

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 330.46 : 338.27

МОЗОЛЬ
АЛЕСЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук
по специальности 08.00.13 – математические и инструментальные
методы экономики**

Минск, 2022

Научная работа выполнена в УО «Белорусский государственный экономический университет»

Научный руководитель Читая Гигла Отарович, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой, УО «Белорусский государственный экономический университет», кафедра математических методов в экономике

Официальные оппоненты: Хацкевич Геннадий Алексеевич, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой, УО «Институт бизнеса Белорусского государственного университета», кафедра бизнес-администрирования

Шафранская Ирина Викторовна, кандидат экономических наук, доцент, декан, УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», экономический факультет

Оппонирующая организация УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Защита состоится 23 сентября 2022 г. в 14.30 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.07.02 при УО «Белорусский государственный экономический университет» по адресу: 220070, Минск, пр-т Партизанский, 26, ауд. 339 (3-й учеб. корпус), тел. 209-79-56.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный экономический университет».

Автореферат разослан 19 июля 2022 года.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций

С. Ф. Миксюк

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития экономики, характеризующемся рыночной нестабильностью, дефицитом сырьевых ресурсов, жесткой конкуренцией между предприятиями, увеличением предпринимательских рисков, эффективность функционирования хозяйствующих субъектов обеспечивается за счет опережающего роста результатов деятельности над затратами привлеченных производственных ресурсов. В настоящее время для дальнейшего развития хозяйственных систем требуется повышение эффективности всех направлений деятельности агропромышленного комплекса (АПК) путем минимизации рисков, освоения новых технологий, поиска резервов снижения затрат и обеспечения качества продукции.

Адекватное реагирование менеджмента аграрных организаций на проявления рисков факторов при ведении производственно-хозяйственной деятельности, тактическое, а также своевременное оперативное управление рисковыми ситуациями, определяют эффективность и результативность всего хозяйственного процесса. Поиск, обоснование и применение инновационных методов выявления направлений и силы действия факторов неэффективности, разработка алгоритмов их оценки, определяют набор приоритетных задач в исследовании процессов формирования и использования аграрного производственного потенциала в условиях неопределенности и позволяет повысить качество прогностических расчетов при разработке стратегических программ развития агропромышленного производства.

Исследованию вопросов прогнозирования производства агропромышленной продукции свои работы посвятили белорусские и зарубежные ученые, такие как: А. А. Быков, М. В. Горелова, И. Б. Загайтов, М. М. Ковалев, Э. Н. Кузьбожев, И. И. Ленков, С. Ф. Миксюк, А. В. Мозоль, И. Б. Молчанов, Х. Мэйнке, А. В. Олейник, В. М. Пасов, Е. А. Семин, Р. Стоун, Н. И. Холод, Е. А. Червякова, Г. О. Читая, В. Н. Шимов и др. Однако перманентная изменчивость условий деятельности агропромышленных предприятий, стремительно развивающийся инструментальный системного анализа и менеджмента требуют постоянного совершенствования методов, подходов и способов адекватного реагирования на происходящие изменения.

Необходимость наличия у менеджеров агропромышленных организаций необходимого и достаточного разнообразия средств управления актуализирует разработку методики макроэкономического среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства Республики Беларусь, соответствующей условиям его практической реализуемости. Настоящая работа посвящена созданию комплекса экономико-математических моделей обоснования и разработки стратегических программ развития АПК.

Тема диссертации соответствует пункту 7 области исследований, определенной в Паспорте специальности 08.00.13 (экономические науки) – «Математическое моделирование экономической конъюнктуры, деловой активности, определение трендов, циклов и тенденций развития», а также пункту 15 – «Развитие методов и средств аккумуляции знаний о развитии экономической системы и использование искусственного интеллекта при выработке управленческих решений».

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Результаты диссертационного исследования непосредственно используются при выполнении научно-исследовательской работы «Методологическое и инструментальное обеспечение анализа и оценки структурных изменений белорусской экономики в условиях цифровой трансформации» (№ ГР 20212345 от 07.06.2021 г.).

Научная работа на соискание степени кандидата экономических наук соответствует приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы, утвержденным Указом Президента Республики Беларусь № 156 от 07.05.2020 г. «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы».

Диссертационное исследование выполнено в контексте Государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы, утвержденная 01.02.2021 г. постановлением Совета Министров № 59, подпрограммы 1 «Развитие растениеводства, переработки и реализация продукции растениеводства», задачей которой является достижение объемов и структуры производства продукции растениеводства, позволяющих сбалансировать спрос и предложение по важнейшим видам продукции, подпрограммы 3 «Развитие животноводства, переработки и реализация продукции животноводства», задачей которой является достижение объемов и структуры производства продукции животноводства, позволяющих сбалансировать спрос и предложение по важнейшим видам сельскохозяйственной продукции.

Цель и задачи исследования. Цель исследования состоит в разработке и инструментальной реализации комплекса экономико-математических моделей среднесрочного прогнозирования производства продукции АПК Республики Беларусь в условиях неопределенности и риска.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- предложить теоретическую концепцию прогнозирования производства продукции в АПК с учетом неопределенности и риска;

- сформировать комплекс экономико-математических моделей анализа и прогнозирования производства продукции агропромышленного производства и методику его реализации;
- разработать информационное и инструментальное обеспечение для проведения численных расчетов по комплексу экономико-математических моделей прогнозирования;
- разработать рекомендации по повышению эффективности функционирования АПК Республики Беларусь.

Объектом исследования является прогнозирование производства продукции в АПК Республики Беларусь; предметом – экономико-математические модели и инструментальные средства среднесрочного прогнозирования производства продукции АПК.

Научная новизна исследования заключается в развитии теоретико-методических положений, разработке и использовании экономико-математических моделей прогнозирования основных показателей АПК, включая разработку: концепции прогнозирования производства продукции АПК на основе соблюдения принципов осуществления структурных изменений путем рационального сочетания отраслей, импортозамещения и экспортоориентированности агропромышленного сектора Республики Беларусь в условиях неопределенности и риска; методического обеспечения прогнозирования производства АПК с включением комплекса нейросетевых моделей; информационного и инструментального обеспечения модельного комплекса прогнозирования агропромышленного производства Республики Беларусь; рекомендаций по повышению эффективности агропромышленного производства на основе сценарного подхода с возможностью маневрирования параметрами прогностического инструмента.

