

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Аубакировой Гаили Фаритовны
на тему «Разработка нейросетевой системы прогнозирования урожайности
зерновых культур в Северо-Казахстанской области»,
представленной на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 8D06101 – «Информатика, вычислительная техника и
управление»

Прогнозирование урожайности зерновых культур является одной из актуальных задач цифровизации агропромышленного комплекса, поскольку от точности прогноза зависят планирование производства, рациональное использование ресурсов, своевременное принятие агротехнологических решений и устойчивость продовольственной системы региона. Для Северо-Казахстанской области данная задача имеет особое значение, так как регион относится к числу основных зернопроизводящих территорий Республики Казахстан, а урожайность яровой пшеницы здесь существенно зависит от погодных условий, запасов продуктивной влаги, агрохимического состояния почвы и фитосанитарной обстановки.

Формирование урожайности зерновых культур происходит под воздействием комплекса взаимосвязанных факторов. Температура воздуха, количество осадков, влагообеспеченность почвы, содержание элементов питания, распространение болезней, вредителей и сорной растительности влияют на урожай не изолированно, а во взаимной связи. Поэтому традиционные статистические методы не всегда способны достаточно точно описывать сложные нелинейные зависимости между входными параметрами и урожайностью. Это обуславливает необходимость применения методов машинного обучения, в том числе искусственных нейронных сетей, способных выявлять скрытые закономерности в многомерных данных.

Систематизация отечественных и зарубежных исследований показывает, что актуальность разработки нейросетевой системы прогнозирования урожайности зерновых культур определяется следующими противоречиями:

1. между высокой пространственно-временной изменчивостью урожайности зерновых культур и ограниченными возможностями традиционных линейных моделей при описании нелинейных агроклиматических зависимостей;
2. между наличием региональных статистических и метеорологических данных и недостаточной детализацией информации о фактическом состоянии конкретного посевного участка;
3. между развитием цифровых технологий, сенсорного мониторинга и искусственного интеллекта и недостаточной интеграцией полевых данных в нейросетевые модели прогнозирования урожайности;
4. между потребностью агропроизводителей в оперативном и обоснованном прогнозе урожайности и отсутствием адаптированной к условиям Северо-

Казахстанской области нейросетевой системы, объединяющей сбор, обработку и интеллектуальный анализ данных.

Таким образом, актуальность диссертационного исследования определяется практической потребностью в повышении точности прогнозирования урожайности зерновых культур и научной задачей разработки нейросетевой системы, обеспечивающей комплексный учет агроклиматических, агрохимических, почвенных, фитосанитарных и локальных полевых данных.

Объектом диссертационного исследования является процесс прогнозирования урожайности зерновых культур в Северо-Казахстанской области.

Предмет исследования – методы, алгоритмы и программно-аппаратные средства сбора, обработки и нейросетевого анализа данных для прогнозирования урожайности зерновых культур с учетом агроклиматических, почвенно-агрохимических, фитосанитарных и локальных полевых факторов.

Целью диссертационного исследования является разработка нейросетевой системы прогнозирования урожайности зерновых культур в Северо-Казахстанской области, обеспечивающей комплексный учет факторов формирования урожая и возможность интеграции локальных полевых данных в процесс прогнозирования.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе решены следующие задачи:

1. Провести анализ теоретических основ прогнозирования урожайности зерновых культур и определить факторы, оказывающие существенное влияние на формирование урожая яровой пшеницы в условиях Северо-Казахстанской области.
2. Сформировать исходный набор данных для нейросетевого моделирования урожайности пшеницы по районам Северо-Казахстанской области и обосновать систему входных признаков, включающую агрометеорологические, почвенно-агрохимические и фитосанитарные параметры.
3. Выполнить разведочный анализ данных, предварительную обработку, нормализацию и подготовку обучающей выборки для построения нейросетевой модели прогнозирования урожайности.
4. Разработать и обучить нейросетевую модель прогнозирования урожайности пшеницы, провести оценку ее качества и сравнение с базовыми статистическими подходами.
5. Разработать устройство сбора и передачи локальных полевых данных, обеспечивающее регистрацию параметров почвенно-микrokлиматической среды на конкретном посевном участке.
6. Разработать алгоритм преобразования, структурирования и агрегации данных, получаемых с устройства сбора и передачи данных, для последующего использования в нейросетевой модели.

