	47,3	-3,1	9,61
2000	40,2	47,3	-7,1	50,41
Итого и в среднем	141,8	47,3	0	162,03

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $162,03 \div 2 = 81,02$; среднеквадратическое отклонение равно:
 $\sqrt{81,02} = (\pm 9,0)$; для прогнозируемой урожайности берем 4,5 ц/га.

Прирост урожайности на 2012 г. равен 7,5 ц/га; прогнозируемая урожайность на 2012 г.: $47,3 + 7,5 - 4,5 = 50,3$ ц/га

Если же не уменьшать среднеквадратическое отклонение, учитывая максимальную урожайность в предшествующем 2011 г., после которого почва истощилась (потеряла питательные элементы), то прогнозируемая урожайность примет значение: $47,3 + 7,5 - 9,0 = 45,8$ ц/га. Отклонение фактической урожайности от прогнозируемой равно (-5,9) ц/га или 12,9 %.

Таблица 21 – Прогнозирование урожайности на 2013 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2009	47,0	46,9	0,1	0,01
2005	48,2	46,9	1,3	1,69
2001	45,6	46,9	-1,3	1,69
Итого и в среднем	140,8	46,9	0	3,39

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $3,39 \div 2 = 1,695$; среднеквадратическое отклонение равно
 $\sqrt{1,695} = (\pm 1,3)$.

Прирост урожайности на 2013 г. равен 4,2 ц/га. Прогнозируемая урожайность на 2013 г. равна: $46,9 + 4,2 + 1,3 = 52,4$ ц/га.

Отклонение фактической урожайности от прогнозируемой равно минус 1,1 ц/га или 2,1 %.

Таблица 22 – Прогнозирование урожайности на 2014 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2010	51,1	47,8	3,3	10,89
2006	43,7	47,8	-4,1	16,81
2002	48,7	47,8	0,9	0,81
Итого и в среднем	143,5	47,8	0	28,51

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $28,51 \div 2 = 14,255$; среднеквадратическое отклонение равно:
 $\sqrt{14,255} = (\pm 3,8)$.

Прирост урожайности на 2014 г. равен 5,3 ц/га. Прогнозируемая урожайность на 2014 г. равна: $47,8 + 5,3 + 3,8 = 56,9$ ц/га.

Отклонение фактической урожайности от прогнозируемой равно минус 1,4 ц/га или 2,5 %.

Таблица 23 – Прогнозирование урожайности на 2015 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2011	55,9	45,3	10,6	112,36
2007	46,5	45,3	1,2	1,44
2003	33,6	45,3	-11,7	136,89
Итого и в среднем	136,0	45,3	0	250,69

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $250,69 \div 2 = 125,345$.

Среднеквадратическое отклонение равно: $\sqrt{125,345} = (\pm 11,2)$.

Прирост урожайности на 2015 г. равен 4,6 ц/га.

Прогнозируемая урожайность на 2015 г. равна:
 $45,3 + 4,6 + 5,6 = 55,5$ ц/га.

Отклонение фактической урожайности от прогнозируемой равно
 $3,4$ ц/га или $6,1$ %.

Таблица 24 – Прогнозирование урожайности на 2016 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2012	39,9	47,2	-7,3	53,29
2008	57,4	47,2	10,2	104,04
2004	44,2	47,2	-3,0	9,0
Итого и в среднем	141,5	47,2	0	166,33

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $166,33 \div 2 = 83,165$

Среднеквадратическое отклонение равно: $\sqrt{83,165} = (\pm 9,1)$.

Прирост урожайности на 2016 г. равен $2,9$ ц/га.

Прогнозируемая урожайность на 2016 год равна:
 $47,2 + 2,9 + 4,6 = 54,7$ ц/га.

Таблица 25 – Прогнозирование урожайности на 2017 г.

Год	Фактическая, ц/га	Средняя, ц/га	Отклонение от средней, ц/га	Квадрат отклонения
2013	51,3	48,8	2,5	6,25
2009	47,0	48,8	-1,8	3,24
2005	48,2	48,8	-0,6	0,36
Итого и в среднем	146,5	48,8	0	9,85

Подкоренное выражение среднеквадратического отклонения:
 $9,85 \div 2 = 4,925$.

Среднеквадратическое отклонение равно: $\sqrt{4,925} = (\pm 2,2)$.

Прирост урожайности на 2017 г. равен $6,6$ ц/га.

Прогнозируемая урожайность на 2017 г. равна:
 $48,8 + 6,6 - 2,2 = 53,2$ ц/га.

Задание 2. По данным таблицы 26 выполните расчеты: суммы урожая с 1 га площади озимого ячменя (рисунок 2); средней урожайности за четыре года; отклонения урожайности в последующем четырехлетии от ее величины в предыдущем четырехлетнем периоде. Подсчитайте величину прироста урожайности за 4 года для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг.