Положения, выносимые на защиту.

1. Концепция прогнозирования производства продукции в АПК, суть и новизна которой заключаются в формировании функциональной модели оценки количественного влияния экономических, агротехнических и природно-климатических факторов на динамику основных показателей агропромышленного производства (эффективность производства, среднегодовые цены на продукцию, объем и структура производства и потребления конечной продукции АПК) на основе соблюдения принципов осуществления структурных изменений путем рационального сочетания отраслей, импортозамещения и экспортоориентированности агропромышленного сектора Республики Беларусь в условиях неопределенности и риска, что в совокупности позволило сформировать теоретическую базу исследования.

2. Комплекс экономико-математических моделей анализа и

прогнозирования производства продукции агропромышленного производства и методика его реализации, включающие: а) нейросетевую модель прогнозирования урожайности основных сельскохозяйственных культур, в том числе формирующих кормовую базу для животноводства, на базе их временных рядов и погодно-климатических факторов; б) нейросетевую модель прогнозирования показателя объема потребления внутри страны и экспортных цен на основные позиции продукции растениеводства; в) нейросетевую модель прогнозирования удоев молока, на основании данных которой становится возможным установить оптимальные площади засевов кормовыми культурами; г) оптимизационную модель распределения площадей посевов, представляющую собой задачу линейного программирования с критерием максимизации дохода от реализации сельскохозяйственной продукции на экспорт и ограничениями показателей объемов потребления внутри страны на соответствующие культуры, общей площади земельных участков, выделенных под посевы, а также экономическими ограничениями.

Отличительными особенностями разработанной автором методики реализации экономико-математических моделей, являются: а) использование инструмента нейронных сетей в прогнозировании урожайности важнейших видов сельскохозяйственных культур, позволившего повысить точность прогностических расчетов в условиях неопределенности; б) схема методического обеспечения среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства в условиях неопределенности (порождена специфическими погодно-климатическими и агротехническими особенностями ведения сельского хозяйства), состоящая из совокупности действий по поиску и систематизации исходных данных путем формирования временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур, выявлению в них долговременных тенденций, подтверждению гипотезы о циклическом характере вариации временных рядов, оптимизации посевных площадей под продукцию растениеводства, в том числе под кормовые культуры, необходимые для обеспечения ожидаемого уровня молочной продуктивности коров.

Реализация комплекса математических моделей позволит получать экономически обоснованную систему проведения среднесрочных прогнозных расчетов производства продукции растениеводства и животноводства на основе оптимального распределения посевных площадей под сельскохозяйственные культуры для внутреннего потребления и экспорта.

3. Информационное и инструментальное обеспечение модельного комплекса прогнозирования агропромышленного производства Республики Беларусь, состоящее из: а) формирования, статистической обработки и фильтрации аномальных выбросов временных рядов урожайности сахарной

свеклы, картофеля, льна, рапса, овощей, зерновых и зернобобовых культур по Республике Беларусь; б) сглаживания временных рядов урожайности зерновых культур и показателя среднего удоя молока методом сингулярного спектрального анализа, позволившего установить скрытую цикличность в их поведении и подготовить для подачи на вход нейронной сети; в) разработки программного модуля с применением пакетов STATISTICA Automated Neural Networks для многократного компьютерного прогона временных рядов экономических показателей, получения их прогностических значений и проверки гипотез о состоятельности используемых моделей; г) разработки программного модуля в среде IBM SPSS Statistics для проведения расчетов по определению оптимальной структуры производства.

Новизна авторского подхода к формированию информационной и инструментальной базы для проведения модельных расчетов состоит в использовании метода сингулярного спектрального анализа в сглаживании временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур, позволившего установить присутствие в них цикличности и определить продолжительность цикла.

4. Рекомендации по формированию и реализации стратегии регулирования производства, импортозамещения и экспорта продукции АПК Республики Беларусь, основанные на сценариях изменения экономических факторов и погодно-климатических условий: а) пессимистический сценарий предполагает полное удовлетворение внутреннего объема потребления с учетом импортозамещения при увеличении посевных площадей с заметным снижением экспортного дохода; б) наиболее реалистичный сценарий предусматривает полное удовлетворение внутреннего объема потребления, включая импортозамещение, увеличение экспортного дохода без изменения посевных площадей; в) оптимистический сценарий состоит в полном удовлетворении внутреннего объема потребления, в том числе импортозамещение, и заметном увеличении экспортной выручки при одновременном уменьшении используемых посевных площадей.

Предложенные автором комплекс экономико-математических моделей и инструменты его реализации позволят разрабатывать стратегии управления производством рассмотренных в диссертационном исследовании видов продукции АПК с учетом сценариев сочетания внутреннего объема потребления, импортозамещения и экспорта в условиях неопределенности.

Научная новизна авторского подхода состоит в возможности маневрировать параметрами прогностического инструмента нейронных сетей и оптимизационной модели для различного набора экономических факторов и природно-климатических условий, оказывающих влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, не нарушая севооборотов.

Личный вклад соискателя учёной степени. Диссертация является завершённым научным трудом, выполненным автором самостоятельно путем анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта, апробации собственных разработок в хозяйственной практике и учебном процессе. Все выносимые на защиту положения диссертации разработаны соискателем лично и имеют научную новизну, практическую, экономическую и социальную значимость.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Результаты диссертационного исследования докладывались на научных семинарах кафедры математических методов в экономике в УО «Белорусский государственный экономический университет», а также на международных научно-практических конференциях, таких как «Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы и перспективы» (Пинск, 2013), «Инновационные процессы в социально-экономическом развитии» (Бобруйск, 2013), «Национальная экономика Республики Беларусь: проблемы и перспективы развития» (Минск, 2015), «Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость» (Минск, 2014, 2015, 2018-2021). Ряд положений диссертации, а также научные разработки автора внедрены в учебный процесс УО «Белорусский государственный экономический университет» (акт о внедрении от 31.05.2019 г.), используются в Минском областном комитете по сельскому хозяйству и продовольствию (справка об использовании научных разработок от 19.10.2021 г.), апробированы в производственном процессе Иностранного унитарного производственного предприятия «Элванс принт» (акт о внедрении от 30.11.2020 г.).

Все указанные выше факты внедрения и апробации моделей подкреплены соответствующими документами.