7. Обосновать подход к интеграции локальных полевых данных в нейросетевую систему прогнозирования урожайности и переходу от регионального прогноза к прогнозу на уровне конкретного хозяйства.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Нейросетевая система прогнозирования урожайности зерновых культур, основанная на комплексном учете агрометеорологических, почвенно-агрохимических и фитосанитарных факторов, адаптированная к условиям Северо-Казахстанской области.
2. Модель искусственной нейронной сети для прогнозирования урожайности яровой пшеницы, использующая систему входных признаков, характеризующих температурный режим, количество осадков, запас продуктивной влаги, содержание азота и фосфора, а также фитосанитарное состояние посевов.
3. Устройство сбора, обработки и передачи локальных полевых данных, предназначенное для регистрации параметров почвенно-микrokлиматической среды непосредственно на посевном участке.
4. Алгоритм преобразования и структурирования полевых данных, обеспечивающий переход от первичных сигналов датчиков к агрегированным признакам, пригодным для использования в нейросетевой модели прогнозирования урожайности.
5. Подход к интеграции локальных данных конкретного хозяйства в нейросетевую систему прогнозирования, позволяющий уточнять региональный прогноз с учетом фактических условий поля.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке нейросетевой системы прогнозирования урожайности зерновых культур, объединяющей методы интеллектуального анализа данных, нейросетевого моделирования и локального полевого мониторинга. Отличительной особенностью предложенного подхода является интеграция региональной модели прогнозирования урожайности с данными, получаемыми непосредственно с посевного участка.

Научная новизна диссертации представлена следующими результатами:

1. Обоснована структура входных признаков нейросетевой модели прогнозирования урожайности пшеницы для условий Северо-Казахстанской области, включающая агрометеорологические, почвенно-агрохимические и фитосанитарные параметры.
2. Разработана нейросетевая модель прогнозирования урожайности яровой пшеницы, позволяющая учитывать нелинейный характер взаимосвязей между факторами формирования урожая и целевой переменной.
3. Показана эффективность нейросетевого подхода по сравнению с линейной регрессионной моделью при прогнозировании урожайности пшеницы на основе многомерных входных данных.

4. Разработано автономное устройство сбора и передачи агрометеорологических и почвенных данных с исследуемого поля для дальнейшего формирования локальной базы прогнозирования урожайности.
5. Разработан алгоритм обработки локальных полевых данных, включающий преобразование сигналов датчиков, проверку корректности измерений, присвоение временных меток, структурирование записей и агрегацию данных до суточных, месячных и сезонных признаков.
6. Предложен подход к интеграции локальных данных конкретного хозяйства в нейросетевую систему прогнозирования урожайности, обеспечивающий переход от обобщенной региональной модели к более детализированному локальному прогнозу.

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии методических основ нейросетевого прогнозирования урожайности зерновых культур на основе комплексного учета агроклиматических, почвенно-агрохимических, фитосанитарных и локальных полевых факторов. В работе обоснована необходимость перехода от изолированного анализа отдельных факторов к многомерной модели, способной учитывать нелинейные связи между параметрами среды и урожайностью. Предложенный подход расширяет применение искусственных нейронных сетей в задачах аграрного прогнозирования и цифрового земледелия.

Практическая значимость исследования заключается в возможности применения разработанной нейросетевой системы для поддержки принятия решений в агропроизводстве Северо-Казахстанской области. Практическая значимость работы проявляется в следующих направлениях:

1. Для агропроизводителей – возможность получения прогноза урожайности с учетом комплекса факторов, влияющих на формирование урожая.
2. Для мониторинга состояния посевов – использование устройства сбора и передачи данных для регистрации локальных параметров почвы и микроклимата непосредственно на поле.
3. Для цифровизации сельского хозяйства – формирование единой базы данных, объединяющей региональные, агрохимические, фитосанитарные и локальные полевые сведения.
4. Для научных исследований – возможность дальнейшего развития нейросетевых моделей прогнозирования урожайности с учетом новых источников данных и адаптации модели к другим культурам или регионам.
5. Для образовательного процесса – использование разработанных методик, алгоритмов и программно-аппаратных решений при подготовке специалистов в области информатики, вычислительной техники, управления и цифрового сельского хозяйства.