Рисунок 2 – Посевы озимого ячменя

Задание 3. По данным таблицы 26 выполните расчеты: средней (\bar{Y}) урожайности и среднеквадратического отклонения урожайности озимого ячменя. Подсчитайте прогнозируемую урожайность озимого ячменя на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по урожайности озимой пшеницы.

Таблица 26 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности озимого ячменя в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая средняя урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	35,4					
1998	33,0					
1999	41,7					
2000	43,6	1997–2000	35,4 + 33,0 + 41,7 + 43,6			
2001	44,5	1998–2001	33,0 + 41,7 + 43,6 + 44,5			
2002	47,6	1999–2002	41,7 + 43,6 + 44,5 + 47,6			
2003	35,2	2000–2003	43,6 + 44,5 + 47,6 + 35,2			
2004	46,5	2001–2004	44,5 + 47,6 + 35,2 + 46,5			
2005	42,0	2002–2005	47,6 + 35,2 + 46,5 + 42,0			
2006	44,9	2003–2006	35,2 + 46,5 + 42,0 + 44,9			
2007	49,2	2004–2007	46,5 + 42,0 + 44,9 + 49,2			
2008	53,5	2005–2008	42,0 + 44,9 + 49,2 + 53,5			
2009	49,1	2006–2009	44,9 + 49,2 + 53,5 + 49,1			
2010	51,7	2007–2010	49,2 + 53,5 + 49,1 + 51,7			
2011	55,4	2008–2011	53,5 + 49,1 + 51,7 + 55,4			
2012	38,0	2009–2012	49,1 + 51,7 + 55,4 + 38,0			
2013	55,4	2010–2013	51,7 + 55,4 + 38,0 + 55,4			
2014	51,7	2011–2014	55,4 + 38,0 + 55,4 + 51,7			
2015	61,8	2012–2015	38,0 + 55,4 + 51,7 + 61,8			

Задание 4. По данным таблицы 27 выполните расчеты: суммы урожая с 1 га площади ярового ячменя (рисунок 3), средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем четырехлетии от ее величины в предыдущем четырехлетнем периоде. Подсчитайте величину прироста урожайности ярового ячменя за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг. Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.



Рисунок 3 – Посевы ярового ячменя

Задание 5. По данным таблицы 27 выполните расчеты: средней (\bar{y}) урожайности и среднеквадратического отклонения урожайности ярового ячменя. Подсчитайте прогнозируемую урожайность ярового ячменя на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по урожайности озимой пшеницы.

Таблица 27 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности ярового ячменя в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая среднекраевая урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	15,2					
1998	20,0					
1999	25,7					
2000	24,8	1997–2000	15,2 + 20,0 + 25,7 + 24,8			
2001	30,4	1998–2001	20,0 + 25,7 + 24,8 + 30,4			
2002	25,5	1999–2002	25,7 + 24,8 + 30,4 + 25,5			
2003	14,6	2000–2003	24,8 + 30,4 + 25,5 + 14,6			
2004	23,4	2001–2004	30,4 + 25,5 + 14,6 + 23,4			
2005	24,2	2002–2005	25,5 + 14,6 + 23,4 + 24,2			
2006	28,0	2003–2006	14,6 + 23,4 + 24,2 + 28,0			
2007	21,5	2004–2007	23,4 + 24,2 + 28,0 + 21,5			
2008	40,1	2005–2008	24,2 + 28,0 + 21,5 + 40,1			
2009	30,2	2006–2009	28,0 + 21,5 + 40,1 + 30,2			
2010	28,9	2007–2010	21,5 + 40,1 + 30,2 + 28,9			
2011	36,6	2008–2011	40,1 + 30,2 + 28,9 + 36,6			
2012	28,1	2009–2012	30,2 + 28,9 + 36,6 + 28,1			
2013	33,7	2010–2013	28,9 + 36,6 + 28,1 + 33,7			
2014	34,6	2011–2014	36,6 + 28,1 + 33,7 + 34,6			
2015	35,9	2012–2015	28,1 + 33,7 + 34,6 + 35,9			

Задание 6. По данным таблицы 28 выполните расчеты: суммы урожая с 1 га площади; средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем четырехлетии от ее величины в предыдущем четырехлетнем периоде. Подсчитайте величину прироста урожайности кукурузы на зерно (рисунок 4) за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг. Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.



Рисунок 4 – Початки кукурузы на зерно

Задание 7. По данным таблицы 28 выполните расчеты: средней (\bar{y}) урожайности и среднеквадратического отклонения урожайности кукурузы на зерно. Подсчитайте прогнозируемую урожайность кукурузы на зерно на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по урожайности озимой пшеницы.