Опубликование результатов диссертации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 20 научных работ, из них 7 статей (6 – в соавторстве) в научных рецензируемых журналах и сборниках научных трудов, соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь (2,39 авторского листа), 13 – в материалах конференций (11 – в соавторстве).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, трех глав, заключения, библиографического списка, включающего 140 наименований, приложений. Работа изложена на 177 страницах. Объем, занимаемый 17 таблицами, 40 рисунками и 8 приложениями, составляет 65 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Первая глава «**Теоретические и методические основы разработки экономико-математических моделей прогнозирования в агропромышленном комплексе**» посвящена исследованию и обоснованию теоретико-методологических подходов прогнозирования производства продукции АПК, выработке автором концепции прогнозирования производства продукции и стратегии моделирования развития исследуемого комплекса.

Роль прогнозирования неизменно возрастает в связи с ускорением технологического прогресса, усложнением задач управления, принятием решений в условиях неопределенности. В управлении экономическим развитием прогнозирование является первоосновой, так как всякое эффективное решение имеет прогнозную или плановую направленность. Прогноз снижает неопределенности в системе, обосновывает факторы для достижения поставленных целей.

Изучив различные концептуальные подходы к прогнозированию АПК, установлена целесообразность разработки подхода к прогнозированию агропромышленного производства, который базируется на трех основных концепциях: сочетание отраслей, импортозамещение и экспортоориентированность.

Научный анализ литературных источников показал фрагментарный подход к прогнозированию показателей производства продукции агропромышленного производства. В частности, одна группа ученых указывает на влияние цикличности, а также солнечной активности, на результаты хозяйствования, однако не рассматривается весь комплекс погодноклиматических факторов и не учитывается их влияние на прогнозирование агропромышленного производства. Во второй группе работ, исследуется лишь отдельное, без зависимости от других факторов, влияние погодных условий на показатели урожайности. Также имеют место несистемные прогностические расчеты показателей импорта и экспорта, без учета урожайности важнейших растениеводческих культур и оптимального распределения сельскохозяйственных площадей под их посеvy. Кроме того, во всех проанализированных исследованиях для прогнозирования предлагается использовать исключительно детерминированные модели, что противоречит специфике функционирования сельского хозяйства, подверженного влиянию погодноклиматических и агротехнических факторов, порождающих частичную неопределенность в агропромышленном секторе экономики. Предлагается рассматривать описанные факторы в комплексе, используя мощный математический аппарат, для получения приближенных к действительности прогностических результатов в условиях неопределенности.

Автором предложена и схематично проиллюстрирована общая концепция прогнозирования производства продукции в АПК, отличительная особенность и новизна которой состоят в формировании функциональной модели оценки количественного влияния экономических, агротехнических и природно-климатических факторов на динамику показателей результативности агропромышленного производства Республики Беларусь (рисунок 1).



Рисунок 1. – Концепция прогнозирования производства продукции АПК в Республике Беларусь

Первый этап подразумевает углубленный поиск данных, служащих информационной базой для исследования. Обработка и анализ данных позволят выделить факторы, оказывающие наибольшее влияние на результат прогнозирования, а также избавиться от возмущений, присутствующих во временных рядах данных.

Второй этап прогнозирования предполагает построение экономико-математических моделей с использованием нейросетевого моделирования. На данном этапе происходит обучение нейросетевых моделей и последующее прогнозирование показателей урожайности основных сельскохозяйственных культур, объема внутреннего потребления и уровня экспортных цен на продукцию агропромышленного производства, уровня молочной продуктивности. Прогнозирование показателей урожайности основных сельскохозяйственных культур в зависимости от погодно-климатических условий позволит минимизировать вмешательство человека в процесс выращивания культур за счет благоприятных условий, и наоборот, предотвратить рискованные ситуации, ведущие к потере урожая. Молочная продуктивность выступает связующим показателем между растениеводством и животноводством посредством обеспечения кормовой базой молочного стада, за счет выращивания определенного объема кормовых культур. Прогнозирование внутреннего потребления позволит оценить ситуацию и определить возможности и направления импортозамещения. Цены на продукцию сельскохозяйственного производства дают возможность определить от какой продукции, поставляемой на экспорт, возможно получение максимальной выгоды.

Третьим этапом становится определение оптимальной структуры производства сельскохозяйственной продукции. Важность этого этапа состоит в предотвращении появления дефицитов и профицитов продукции агропромышленного производства, а также подразумевает при оптимизации объемов производства получить максимум доходов от игры на внешнем рынке. Решив задачу оптимизации о рациональном распределении структуры производства, появляется возможность избежать перепроизводства продукции, нерационального использования складских помещений, дополнительных затрат на приобретение дефицитных позиций и т.д.

Для построения адекватного прогноза и учета различных факторов требуется мощный аппарат математического моделирования экономических процессов. Поэтому автором изучены глобальные, региональные и общие модели прогнозирования производства агропромышленной продукции.

Таким образом, в первой главе предложена концепция прогнозирования производства продукции АПК, определен модельно-математический аппарат для реализации концепции.

Вторая глава «**Аналитическое обеспечение прогнозирования производства продукции агропромышленного комплекса Республики Беларусь**» посвящена анализу состояния и потенциала АПК Республики Беларусь.

Проведен экономический анализ АПК Республики Беларусь; получена оценка элементов внешней среды, влияющих на функционирование агропромышленного производства; выделены проблемы в развитии АПК, а также даны рекомендации по сокращению последствий влияния проблемных мест.

В диссертационном исследовании в качестве источников данных для моделирования использованы базы данных и официальные статистические издания таких ведомств, как Национальный статистический комитет Республики Беларусь, ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, UN Comtrade Database, Clima East Policy Project.

В результате проведенного анализа выявлены дестабилизирующие факторы производства, к которым можно отнести погодно-климатические условия (существенное ожидаемое изменение агроклиматических характеристик: увеличение температуры воздуха и нарастание засухи), социально-демографические факторы (урбанизация населения, снижение численности населения, занятого в сельском хозяйстве). Наряду с выявленными рисками, исследованы и определены положительные и отрицательные последствия изменений климата для растениеводства и животноводства страны.