Апробация результатов. Основные результаты диссертационного исследования прошли апробацию в форме научных публикаций, разработки

программно-аппаратного решения и внедрения результатов исследования в условиях агропроизводства. Разработанная система сбора, обработки и передачи агрометеорологических данных была апробирована на посевных участках ТОО «Агрофирма «Мамлютская». Результаты исследования опубликованы в 6 научных работах, включая статьи в международных рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных уполномоченным органом в области науки и высшего образования. Кроме того, результаты подтверждены инновационным патентом Республики Казахстан.

Личный вклад автора заключается в постановке задачи исследования, формировании исходной базы данных, выборе и обосновании входных признаков нейросетевой модели, выполнении разведочного анализа данных, построении и оценке нейросетевой модели, разработке структуры устройства сбора и передачи данных, анализе результатов полевой апробации, а также обобщении и интерпретации полученных научных результатов. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований получены автором самостоятельно. В научных работах, выполненных в соавторстве, соискателю принадлежит ведущая роль в анализе, обработке и обобщении результатов.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа имеет классическую структуру: введение, основная часть, состоящая из четырех глав, заключение, список использованных источников и приложения. Работа включает теоретический анализ предметной области, построение нейросетевой модели прогнозирования урожайности, разработку устройства сбора полевых данных и интеграцию локальных данных в нейросетевую систему прогнозирования. Количество страниц, рисунков, таблиц и источников подлежит уточнению после завершения четвертой главы и окончательной технической правки диссертации. Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, определены объект и предмет исследования, представлены научная новизна, практическая значимость, положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов и личном вкладе автора.

В первой главе рассмотрены теоретические основы прогнозирования урожайности зерновых культур. Проанализированы агрометеорологические факторы формирования урожайности в условиях Северо-Казахстанской области, традиционные статистические методы прогнозирования, а также современные методы машинного обучения. Установлено, что урожайность пшеницы формируется под воздействием комплекса факторов, связь между которыми имеет сложный и нелинейный характер. Обоснована целесообразность применения искусственных нейронных сетей для решения задачи прогнозирования урожайности.

Во второй главе сформирован исходный набор данных для построения нейросетевой модели прогнозирования урожайности яровой пшеницы. Определены 16 входных признаков, включающих агрохимические, метеорологические и фитосанитарные параметры. Выполнен разведочный

анализ данных, включающий проверку выбросов, анализ описательной статистики, распределения урожайности, корреляционных связей и взаимосвязей ключевых признаков с целевой переменной. Проведена предварительная обработка данных, нормализация и подготовка обучающей выборки. Разработана и оценена нейросетевая модель прогнозирования урожайности, показавшая более высокое качество прогноза по сравнению с множественной линейной регрессией.

В третьей главе разработано и апробировано устройство сбора и передачи локальных полевых данных для нейросетевого прогнозирования урожайности. Представлена структура устройства, включающая сенсорный блок, микроконтроллер, модуль памяти, часы реального времени, GSM/GPRS-модуль связи, систему автономного питания и стационарный модуль приема данных. Рассмотрены аппаратная и конструктивная реализация устройства, выполнена полевая апробация на посевном участке. Показано, что устройство обеспечивает регистрацию локальных параметров почвенно-микrokлиматической среды, а полученные данные могут быть преобразованы, проверены, агрегированы и использованы при формировании локальной базы признаков для нейросетевой модели.

В четвертой главе рассматривается интеграция локальных полевых данных в нейросетевую систему прогнозирования урожайности. Обоснован переход от регионального прогнозирования к локальной адаптации модели на уровне конкретного хозяйства. Описаны формирование, предварительная обработка и разведочный анализ локальной базы данных, включающей сведения, полученные с устройства сбора данных, архивные данные хозяйства, агрохимические и фитосанитарные показатели. Предусматривается построение локальной нейросетевой модели, позволяющей уточнять прогноз урожайности с учетом фактических условий посевного участка. Окончательные результаты данного раздела будут уточнены после завершения четвертой главы.

В заключении представлены основные результаты диссертационного исследования, сформулированы выводы по разработке нейросетевой системы прогнозирования урожайности зерновых культур, оценке качества модели, созданию устройства сбора полевых данных и интеграции локальной информации в систему прогнозирования.