Таблица 28 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности кукурузы на зерно в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая среднекраевая урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	35,2					
1998	13,3					
1999	20,1					
2000	24,5	1997–2000	35,2 + 13,3 + 20,1 + 24,5			
2001	12,9	1998–2001	13,3 + 20,1 + 24,5 + 12,9			

Продолжение таблицы 28

2002	31,3	1999–2002	20,1 + 24,5 + 12,9 + 31,3			
2003	27,1	2000–2003	24,5 + 12,9 + 31,3 + 27,1			
2004	48,1	2001–2004	12,9 + 31,3 + 27,1 + 48,1			
2005	44,1	2002–2005	31,3 + 27,1 + 48,1 + 44,1			
2006	43,3	2003–2006	27,1 + 48,1 + 44,1 + 43,3			
2007	23,8	2004–2007	48,1 + 44,1 + 43,3 + 23,8			
2008	52,8	2005–2008	44,1 + 43,3 + 23,8 + 52,8			
2009	38,0	2006–2009	43,3 + 23,8 + 52,8 + 38,0			
2010	36,4	2007–2010	23,8 + 52,8 + 38,0 + 36,4			
2011	51,1	2008–2011	52,8 + 38,0 + 36,4 + 51,1			
2012	43,8	2009–2012	38,0 + 36,4 + 51,1 + 43,8			
2013	59,1	2010–2013	36,4 + 51,1 + 43,8 + 59,1			
2014	56,7	2011–2014	51,1 + 43,8 + 59,1 + 56,7			
2015	56,5	2012–2015	43,8 + 59,1 + 56,7 + 56,5			

Задание 8. По данным таблицы 29 выполните расчеты: суммы урожая риса с 1 га площади; средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем четырехлетии от ее величины в предыдущем периоде. Подсчитайте величину прироста урожайности риса (рисунок 5) за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг. Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.



Рисунок 5 – Метелки риса

Задание 9. По данным таблицы 29 выполните расчеты: средней (\bar{y}) урожайности риса и среднеквадратического отклонения урожайности. Подсчитайте прогнозируемую урожайность риса на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по озимой пшенице.

Таблица 29 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности риса в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая среднеевропейская урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	23,5					
1998	34,3					
1999	29,7					
2000	41,8	1997–2000	23,5 + 34,3 + 29,7 + 41,8			
2001	39,6	1998–2001	34,3 + 29,7 + 41,8 + 39,6			
2002	39,6	1999–2002	29,7 + 41,8 + 39,6 + 39,6			
2003	32,9	2000–2003	41,8 + 39,6 + 39,6 + 32,9			
2004	39,7	2001–2004	39,6 + 39,6 + 32,9 + 39,7			
2005	44,4	2002–2005	39,6 + 32,9 + 39,7 + 44,4			
2006	46,9	2003–2006	32,9 + 39,7 + 44,4 + 46,9			
2007	48,4	2004–2007	39,7 + 44,4 + 46,9 + 48,4			
2008	50,4	2005–2008	44,4 + 46,9 + 48,4 + 50,4			
2009	60,1	2006–2009	46,9 + 48,4 + 50,4 + 60,1			
2010	61,8	2007–2010	48,4 + 50,4 + 60,1 + 61,8			
2011	61,1	2008–2011	50,4 + 60,1 + 61,8 + 61,1			
2012	63,5	2009–2012	60,1 + 61,8 + 61,1 + 63,5			
2013	57,6	2010–2013	61,8 + 61,1 + 63,5 + 57,6			
2014	62,7	2011–2014	61,1 + 63,5 + 57,6 + 62,7			
2015	62,7	2012–2015	63,5 + 57,6 + 62,7 + 62,7			

Задание 10. По данным таблицы 30 выполните расчеты: суммы урожая зернобобовых с 1 га площади; средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем четырехлетии от ее величины в предыдущем периоде. Подсчитайте величину прироста урожайности зернобобовых за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг. Основные виды бобовых культур изображены на рисунках 6–7.

Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.



Рисунок 6 – Соя (а), горох (б)



а



б

Рисунок 7 – Люцерна (а), эспарцет (б)

Задание 11. По данным таблицы 30 выполните расчеты: средней (\bar{Y}) урожайности зернобобовых и среднеквадратического отклонения урожайности. Подсчитайте прогнозируемую урожайность зернобобовых культур на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по озимой пшенице.