Перед построением моделей исходные данные должны быть подвергнуты анализу и обработке. Исследуемые в настоящей работе временные ряды отражают эволюцию природных процессов. Расчеты, проведенные для рядов урожайностей, определили следующие значения коэффициента показателя Херста: зерновые – 0,93; картофель – 0,87; овощи – 0,91; рапс – 0,77; лен – 0,84; сахарная свекла – 0,89. Таким образом, ряды урожайностей находятся в зоне рискованного земледелия, по крайней мере в Республике Беларусь, они имеют явно «черную» окраску, т.е. являются персистентным (обладают долговременной памятью). Также ряды урожайности сельскохозяйственных культур были подвергнуты сглаживанию методом сингулярного спектрального анализа. Это позволило избавиться от возмущений, аномальных значений, а также снизить ошибку прогноза при нейросетевом моделировании. Реализация метода сглаживания выполнена в прикладном программном продукте MATLAB.

Таким образом, анализ состояния АПК Республики Беларусь показал, что страна располагает высоким потенциалом для удовлетворения внутреннего

объема потребления на товары агропромышленного производства и увеличения основных экономических показателей экспорта данных товаров.

Третья глава «**Математическое и инструментальное обеспечение среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства в условиях неустойчивой экономической конъюнктуры**» посвящена практической реализации предлагаемого модельного комплекса в Республике Беларусь.

Для решения поставленной задачи автором предлагается использовать разработанную методику прогнозирования агропромышленного производства в условиях неопределенности и риска, в основе которой лежит комплекс взаимоувязанных математических моделей (рисунок 2).



Рисунок 2. – Схема среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства в условиях неопределенности и риска

Достоинством и отличительной особенностью, представляющей научную новизну, предложенной автором методики выступает взаимосвязь различных

моделей, в частности нейросетевой и оптимизационной. Установлено, что нейронные сети позволяют получить прогностические результаты с минимальными ошибками. Соответственно с их помощью генерируется достоверная информация об основополагающих показателях, определяющих дальнейшее безубыточное развитие АПК. Еще одна особенность методики заключается в ее практической направленности, позволяющей на основе имеющихся данных о функционировании агропромышленного производства оценить перспективы развития, не опираясь на детерминированные показатели, выявить проблемы, а также на научной основе обосновать приоритетные направления эффективного использования аграрного потенциала, способствующие предотвращению проявления рискованных ситуаций.

В основу построения моделей поведения рядов урожайностей основных сельскохозяйственных культур Республики Беларусь легли нейронные сети, подобные биологическим моделям нервных систем и являются привлекательными с интуитивной точки зрения, позволяя получать информационный базис для решения экономических проблем, в частности аграрного производства. Основываясь на использовании погодно-климатических изменений как факторов влияния на урожайность, становится возможным рациональное использование природных ресурсов при минимальном дополнительном вмешательстве человека.

Алгоритм обучения гетерогенной нейронной сети (В. А. Головкин, В. В. Краснопрошин), реализован в программе STATISTICA Neural Networks в последовательности (1)–(6) до тех пор, пока функция ошибки не стала несущественной:

$$y = \sum_{i=1}^m v_i z_i - b, \quad (1)$$

$$z_i = F(S_i) = F(\sum_{l=1}^n w_{li} x_l - b_i), \quad (2)$$

$$\delta_i = (y - d) v_i, \quad (3)$$

$$v_i(t + 1) = v_i(t) - \eta (y - d) z_i, \quad (4)$$

$$w_{li}(t + 1) = w_{lj}(t) - \eta \delta_i \frac{dz_i}{ds_i} x_l, \quad (5)$$

$$\delta(v) = (y - d), \quad (6)$$

где y – выходное значение нейронной сети (предсказанное моделью значение урожайности сельскохозяйственной культуры);

v_i – i -й весовой коэффициент выходного нейрона, $i = \overline{1, m}$;

z_i – выходные значения нейронных элементов i -го скрытого слоя;

b – скрытое смещение;

x_l – значение l -го входа нейрона, $l = \overline{1,5}$ (x_1 – сумма осадков за третью декаду августа и первую декаду сентября; x_2 – сумма осадков за вторую декаду июня; x_3 – среднедекадная температура воздуха за третью декаду июня; x_4 – среднедекадная температура воздуха за первую декаду сентября; x_5 – гидротермический коэффициент);

w_{li} – коэффициент синаптической связи между l -м нейроном распределительного слоя и i -м нейроном обрабатывающего слоя синапса;

δ_i – ошибка i -го скрытого слоя;

d – целевое значение выхода нейронной сети (фактическая урожайность сельскохозяйственной культуры);

t – параметр времени;

η – коэффициент скорости обучения;

$\delta(v)$ – функция ошибки.

Получены нейросетевые модели для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на 2020–2030 гг. (рисунок 3).

Точечный прогноз значений урожайностей основных сельскохозяйственных культур, рассчитанный в зависимости от погодно-климатических условий, не учитывает в полной мере присутствие фактора неопределенности. В этой связи определены интервалы прогноза и установлены его погрешности по каждой культуре, численное значение которых не выходит за пределы 3,5–7,1 %.

Располагая данными об уровнях урожайности сельскохозяйственных культур, становится возможным управлять рисковыми ситуациями, возникающими в процессе агропромышленного производства. Опираясь на прогнозные показатели, можно предотвратить дефицит или профицит сборов сельскохозяйственных культур. Для недопущения таких ситуаций в исследовании был выбран следующий путь управления рисковыми ситуациями: варьирование структуры производства в зависимости от прогнозных значений урожайностей культур, определенных для посева на будущие периоды.

Автором доказана зависимость ряда уровня молочной продуктивности от рядов урожайностей сельскохозяйственной продукции. Следующим этапом реализации предложенной методики становится прогнозирование уровня молочной продуктивности. Удои молока связаны с такими процессами как корм крупного рогатого скота и пребывание скота на пастбищных землях. Следовательно, молочная продуктивность объединяет зависимость от показателей производства культур, являющихся не только кормовыми, а также от распределения посевных и прочих площадей.

