ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМУ КОМПЛЕКСУ РАСПРЕДЕЛЕННОГО КОНТРОЛЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Ю.В. Сосновский

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, Физико-технический институт

РФ, Республика Крым, г. Симферополь, пр. акад. Вернадского, 4

E-mail: Sosnovskiy.yv@cfuv.ru

Обоснована необходимость локального контроля гидрометеорологических параметров для ведения эффективного сельского хозяйства. Такой контроль возможен на основе создания сети аппаратно-программных измерительных комплексов, осуществляющих текущий контроль агрометеорологических параметров (минимум 10), первичную обработку данных, регистрацию, визуализацию и прогноз состояния среды. Приводится структура и усеченное техническое задание на комплекс.

Ключевые слова: агрометеорологические данные, измерительно-вычислительный комплекс, измерительный канал, эффективная температура.

Введение. Одним из направлений развития систем контроля окружающей среды является мониторинг агрометеорологических показателей. К ним обычно относят температуру и влажность воздуха, температуру различных слоев почвы и ее влажность, атмосферное давление, интенсивность солнечной радиации, к ним можно также добавить направление и силу ветра.

Для ведения эффективного сельского хозяйства большую значимость имеет информация о текущем состоянии агрометеорологических данных, на основе которой возможно принятие обоснованных решений. Однако не меньшую роль играет также и прогнозирование отдельных показателей (температура, влажность, солнечная радиация, количество осадков) и динамики агрометеорологи-

ческих моделей, основанных на изменениях этих показателей [1–5].

Известно значительное количество методов обработки агрометеорологических показателей и математических моделей, позволяющих интеллектуализировать процесс принятия решений в сельском хозяйстве [6]. Особенностью многих из этих методов является необходимость точной привязки агрометеорологических данных к местам произрастания с.-х. культур. Использование общих данных по региону существенно снижает точность моделей роста, заболеваемости с.-х. культур и на практике приводит к отказу от их использования.

Решением указанной проблемы является разработка аппаратно-программного комплекса распределенного сбора и анализа агрометеорологических данных.

Таблица 1. Список агрометеорологических параметров

Наименование параметра, ед. измерения	Условная точность
Температура воздуха, °С	0,5
Температура поверхностного слоя почвы, °С	
Температура слоя почвы на глубине 25 см, °С	
Влажность воздуха, 0–100% RH	2
Скорость ветра, м/с	0,5
Атмосферное давление, мм. рт. ст.	0,1
Направление ветра	н/д
Интенсивность солнечного света	
Накопленная интенсивность осадков, мм	0,5
Влажность почвы, 0–200 сантибар (сб)	1

Основной целью данной работы является создание измерительно-вычислительного комплекса, расположенного непосредственно «в поле», осуществляющего сбор необходимых данных, их первичную обработку и передачу с заданной периодичностью на модуль анализа и обработки информации. Минимальный перечень необходимых данных и требования к их точности представлен в табл. 1.

Кроме данных, указанных в табл. 1, требуется регистрация технологических параметров, в частности – текущего времени, напряжения питания и т.п. Большой блок параметров является расчетным, например сумма эффективных температур (сумма средних температур, превышающих пороговый показатель),

накопленная влажность, накопленное солнечное излучение и др. Очевидно, что этот вид расчетов целесообразно выполнять не на локальном модуле, а централизованно.

Таким образом, основные составляющие АПК следующие: измерительные каналы (ИК_i); измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) в виде автономного модуля сбора, первичной обработки результатов измерений и модуль передачи агрометеорологических данных; модуль единой авторизации, приема, централизованного хранения и обработки параметров; модули, реализующие интерфейс к первичным и расчетным данным и моделям. Структура автономного модуля комплекса показана на рис. 1, серверного модуля – на рис. 2.

Рис. 1. Структура АПК, автономный модуль

Рис. 2. Структура АПК, серверный модуль

Актуальность и направленность работы. Сфера применения искусственного интеллекта (ИИ) постоянно расширяется, при этом он демонстрирует экономическую эффективность в разных прикладных областях. Внедрение ИИ в принятии решений в сельском хозяйстве позволяет повысить урожайность и снизить финансовые издержки. Это, в частности, требует точного определения сроков и необходимости внесения удобрений, выполнения обеззараживания и т.п. В качестве примера можно привести та-

кое заболевание, как «Яблонная плодожорка», которая повреждает плоды яблони, груши, сливы, персика, черешни, айвы, грецкого ореха, граната. В садах Республики Крым сильнее вредит на яблоне и груше. В отдельные годы, особенно при нарушении технологии защиты, уровень поврежденных плодов яблоневой плодожоркой может достигать 90%. Расчетные суммы эффективных температур (СЭТ) [7], являются ориентиром для проведения опрыскиваний против яблонной, сливовой и грушевой

плодожорок. Соответственно, для каждого типа вредителей и с.-х. культуры есть своя группа расчетных показателей, когда требуется проведения тех или иных с.-х. манипуляций. И их выполнение не по расписанию, а по реальной потребности позволяет существенно снизить издержки и повысить урожайность с.-х. культуры.

Получение данных и формирование прогноза по области параметров в ре-

альном режиме времени – актуальная цель создания аппаратно-программного комплекса распределенного контроля агрометеорологических данных.