Таблица 30 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности зернобобовых культур в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая средняя урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	8,6					
1998	16,4					
1999	17,1					
2000	19,0	1997–2000	8,6 + 16,4 + 17,1 + 19,0			
2001	24,1	1998–2001	16,4 + 17,1 + 19,0 + 24,1			
2002	19,9	1999–2002	17,1 + 19,0 + 24,1 + 19,9			
2003	8,8	2000–2003	19,0 + 24,1 + 19,9 + 8,8			
2004	23,3	2001–2004	24,1 + 19,9 + 8,8 + 23,3			
2005	19,7	2002–2005	19,9 + 8,8 + 23,3 + 19,7			
2006	23,3	2003–2006	8,8 + 23,3 + 19,7 + 23,3			
2007	14,8	2004–2007	23,3 + 19,7 + 23,3 + 14,8			
2008	33,8	2005–2008	19,7 + 23,3 + 14,8 + 33,8			
2009	23,6	2006–2009	23,3 + 14,8 + 33,8 + 23,6			
2010	23,9	2007–2010	14,8 + 33,8 + 23,6 + 23,9			
2011	28,6	2008–2011	33,8 + 23,6 + 23,9 + 28,6			
2012	42,3	2009–2012	23,6 + 23,9 + 28,6 + 42,3			
2013	21,1	2010–2013	23,9 + 28,6 + 42,3 + 21,1			
2014	24,3	2011–2014	28,6 + 42,3 + 21,1 + 24,3			
2015	28,1	2012–2015	42,3 + 21,1 + 24,3 + 28,1			

Задание 12. По данным таблицы 31 выполните расчеты: суммы урожая подсолнечника с 1 га площади; средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем периоде от ее величины в предыдущем четырехлетии. Подсчитайте величину прироста урожайности подсолнечника (рисунок 8) за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг.

Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.

Задание 13. По данным таблицы 31 выполните расчеты: средней (\bar{y}) урожайности подсолнечника и среднеквадратического отклонения урожайности. Подсчитайте прогнозируемую урожайность подсолнечника на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по озимой пшенице.



Рисунок 8 – Посевы подсолнечника

Таблица 31 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности подсолнечника в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая средняя урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	9,1					
1998	13,9					
1999	13,0					
2000	16,9	1997–2000	9,1 + 13,9 + 13,0 + 16,9			
2001	14,5	1998–2001	13,9 + 13,0 + 16,9 + 14,5			
2002	18,5	1999–2002	13,0 + 16,9 + 14,5 + 18,5			
2003	15,0	2000–2003	16,9 + 14,5 + 18,5 + 15,0			
2004	18,2	2001–2004	14,5 + 18,5 + 15,0 + 18,2			
2005	20,9	2002–2005	18,5 + 15,0 + 18,2 + 20,9			
2006	22,5	2003–2006	15,0 + 18,2 + 20,9 + 22,5			
2007	20,7	2004–2007	18,2 + 20,9 + 22,5 + 20,7			
2008	25,3	2005–2008	20,9 + 22,5 + 20,7 + 25,3			
2009	22,4	2006–2009	22,5 + 20,7 + 25,3 + 22,4			
2010	22,2	2007–2010	20,7 + 25,3 + 22,4 + 22,2			
2011	24,5	2008–2011	25,3 + 22,4 + 22,2 + 24,5			
2012	24,2	2009–2012	22,4 + 22,2 + 24,5 + 24,2			
2013	27,0	2010–2013	22,2 + 24,5 + 24,2 + 27,0			
2014	25,2	2011–2014	24,5 + 24,2 + 27,0 + 25,2			
2015	25,1	2012–2015	24,2 + 27,0 + 25,2 + 25,1			

Задание 14. По данным таблицы 32 выполните расчеты: суммы урожая сахарной свеклы с 1 га площади; средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем периоде от ее величины в предыдущем четырехлетии. Подсчитайте величину прироста урожайности сахарной свеклы (рисунок 9) за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг.

Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.



Рисунок 9 – Поле сахарной свеклы

Задание 15. По данным таблицы 32 выполните расчеты: средней (\bar{y}) урожайности сахарной свеклы и среднеквадратического отклонения урожайности. Подсчитайте прогнозируемую урожайность сахарной свеклы на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по озимой пшенице.

Таблица 32 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности сахарной свеклы в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая средняя урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997	237,0					
1998	143,0					
1999	180,0					
2000	227,0	1997–2000	237 + 143 + 180 + 227			
2001	240,0	1998–2001	143 + 180 + 227 + 240			
2002	298,0	1999–2002	180 + 227 + 240 + 298			
2003	218,0	2000–2003	227 + 240 + 298 + 218			
2004	396,0	2001–2004	240 + 298 + 218 + 396			
2005	328,0	2002–2005	298 + 218 + 396 + 328			
2006	369,0	2003–2006	218 + 396 + 328 + 369			
2007	268,0	2004–2007	396 + 328 + 369 + 268			
2008	448,0	2005–2008	328 + 369 + 268 + 448			
2009	394,0	2006–2009	369 + 268 + 448 + 394			
2010	369,0	2007–2010	268 + 448 + 394 + 369			
2011	448,0	2008–2011	448 + 394 + 369 + 448			
2012	432,0	2009–2012	394 + 369 + 448 + 432			
2013	524,0	2010–2013	369 + 448 + 432 + 524			
2014	492,0	2011–2014	448 + 432 + 524 + 492			
2015	467,0	2012–2015	432 + 524 + 492 + 467			