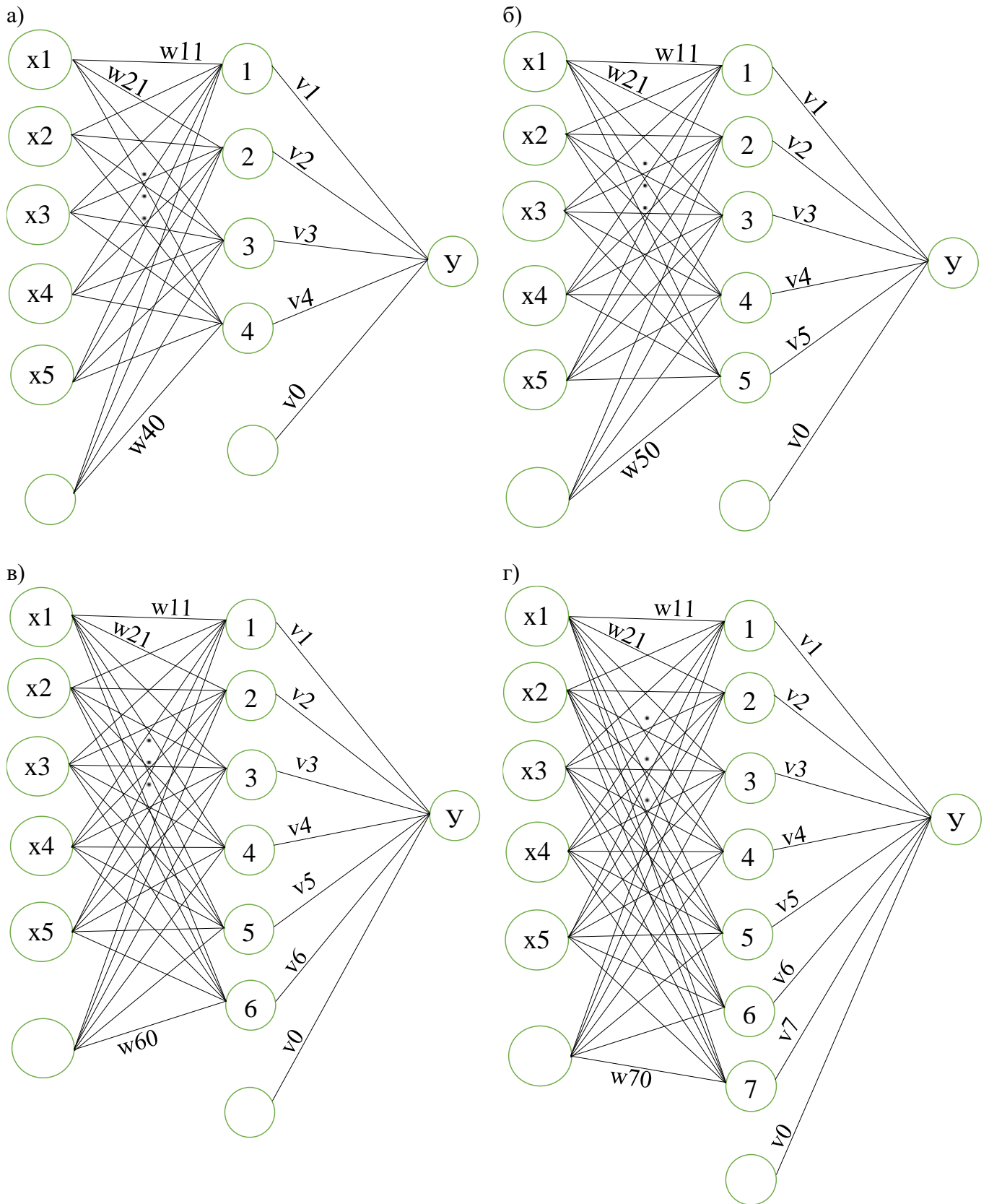


Рисунок 3. – Графовая интерпретация нейросетевых моделей урожайностей основных сельскохозяйственных культур: а) MLP 5-4-1 – овощи, рапс, зерновые и зернобобовые культуры; б) MLP 5-5-1 – лен; в) MLP 5-6-1 – картофель; г) MLP 5-7-1 – сахарная свекла

Оптимизационная модель как один из этапов реализации разработанной концепции прогнозирования, подразумевает наличие дополнительных данных: объем внутреннего потребления и среднегодовые экспортные цены на продукцию агропромышленного производства. Так как экономическая политика Республики Беларусь направлена на импортозамещение, то целесообразно в первую очередь удовлетворить внутренние потребности страны, и только после этого экспортировать товары. В качестве показателя объема потребления выступает прогнозный показатель суммы потребления на внутреннем рынке и импорта продукции каждого вида.

Необходимо определить не только математически верные ограничения для модели, но и экономические: ограничения на посевы и производство молочной продукции. Инструментальная реализация данной задачи решена в таких прикладных программных продуктах, как STATISTICA Automated Neural Networks, IBM SPSS Statistics и Microsoft Excel. В общем виде модель выглядит следующим образом:

$$F = \sum_{i=1}^n \alpha_i (x_i Y_i - S_i) \rightarrow (\max) \quad (7)$$

$$\begin{cases} x_i Y_i \geq S_i, \quad \forall i \in N; \\ x_j Y_j \leq M_j, \quad \forall j \in J \in N; \\ \sum_{i=1}^n x_i \leq A; \\ x_i \geq 0, \end{cases}$$

где F – функция максимума дохода от реализации сельскохозяйственной продукции на экспорт, млн долл. США;

N – множество сельскохозяйственных культур, $N = \{1, 2, \dots, n\}$;

α_i – прогнозный показатель экспортных цен на i -ый вид сельскохозяйственной культуры, тыс. долл. США/тонна;

x_i – размер посевных угодий определенный под i -ю культуру, тыс. га, $i \in N$;

Y_i – прогнозный показатель урожайности i -й культуры в исследуемом периоде, т/га;

S_i – прогнозный показатель общего объема потребления внутри страны i -ой культуры в исследуемый период, тыс. т;

M_j – мощность переработки предприятиями сельскохозяйственной продукции, тыс. тонн, $j \in J$;

J – множество культур с экономическими ограничениями, \in ;

A – общая площадь земельных участков, выделенных под посевы основных сельскохозяйственных культур в рассматриваемый период за минусом площади посевов под кормовые культуры, тыс. га.