Формально, в области изменения параметров внешней среды существует множества, классифицируемые как благоприятные (S_1), рискованные (S_2) и опасные (S_3) состояния условий для каждого вида Agr_i с.-х. культуры (рис. 3).

Рис. 3. Условные состояния внешней среды

Данные состояния подвержены изменениям в случайные моменты времени. Соответственно, данный процесс, с некоторой долей погрешности, может быть описан эргодической регулярной полумарковской цепью, для которой может быть составлена матрица вероятностей переходов P_{ij} . Рассматриваемый АПК выполняет задачу интеллектуального распознавания множества и оценке вероятностей переходов между состояниями. Построенная полумарковская модель с оценками вероятностей P_{ij} в ходе работы АПК будет уточняться и может выступать в качестве основы для СПР более высокого уровня.

Техническое задание на разработку АПК в усеченном виде. Требуется разработать и реализовать аппаратно-программный комплекс распределенного контроля агрометеорологических данных и прогнозов заболеваемости с.-х. культур в составе:

1) измерительных каналов с учетом данных табл. 1, измерительно-вычислительного комплекса, модуля передачи данных и модуля автономного питания;

2) центрального сервера с модулем единой авторизации и базой данных;

3) программную систему с элементами искусственного интеллекта для расчета прогнозов состояний параметров

заболеваемости с.-х. культур на основе получаемых данных;

4) программную систему визуализации текущих, прогнозных данных, функционирующую в режиме Интернет-браузера и как отдельное приложение для Android-устройств.

Задачи, выполняемые модулями системы: Модуль 1 – автономная работа (энергонезависимость и беспроводная передача данных), регулярный сбор (настраиваемый период) параметров, указанных в табл. 1, передача их и сервисных данных на сервер, находящийся в Интернет, обеспечение безопасности канала передачи данных.

Модуль 2 – авторизация электронных подключений автономных модулей и клиентов, сбор данных, сохранение их в базу данных, обеспечение безопасности данных.

Модуль 3 – выполнение математических расчетов прогнозов состояний с.-х. культур с элементами искусственного интеллекта. Также рассчитывается локальный прогноз погоды (экстраполяция значений давления, температуры, влажности и др.), прогноз заболеваемости с.-х. культур по матрицам логических условий.

Модуль 4 – организация web-интерфейса с клиентом для отображения данных автономного модуля, отображе-

ния прогнозов состояний и интеллектуальная компонента для обоснованного принятия решений, а также Android-приложение, реализующее указанные функции, но имеющее адаптированный для мобильного устройства интерфейс.

Кроме указанных требований, заказчик выразил желание получить совместные авторские права на фрагменты кода модуля 3 ввиду собственных методов обработки с.-х. и метеорологических данных, а также иметь возможность дальнейшей доработки алгоритмов, в том числе, составляющих «ноу-хау» заказчика и интерфейса ПО, что потребовало разработки собственной системы, а не применения в той или иной степени готовых решений.

Заключение. Детальная проработка каждого пункта, выполнена, но ввиду очевидных причин полностью в работе не приводится.

Важный вопрос – оптимальное взаимное расположение множества автономных модулей при масштабировании системы. Эта задача на сегодняшний день является дискуссионной, в том числе и за счет появления новых дистанционных технологий зондирования с помощью беспилотных летательных аппаратов и средств спутникового анализа, которые, в перспективе, позволят использовать автономные модули, находящиеся «в поле» для привязки и верификации дистанционно получаемых значений. Однако, в любом случае, среднее расстояние между автономными модулями «в поле» в любом случае будет иметь порядок измерения «километры», что накладывает определенные ограничения

на выбор коммуникационных технологий и протоколов.

Описанное техническое задание позволяет решать актуальную научно-практическую задачу по созданию распределенной системы сбора и интеллектуальной обработки агрометеорологической информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хворова Л.А., Гаврильская Н.В., Лопатин Н.Н. Применение информационных технологий, математических методов и моделей для обработки и анализа многомерных данных // Известия Алтайского государственного университета. 2006. С. 83–88.
2. Рыжова И.М. Математическое моделирование почвенных процессов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. 82 с.
3. Пачепский Я.А. Математические модели процессов в мелиорируемых почвах. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. 85 с.
4. Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М.: РАСХН. 1999. 306 с.
5. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1981.
6. Моделирование динамики органического вещества почв / М.В. Глаголев, А.К. Губер, Н.Б. Садовникова [и др.]. М.: Изд-во МГУ, 2001. 120 с.
7. Пятнова Ю.Б., Вендило Н.В., Плетнев В.А. Феромоны садовых вредителей // Сборник научных трудов ГНБС. 2017. № 144. Ч. II. С. 186–190.

HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM OF DISTRIBUTED CONTROL OF AGRO-METEOROLOGICAL DATA

Yu.V. Sosnovskii

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Physic-technical Institute, Department of Computer Engineering and Modeling, Russian Federation, Simferopol, Vernadsky Av., 4

The paper presents the rationale, general requirements and formed technical task for the development of hardware and software system of distributed control of agro-meteorological data, implemented at the department Computer Engineering and Modelling of V.I. Vernadsky Crimean Federal University.

Keywords: agro-meteorological data, measuring and computing complex, measuring channel, effective temperature.