Задание 16. По данным таблицы 33 выполните расчеты: суммы урожая плодов и ягод с 1 га площади; средней урожайности за 4 г.; отклонения урожайности в последующем периоде от ее величины в предыдущем четырехлетии. Подсчитайте величину прироста урожайности плодово-ягодных культур (рисунки 10–11) за 4 г. для прогнозного года: 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 и 2016 гг. Используйте методику расчета указанных величин, представленную в таблице 1.

Задание 17. По данным таблицы 33 выполните расчеты: средней (\bar{y}) урожайности плодово-ягодных культур и среднеквадратического отклонения урожайности. Подсчитайте прогнозируемую урожайность

плодово-ягодных культур на 2010–2016 гг. аналогично заданию 1 – прогнозным расчетам по озимой пшенице.



Рисунок 10 – Яблоневый сад



а



б

Рисунок 11 – Черешневый (а) и персиковый (б) сады

Таблица 33 – Расчет среднескользящей урожайности и прироста (снижения) урожайности плодово-ягодных культур в четырехлетнем периоде

Год	Фактическая среднекраевая урожайность, ц/га	Годы	Фактическая урожайность за четырехлетие, ц/га	Сумма урожая с 1 га площади, ц	Средняя урожайность за 4 года, ц/га	Изменение в последующем четырехлетии в сравнении с предыдущим периодом, ц/га
1997						
1998	25,7					
1999	27,2					
2000	49,9	1997–2000	58,9+25,7+27,2+49,9			
2001	40,8	1998–2001	25,7+27,2+49,9+40,8			
2002	36,8	1999–2002	36,8+27,2+49,9+40,8			
2003	86,6	2000–2003	49,9+40,8+36,8+86,6			
2004	58,1	2001–2004	40,8+36,8+86,6+58,1			
2005	77,5	2002–2005	36,8+86,6+58,1+77,5			
2006	63,3	2003–2006	86,6+58,1+77,5+63,3			
2007	72,7	2004–2007	58,1+77,5+63,3+72,7			
2008	89,7	2005–2008	77,5+63,3+72,7+89,7			
2009	93,8	2006–2009	63,3+72,7+89,7+93,8			
2010	73,7	2007–2010	72,7+89,7+93,8+73,7			
2011	96,0	2008–2011	89,7+93,8+73,7+96,0			
2012	109,2	2009–2012	93,8+73,7+96,0+109,2			
2013	141,4	2010–2013	73,7+96,0+109,2+141,4			
2014	120,3	2011–2014	96,0+109,2+141,4+120,3			
2015	127,0	2012–2015	109,2+141,4+120,3+127,0			

3 Экономическая оценка корректировки структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности

Одним из высокоэффективных, малозатратных резервов увеличения производства зерна является совершенствование структуры посевных площадей зерновых культур, сортовой структуры посевов на основе прогнозов урожайности, позволяющих приспособляться к погодным условиям. Однако этот резерв практически не используется из-за невладения методикой прогнозирования урожайности зерновых культур специалистами агрономической службы, экономистами сельскохозяйственных организаций. Кроме того, существует риск недобора урожая при использовании моделей, не обеспечивающих высокий уровень точности и качества прогнозов урожайности.

Задание 18. Дайте экономическую оценку корректировки фактической структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности на 2014 г. и 2015 г. Используйте данные таблицы 33 в качестве основы корректировки площади.

Таблица 34 – Посевная площадь, урожайность и валовой сбор зерновых культур в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края

Зерновая культура, показатель	2014 г. фактически			Прогнозируемые параметры			Эффект корректировки фактической площади посевов, ц
	Площадь посева, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Площадь посева, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	
Зерновые и зернобобовые, всего							
В том числе:							
пшеница озимая	989,3	55,5	5489				
ячмень озимый	116,6	51,7	602				
ячмень яровой	19,6	34,6	68				
кукуруза на зерно	348,5	56,7	1979				
зернобобовые	19,6	24,3	48				

Продолжение таблицы 34

2015 г.							
Зерновые и зерно- бобовые, всего							
В том числе:							
пшеница озимая	1026,4	58,9	6044				
ячмень озимый	99,3	61,8	613				
ячмень яровой	13,2	35,9	47				
кукуруза на зерно	326,5	56,5	1845				
зернобобовые	22,1	28,1	62				

Прокомментируйте результаты экономической оценки корректировки площади посева зерновых культур.