Учитывая изложенное получены прогнозные значения объемов потребления, среднегодовые экспортные цены и оптимальные площади посевов каждой из сельскохозяйственных культур на 2020–2030 гг. для удовлетворения объемов внутреннего потребления без нарушения севооборотов (см. таблицу):

Прогнозные значения площадей посевов сельскохозяйственных культур на территории Республики Беларусь на 2020-2030 годы

Годы	Площадь посевов, тыс. га							Экспорт, млн долл. США
	Зерновые и зернобобовые культуры	Картофель	Овощи	Рапс	Лен	Свекла сахарная	Кормовые культуры	
2020*	2 298,64	351,60	109,39	348,27	23,06	86,03	2 496,00	957,62
2021	2 573,92	338,95	101,23	297,71	32,23	81,69	2 473,27	514,86
2022	2 705,86	362,74	90,56	272,21	23,58	81,04	2 342,00	408,73
2023	2 685,48	357,24	90,51	217,94	46,74	85,09	2 501,00	354,43
2024	2 500,76	301,00	190,74	201,52	20,80	68,16	2 456,02	1 173,73
2025	2 891,39	324,40	63,65	279,95	26,09	82,54	2 308,00	511,20
2026	2 494,21	254,79	166,12	470,23	29,93	90,37	2 357,34	1 363,53
2027	2 146,33	293,39	180,63	300,38	25,96	79,27	2 847,04	895,26
2028	2 472,08	402,04	144,75	238,57	11,80	83,38	2 498,39	1 201,99
2029	2 413,94	247,32	89,34	274,94	23,15	98,31	2 745,00	397,43
2030	2 347,82	229,59	146,36	390,42	21,88	104,66	2 571,27	997,39

*За 2020 г. проведен ретроспективный прогнозный расчет.

Расчет посевов для Республики Беларусь проводился на макроуровне, разработанная методика прогнозирования показала адекватные результаты в сравнении с фактическими данными.

Использование нейросетевых моделей в определении параметров развития аграрных организаций, которым присущ высокий уровень рискогенности, позволяет получать точные прогнозы с минимальными ошибками, что обусловлено особенностью работы нейронных сетей по аналогии с работой биологических нейронов. Данная особенность способствует более интенсивному внедрению элементов искусственного интеллекта при управлении производственно-хозяйственной деятельностью аграрных организаций.

Разработанный автором комплекс экономико-математических моделей и инструментов его реализации позволяет обосновывать рекомендации по формированию и реализации стратегии регулирования внутреннего потребления, импортозамещения и экспорта продукции АПК Республики Беларусь. Научная новизна авторского подхода состоит в возможности изменения параметров нейронных сетей и оптимизационной модели для различного набора экономических факторов и природно-климатических условий, оказывающих влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Таким образом, разработаны методика и модель для определения оптимальной структуры производства сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь с минимальными затратами на обработку и содержание участков, занятых под каждую отдельную культуру. Работоспособность методики и ее практическая реализация подтверждены расчетами, показавшими высокую точность (средняя ошибка аппроксимации составила менее 8 %). Построен прогноз развития агропромышленного производства на 2020–2030 гг. Данная проблема представляется особо актуальной для современного мира с высококонкурентными рынками сбыта, экономическими кризисами, меняющимися погодными условиями и т.д. Использование разработанного модельного комплекса позволит не только оптимизировать посевы различных культур в Республике Беларусь, учитывать различного рода риски, но и расширить внешний рынок потребителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации.

1. В рамках диссертационного исследования предложена концепция прогнозирования производства продукции в АПК, суть и новизна которой заключаются в формировании функциональной модели оценки количественного влияния экономических, агротехнических и природно-климатических факторов на динамику основных показателей агропромышленного производства (эффективность производства, среднегодовые цены на продукцию, объем и структура производства и потребления конечной продукции АПК) на основе соблюдения принципов осуществления структурных изменений путем рационального сочетания отраслей, импортозамещения и экспортоориентированности агропромышленного сектора Республики Беларусь в условиях неопределенности и риска, что в совокупности позволило сформировать теоретическую базу исследования [1, 2, 5, 6, 8, 9, 13].

2. Разработан комплекс экономико-математических моделей анализа и прогнозирования производства продукции агропромышленного производства и методика его реализации, включающие: а) нейросетевую модель прогнозирования урожайности основных сельскохозяйственных культур, в том числе формирующую базу для животноводства, на основе их временных рядов и погодно-климатических факторов; б) нейросетевую модель прогнозирования показателя объема потребления внутри страны и экспортных цен на основные позиции продукции растениеводства; в) нейросетевую модель прогнозирования удоев молока, на основании данных которой возможно установить оптимальные площади засевов кормовыми культурами;

г) оптимизационную модель распределения площадей посевов, представляющую собой задачу линейного программирования с критерием максимизации дохода от реализации сельскохозяйственной продукции на экспорт и ограничениями: показателей объемов потребления внутри страны на соответствующие культуры, общей площади земельных участков, выделенных под посевы, экономические ограничения [3, 4, 7, 13, 16].

3. Выработаны информационное и инструментальное обеспечение модельного комплекса прогнозирования агропромышленного производства Республики Беларусь, состоящее из: а) формирования, статистической обработке и фильтрации аномальных выбросов временных рядов урожайности сахарной свеклы, картофеля, льна, рапса, овощей, зерновых и зернобобовых культур по Республике Беларусь; б) сглаживания временных рядов урожайности зерновых культур и показателя среднего удоя молока методом сингулярного спектрального анализа, позволившего установить скрытую цикличность в их поведении и подготовить для подачи на вход нейронной сети; в) разработки программного модуля с применением пакетов STATISTICA Automated Neural Networks для многократного компьютерного прогона временных рядов экономических показателей, получения их прогностических значений и проверки гипотез о состоятельности используемых моделей; г) разработки программного модуля в среде IBM SPSS Statistics для проведения расчетов по определению оптимальной структуры производства [3, 4, 10–12, 14–16, 19].

4. Разработаны рекомендации по формированию и реализации стратегии регулирования производства, импортозамещения и экспорта продукции АПК Республики Беларусь, которые основаны на сценариях изменения экономических факторов и погодно-климатических условий: а) пессимистический сценарий предполагает полное удовлетворение внутреннего объема потребления с учетом импортозамещения при увеличении посевных площадей, с заметным снижением экспортного дохода; б) наиболее реалистичный сценарий предусматривает полное удовлетворение внутреннего объема потребления, включая импортозамещение, и увеличение экспортного дохода без изменения посевных площадей; в) оптимистический сценарий состоит в полном удовлетворении внутреннего объема потребления, в том числе импортозамещение, и заметном увеличении экспортной выручки при одновременном уменьшении используемых посевных площадей [4, 7, 17, 18, 20].

Рекомендации по практическому использованию результатов.

Разработанный в диссертации модельный аппарат является эффективным инструментом, позволяющий с высоким уровнем достоверности строить макроэкономические модели среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства. Модельный аппарат может рассматриваться

как элемент технологической базы системы прогнозирования показателей развития АПК Республики Беларусь. Прогнозные модельные расчеты могут использоваться в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь для своевременного принятия управленческих решений для снижения рисков, возникающих в процессе производства, а также для обоснованного выбора наиболее приемлемых сценариев агропромышленного развития.

Результаты, полученные при подготовке диссертационной работы, апробированы и используются в образовательном процессе УО «Белорусский государственный экономический университет» (акт о внедрении от 31.05.2019 г.), в деятельности Минского областного комитета по сельскому хозяйству и продовольствию (справка об использовании научных разработок от 19.10.2021 г.), в производственном процессе Иностранного унитарного производственного предприятия «Элванс принт» (акт о внедрении от 30.11.2020 г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных рецензируемых журналах, сборниках научных трудов, входящих в перечень ВАК

1. Мозоль, А. А. Экономическая эффективность использования производственного потенциала в сельском хозяйстве: теоретические и методологические аспекты / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Науч. тр. : юбил. сб. / Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2013. – Вып. 6. – С. 272–279.
2. Мозоль, А. А. Устойчивость и цикличность использования аграрных потенциалов в условиях неопределенности и риска / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Науч. тр. / Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2014. – Вып. 7. – С. 300–308.
3. Мозоль, А. А. Нейросетевая модель определения рисков и индикаторов развития молочного скотоводства / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Сб. науч. тр. «Проблемы экономики». – 2018. – № 2 (27). – С. 149–158.
4. Мозоль, А. А. Оценка влияния погодно-климатических факторов при прогнозировании урожайности / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Науч. тр. : юбил. сб. / Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2018. – Вып. 11. – С. 288–296.
5. Мозоль, А. А. Условия формирования аграрного производственного потенциала: факторы влияния и методика оценки / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Сб. науч. тр. «Проблемы экономики». – 2019. – № 1 (28). – С. 177–187.
6. Мозоль, А. А. Оценка влияния региональных факторов на условия

формирования и использования аграрного производственного потенциала / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Науч. тр. / Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2019. – Вып. 12. – С. 296–303.

7. Мозоль, А. А. Методика среднесрочного прогнозирования агропромышленного производства Республики Беларусь в условиях неустойчивой экономической конъюнктуры / А. А. Мозоль // Вестн. Беларус. дзярж. экан. ун-та. – 2021. – № 5. – С. 58–66.

Материалы конференций

8. Мозоль, А. А. Результативность использования сельскохозяйственного потенциала в рискованных условиях / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. «Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы и перспективы», Пинск, 18 окт. 2013 г. / Полес. гос. ун-т [и др.] ; редкол.: К. К. Шебеко [и др.]. – Пинск, 2013. – Ч. 2. – С. 45–47.

9. Мозоль, А. А. Преимущества и недостатки методов оценки производственного потенциала в инвестиционной деятельности / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Инновационные процессы в социально-экономическом развитии : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Бобруйск, 18 апр. 2013 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. М. Ковальчук (пред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 38–41.

10. Мозоль, А. А. Инновационная система мониторинга хода уборочной компании / И. Г. Алексеевич, А. А. Мозоль // Современные компьютерные информационные технологии : тез. XIV Межвуз. науч. студен. конф., Минск, 25 апр. 2013 г. / Белорус. гос. экон. ун-т. – Минск, 2013. – С. 10–11.

11. Мозоль, А. А. Имитационное моделирование развития аграрного производственного потенциала / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 25–26 сент. 2014 г. : в 2 т. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2014. – Т. 1. – С. 310–311.

12. Мозоль, А. А. Точное земледелие в инновационном развитии аграрного производственного потенциала / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 мая 2015 г. : в 2 т. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 75–77.

13. Мозоль, А. А. Цикличность экономического развития и ее особенности в Республике Беларусь / А. А. Мозоль // Национальная и региональная экономика: проблемы и перспективы : сб. науч. ст. молодых ученых II заоч. конф., Минск, 2015 г. / Белорус. гос. экон. ун-т, ООО «Лаборатория

интеллекта». – Минск, 2015. – Вып. 2. – С. 173–178.

14. Мозоль, А. А. Устойчивость и цикличность экономического развития и их особенности в Республике Беларусь / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21-22 мая 2015 г. : в 2 т. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов [и др.]. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 77–78.

15. Мозоль, А. А. Анализ экономического развития регионов Республики Беларусь с использованием метода главных компонент / И. Г. Алексеевич, А. А. Мозоль // Современный менеджмент: проблемы, исследования, перспективы : сб. науч. ст. молодых ученых V заоч. сателлит. конф. / Белорус. гос. экон. ун-т [и др.]. – Минск, 2015. – Вып. 5. – С. 82–87.

16. Мозоль, А. А. Устойчивость и цикличность экономического развития и их особенности в Республике Беларусь / А. А. Мозоль // Национальная экономика Республики Беларусь: проблемы и перспективы развития : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. студентов, Минск, 15–16 апр. 2015 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: Г. А. Короленок [и др.]. – Минск, 2015. – С. 292–293.

17. Мозоль, А. А. Инновационное развитие системы управления продуктивностью аграрного производства / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 17 мая 2018 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2018. – С. 310–311.

18. Мозоль, А. А. Влияние региональных факторов на условия формирования и использования аграрного производственного потенциала / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 16 мая 2019 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Н. Шимов (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2019. – С. 113–114.

19. Мозоль, А. А. Искусственный интеллект в прогнозировании аграрного производства / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 мая 2020 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Ю. Шутилин (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С. 95–96.

20. Мозоль, А. А. Оценка рисков формирования потенциалов аграрного производства аксиологическим методом / А. В. Мозоль, А. А. Мозоль // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость : материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20 мая 2021 г. / Белорус. гос. экон. ун-т ; редкол.: В. Ю. Шутилин (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – С. 86.