Вопросы к зачету

1. Дайте определение понятия «прогноз».
2. Назовите методы прогнозирования урожайности.
3. Как классифицируют методы по длине прогнозного периода.
4. Какова роль прогнозов в планировании производства.
5. Назовите основные недостатки традиционных методов прогнозирования урожайности в сельскохозяйственном производстве РФ.
6. Раскройте методические основы экстраполяции в прогнозировании урожайности.
7. Раскройте методические основы моделирования урожайности.
8. В чем сущность метода экспертных оценок в прогнозировании урожайности.
9. Раскройте методические основы аналогий в прогнозировании урожайности.
10. Раскройте методические основы нормативного подхода в прогнозировании урожайности.
11. Раскройте сущность пофакторного метода прогнозирования урожайности.
12. Назовите недостатки метода прогнозирования урожайности по ее приросту от применения минеральных удобрений.
13. Раскройте методические основы прогнозирования урожайности по экстраполяции с учетом периодичности в динамике урожаев.
14. Раскройте метод определения скользящей средней урожайности.
15. Раскройте метод определения базовой составляющей прогнозируемой урожайности по модели (3), представленной в работе.
16. Раскройте метод определения прироста урожайности по модели (3), представленной в работе.
17. Раскройте методические основы определения абсолютного значения среднеквадратического отклонения – случайной компоненты прогнозируемой урожайности по модели (3), представленной в работе.
18. Раскройте методические основы определения знака случайной компоненты прогнозируемой урожайности по модели (3).
19. В чем несовершенство доверительного интервала в прогнозировании урожайности.
20. Назовите критерии оценки прогноза.
21. Что понимают под «качеством» прогноза.
22. Раскройте понятие «точность» прогноза.

23. Раскройте понятие «надежность» прогноза.

24. Раскройте роль прогнозируемой урожайности в корректировке плановой структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур.

25. Назовите стандарты точности прогноза урожайности, разработанные учеными Венгрии.

26. Назовите приемлемую относительную величину отклонения фактической урожайности озимых зерновых культур от прогнозируемой при планировании структуры посевных площадей.

27. Назовите приемлемую относительную величину отклонения фактической урожайности яровых зерновых культур от прогнозируемой при планировании структуры посевных площадей.

28. Назовите методические основы прогнозирования урожайности способом «Зонт».

29. Назовите принципы обоснования рациональной структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности.

30. Раскройте методические основы определения эффекта корректировки плановой структуры посевных площадей зерновых культур.

Список литературы

1. Анчишкин, А. Методологические вопросы народнохозяйственного прогнозирования / А. Анчишкин, Э. Ершов. Вопросы экономики. – 1967. – № 5. – С. 52–64.
2. Балтин, Б. Б. Анализ и планирование урожайности зерновых культур в Северном Казахстане / Б. Б. Балтин // Тр. Целиноград. СХИ. – 1975. – Т. 12, Вып. 6 – С. 62 – 66.
3. Байдал, М. Х. Урожайность зерновых культур в 11–летнем солнечном цикле (на примере Казахстана) / М. Х. Байдал // Совершенствование методов прогнозов урожая зерновых культур : тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания. – М., 1977. – С. 67–68.
4. Бессонов, Е. А. Планирование урожайности в колхозах / Е. А. Бессонов // Экономические отношения колхозов и совхозов с государством и осуществление хозрасчета в сельском хозяйстве. – М., 1966.
5. Бестужев-Лада, И. В. Прогнозирование / И. В. Бестужев-Лада. – 3-е изд. – 1975. – Т. 21. – С. 18–20.
6. Бондаренко, В. П. О проявлении 11-летнего цикла солнечной активности в колебаниях урожайности сельскохозяйственных культур / В. П. Бондаренко // Математические методы прогнозирования сельскохозяйственного производства : материалы науч. конф. Вып. I. – Киев, 1970. – С. 15–19.
7. Бугера, Б. И. О разработке нормативной базы для АСУ – сельхоз / Б. И. Бугера // Автоматизированная система управления в сельском хозяйстве : тез. докл. Всесоюзн. научн.-техн. совещания. Секция III. – М., 1974. – С. 35–40.
8. Бугера, Б. И. Прогнозирование плановых показателей производства / Б. И. Бугера, А. Г. Прудников // Экономика сельского хозяйства. 1975. – № 10. – С. 67–72.
9. Власова, Л. С. Прикладной потенциал прогнозов урожая : монография / Л. С. Власова ; под общ. ред. проф. И. Б. Загайтова. – Воронеж : ВГАУ, 2000. – 138 с.
10. Загайтов, И. Б. Прогноз колебаний природных условий сельскохозяйственного производства и всемирная статистика урожаев // И. Б. Загайтов, Л. С. Воробьева. – Воронеж : ВГАУ, 1998. – 215 с.
11. Давидович, М. К вопросу о формах и причинах периодических колебаний урожаев в России / М. Давидович // Проблемы урожая : тр. НИИ с.-х. экономики. – М., 1926. – С. 233–308.

12. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в РСФСР / А. И. Манелля [и др.]. – М. : Статистика, 1972. – 192 с.
13. Дьяконов, В. MATHCAD 8/2000: специальный справочник / В. Дьяконов. – СПб : Питер, 2001. – 592 с.
14. Иващенко, П. С. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур / П. С. Иващенко // Специализация и интенсификация сельскохозяйственного производства Волгоградской области : науч. тр. Волгоградского СХИ. – 1974. – Т. XIX. – С. 67–70.
15. Котляров, В. С. Больше внимания зернофуражным культурам / В. С. Котляров, А. Г. Прудников // Земледелие. – 1981. – № 8. – С. 26–28.
16. Круподер, Г. А. Применение метода скользящего тренда для анализа и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / Г. А. Круподер // Науч. тр. ВНИИ кибернетики. – 1973. – Вып. XII. – С. 135–144.
17. Круподер, Г. А. Анализ динамики урожайности / Г. А. Круподер, Н. Л. Саранская // Автоматизированная система управления в сельском хозяйстве : тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещания. Секция I. – М., 1974. – С. 106–110.
18. Крянев, А. В. Математические методы обработки неопределенных данных / А. В. Крянев, Г. В. Лукин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 210 с.
19. Маркс, К. Николаю Францевичу Даниельсону / К. Маркс, Ф. Энгельс // Соч. – 2-е изд. – Т. 35. – С. 126–130.
20. Менжулин, Г. В., Петерсон Н. В., Шамшурина Н. В. Методика построения статистических моделей аномалий урожайности, базирующаяся на данных спутникового зондирования / Г. В. Менжулин, Н. В. Петерсон, Н. В. Шамшурина // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2008. – Вып. 4. – С. 86.
21. Метод. указания по выполнению заданий курса «прогнозирование и планирование в АПК» : А. Г. Прудников, Н. И. Дворядкин, З. И. Савченко, Л. В. Бондаренко. – Краснодар : КубГАУ, 1995. – 36 с.
22. Научные основы экономического прогноза. – М. : Мысль, 1971. – 424 с.
23. Низомов, С. С. Применение методов корреляционно-регрессионного и кластерного анализа при прогнозировании урожайности зерновых культур / С. С. Низомов // Всерос. научн.-практич. конф. «Новые тенденции в образовании и науке: опыт междисциплинарных исследований». – 2014. – № 2. – С. 768.

24. Ничипорович, А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А. А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М. : изд-во АН СССР, 1963. – С. 5–36.

25. Петрик, Г. Ф. Продуктивность гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции при возделывании на силос и зерно в условиях Западного Предкавказья : дис. канд. с.-х. наук. / Г. Ф. Петрик. – Краснодар, 2004. – 212 с.

26. Прогнозирование устойчивого производства зерна методом сингулярно-спектрального анализа / А. Г. Буховец [и др.]. // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1. С. 138.

27. Прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур на основе спутниковых данных: возможности и перспективы / И. Ю. Савин [и др.]. // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. – 2010. – № 3. – С. 275–285.

28. Прудников, А. Г. О совершенствовании структуры посевных площадей на основе прогнозов урожайности / А. Г. Прудников // Сел. зори. – 1979. – № 10 – С. 12.

29. Прудников, А. Г. Прогноз и планирование урожая : монография / А. Г. Прудников. – Краснодар : Кн. изд-во, 1986. – 95 с.

30. Прудников, А. Г. Краткосрочный прогноз производства зерна : монография / А. Г. Прудников. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 120 с.

31. Прудников, А. Г. Методология прогноза производства зерна : дис. д-ра экон. наук / А. Г. Прудников. – Краснодар, 1987. – 355 с.

32. Прудников, А. Г. Метод прогноза урожайности озимых / А. Г. Прудников // Зерновое хозяйство. – 1979. – № 4. – С. 22–23.

33. Прудников, А. Г. Анализ и прогнозирование производства растениеводческой продукции в сельскохозяйственном предприятии / А. Г. Прудников. – Краснодар : КубГАУ, 1995. – 22 с.

34. Прудников, А. Г. Прогнозирование сортовой структуры озимой пшеницы / А. Г. Прудников, З. И. Савченко / Научн. тр. Вып. 345/373. – Краснодар : КубГАУ, 1995. – С. 35–42.

35. Прудников, А. Г. Прогнозирование и планирование в условиях рынка : учеб. пособие / А. Г. Прудников, А. И. Трубилин. – Краснодар : КубГАУ, 1999. – 132 с.