РЭЗІЮМЭ

Мазоль Алеся Аляксандраўна

Матэматычнае і інструментальнае забеспячэнне прагназавання вытворчасці прадукцыі ў аграпрамысловым комплексе Рэспублікі Беларусь

Ключавыя словы: нейрасеткавыя мадэлі, прагназаванне, аптымізацыя структуры вытворчасці, імпартазамышчэнне, экспартаарыентаванасць, аграпрамысловы комплекс, пагодна-кліматычныя ўмовы, ураджайнасць, малочная прадуктыўнасць, рызыка.

Аб'ект даследавання: прагназаванне вытворчасці прадукцыі ў аграпрамысловым комплексе Рэспублікі Беларусь.

Прадмет даследавання: эканоміка-матэматычныя мадэлі і інструментальныя сродкі сярэднетэрміновага прагназавання вытворчасці прадукцыі АПК.

Мэта даследавання: распрацоўка і інструментальная рэалізацыя комплексу эканоміка-матэматычных мадэляў сярэднетэрміновага прагназавання вытворчасці прадукцыі АПК Рэспублікі Беларусь ва ўмовах нявызначанасці і рызыкаў.

Асноўныя метады даследавання: сістэмны падыход, сінгулярны спектральны аналіз, метады галоўных кампанент, метады аналізу і сінтэзу эканамічных сістэм, параўнальны аналіз, нейрасеткавае мадэляванне, імавернасна-статыстычныя метады ацэнкі рызыкаў і імітацыйнага мадэлявання.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацавана канцэпцыя прагназавання ўзроўню развіцця аграпрамысловага комплексу ў сярэднетэрміновай перспектыве. Распрацаваны комплекс эканоміка-матэматычных мадэляў аналізу і прагназавання вытворчасці прадукцыі аграпрамысловага комплексу Рэспублікі Беларусь ва ўмовах нявызначанасці і рызыкаў. На аснове аналізу ўплыву пагодна-кліматычных фактараў распрацаваны нейрасеткавыя мадэлі прагназавання ўраджайнасці сельскагаспадарчых культур і ўзроўню малочнай прадуктыўнасці кароў. На аснове нейронавых сетак атрыманы аб'ёмы ўнутранняга спажывання і цэн на асноўныя віды сельскагаспадарчай прадукцыі. Вызначана аптымальная структура вытворчасці прадукцыі АПК.

На аснове распрацаванага комплексу мадэляў вызначаны шляхі развіцця сельскай гаспадаркі Рэспублікі Беларусь. Атрыманы прагнозныя паказчыкі развіцця аграпрамысловай вытворчасці на перыяд 2020–2030 гг.

Вобласць ужывання: у практычнай дзейнасці органаў дзяржаўнага і гаспадарчага кіравання, арганізацый АПК, у навуковай сферы і вучэбна-адукацыйным працэсе.

РЕЗЮМЕ

Мозоль Алеся Александровна

Математическое и инструментальное обеспечение прогнозирования производства продукции в агропромышленном комплексе Республики Беларусь

Ключевые слова: нейросетевые модели, прогнозирование, оптимизация структуры производства, импортозамещение, экспортоориентированность, агропромышленный комплекс, погодно-климатические условия, урожайность, молочная продуктивность, риск.

Объект исследования: прогнозирование производства продукции в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.

Предмет исследования: экономико-математические модели и инструментальные средства среднесрочного прогнозирования производства продукции АПК.

Цель исследования: разработка и инструментальная реализация комплекса экономико-математических моделей среднесрочного прогнозирования производства продукции АПК Республики Беларусь в условиях неопределенности и риска.

Основные методы исследования: системный подход, сингулярный спектральный анализ, метод главных компонент, метод анализа и синтеза экономических систем, сравнительный анализ, нейросетевое моделирование, вероятностно-статистические методы оценки рисков и имитационного моделирования.

Полученные результаты и их новизна: разработана концепция прогнозирования уровня развития агропромышленного комплекса в среднесрочной перспективе. Разработан комплекс экономико-математических моделей анализа и прогнозирования производства продукции агропромышленного комплекса Республики Беларусь в условиях неопределенности и риска. На основе анализа влияния погодно-климатических факторов разработаны нейросетевые модели прогнозирования урожайностей сельскохозяйственных культур и уровня молочной продуктивности коров. Используя нейронные сети, получены показатели объема потребления и цен на основные виды сельскохозяйственной продукции. Определена оптимальная структура производства продукции АПК.

На основе разработанного комплекса моделей определены пути развития сельского хозяйства Республики Беларусь. Получены прогнозные показатели развития агропромышленного производства на период 2020–2030 гг.

Область применения: в практической деятельности органов государственного и хозяйственного управления, организаций АПК, в научной сфере и учебно-образовательном процессе.

SUMMARY

Mazol Alesia Aliaksandrovna

Mathematical and instrumental support for forecasting production in the agro-industrial complex of the Republic of Belarus

Key words: neural network models, forecasting, optimization of the production structure, import substitution, export orientation, agro-industrial complex, weather and climatic conditions, yield, milk productivity, risk.

Research object: forecasting the production of products in the agro-industrial complex of the Republic of Belarus.

Subject of research: economic and mathematical models and tools for medium-term forecasting of agricultural production.

Purpose of the study: development and instrumental implementation of a complex of economic and mathematical models for medium-term forecasting of production of products of the agro-industrial complex of the Republic of Belarus in conditions of uncertainty and risk.

Basic research methods: system approach, singular spectral analysis, principal component analysis, method of analysis and synthesis of theoretical material, comparative analysis, neural network modeling, probabilistic and statistical methods of risk assessment and simulation.

Obtained new scientific results: the concept of forecasting the level of development of the agro-industrial complex in the medium term has been developed. A set of economic and mathematical models for analyzing and forecasting the production of agricultural products of the Republic of Belarus under conditions of uncertainty and risk has been developed. Based on the analysis of the influence of weather and climate factors, neural network models have been developed for predicting crop yields and the level of milk productivity of cows. Using neural networks, indicators of consumption volume and prices for the main types of agricultural products are obtained. The optimal structure for the production of agricultural products has been determined.

On the basis of the developed complex of models, the ways of development of agriculture in the Republic of Belarus are determined. The forecast indicators for the development of agro-industrial production for the period 2020-2030 were obtained.

Sphere of use: in the practical activities of state and economic management bodies, agro-industrial complex organizations, in the scientific field and in the educational process.