36. Прудников, А. Г. Эффективность системы земледелия / А. Г. Прудников, А. К. Лоза, В. А. Маркосян / Зерновое хозяйство. – 1985. – № 2. – С. 11.

37. Прудников, А. Г. Размещение производства зерна / А. Г. Прудников // Экономика сельского хозяйства. – 1980. – № 10. – С. 37–40.
38. Прудников, А. Г. Оптимизация структуры посевов / А. Г. Прудников // Зерновое хозяйство. – 1984. – № 6. – С. 29–30.
39. Прудников, А. Г. Прогнозирование урожайности в плодоводстве / А. Г. Прудников, Д. М. Горлов / Экономика сельского хозяйства России, 2012, № 3 – С. 44– 52.
40. Салаи, Д. Разработка и результаты методов прогнозирования зерновых колосовых / Д. Салаи // Материалы Междунар. симпозиума по теме прогноза ожидаемого урожая. – Комполт, 1975. – 44 с.
41. Семенов, М. И. Вопросы прогнозирования урожайности / М. И. Семенов, В. П. Нейбауэр // Зерновое хозяйство, 1975. – № 10. – С. 10–12.
42. Тарасова, Е. С. Использование автокорреляционной функции в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур / Е. С. Тарасова, А. А. Тарасов // Науч. тр. ВНИИ кибернетики. – 1973. – Вып. 12. – С. 159–176.
43. Трубилин, А. И. Экономическая оценка технологических факторов повышения эффективности и конкурентоспособности производства зерна: монография / А. И. Трубилин. – Краснодар : КубГАУ. – 2004. – 103 с.
44. Узун, В. Я. Прогнозирование урожайности : монография / В. Я. Узун. – Кишинев : Штиинца, 1975. – 66 с.
45. Четыркин, Е. М. Статистические методы прогнозирования : монография / Е. М. Четыркин. – М. : Статистика, 1975. – 184 с.
46. Яблоновская, С. И. Технология «ЗОНТ» в долговременных прогнозах урожая зерновых культур для стран Северного полушария : монография / С. И. Яблоновская ; под общ. ред. проф. И. Б. Загайтова. – Воронеж : ВГАУ, 2004. – 240 с.
47. Choudhury V.J. Modeling radiation and carbon-use efficiencies of maize, sorghum, and rice. - Agricultural and Forest Meteorology. V.106. 2001. – p.317–330.
48. Gobron N., Pinty B., Taberner M., Melin F., Verstraete M. M. and Widlowski J.-L. (2006) MONITORING THE PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY VEGETATION FROM REMOTE SENSING DATA. - Advances in Space Research, 38, 2196 – 2202.
49. Rosema, A., Verhees, L., van Putten, E., Gielen, H., Lack, T., Wood, J., Lane, A., Fannon, J., Estrela, T., Dimas, M., de Bruin, H., Moene, A.,

Meijninger, W. European Energy and Water Balance Monitoring System. EU FP4 final report, contract ENV – CT97 – 0478, 2001.

50. Royer, A., Genovese, G. (Eds.) Methodology of the MARS Crop Yield Forecasting System. Vol.3. Remote Sensing Information, Data Processing and Analysis. OPOCE, Luxembourg, 2004.

51. Monteith J.L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. – Philos.Trans. R. Soc. London, Ser.B. Biol. Sci. 281(980). – p.277–294

Приложение А

Темы лекций

1. Методы прогнозирования урожайности и их классификация – 2 часа.
Вопросы:
 1. Экспертные методы прогнозирования.
 2. Формализованные методы прогнозирования
2. Методы экстраполяции тенденций урожайности – 4 часа.
Вопросы:
 1. Прогнозирование с учетом динамики урожайности за последние 3–5 лет.
 2. Прогнозирование с учетом тенденций урожайности за 15–20-летний предшествующий период.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Методические основы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.....	4
1.1 Общие принципы научно-технического прогнозирования	4
1.2 Классификация методов прогнозирования урожайности	7
1.3 Методологические основы прогнозирования урожайности зерновых культур	11
1.4 Совершенствование структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности.....	20
1.5 Перспективные методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.....	43
2 Практические задания по расчету компонент прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур	61
3 Экономическая оценка корректировки структуры посевных площадей зерновых культур с учетом прогнозируемой урожайности	84
Вопросы к зачету	86
Список литературы.....	88
Приложение А.....	93

Учебное издание

**Трубилин Александр Иванович, Петрик Галина Фёдоровна,
Прудников Анатолий Григорьевич**

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

Учебное пособие

В авторской редакции
Дизайн обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 00.00.2017. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 10,8. Уч.-изд. л. – 6,3.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13