

ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УРБАНИЗИРОВАННОГО РАСТЕНИЕВОДСТВА

Е. М. Басарыгина, С. В. Черепухина, В. В. Деев, Е. А. Колотыгина

Цифровая инфраструктура сельского хозяйства опирается на технологические решения, к которым относятся технологии городского сельского хозяйства и автономных вертикальных ферм. Для реализации комплекса мер по цифровой трансформации урбанизированного растениеводства необходимо использование информационно-коммуникационных технологий в процессе производства продукции. Наряду с выполнением операций, направленных непосредственно на осуществление вегетационного процесса, следует выполнять дополнительные виды действий, которые направлены на создание базы данных по перспективным агротехнологиям, параметрам микроклимата; культурам и сортам и т.д. В этом плане целесообразным является использование информации, получаемой с помощью спектрального оборудования и системы видеонаблюдения, которая может являться частью общей системы компьютерного (машинного) зрения. Сбор такой информации осуществлялся в лаборатории урбанизированного растениеводства ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ с помощью системы видеонаблюдения, установленной на фитотроне «Роса-1», и спектрофотометра «ТКА-Спектр» (ФАР). В статье представлены данные, относящиеся к выращиванию растений земляники: наглядная информация, получаемая с помощью цифрового фитотрона, и параметры светового режима в фитоценозе. В частности, соотношение облученности в синей, зеленой и красной спектральных зонах составило соответственно 16,7; 28,6; 54,7%. Использование указанных значений в качестве нормированных позволяет оценить коэффициент отклонения спектра и энергоемкость облученности в соответствии с энергоинформационным подходом, который предусматривает использование расчетных данных по энергоемкости производства продуктов урбанизированного растениеводства в цифровой форме. В целом базы данных, формируемые в условиях лаборатории, предназначены для реализации мероприятий, связанных с цифровой трансформацией урбанизированного растениеводства путем использования данных в цифровой форме при планировании и управлении производством продуктов растениеводства; поддержки принятия решений, консультационного сопровождения и обучения; перехода к «умному» производству; внедрения систем компьютерного зрения.

Ключевые слова: цифровая трансформация, урбанизированное растениеводство, данные в цифровой форме, компьютерное зрение, энергоинформационный подход.

В последние годы интенсивное развитие и широкое распространение цифровых технологий значительно изменяют отрасли экономики и социальную среду [1–3]. В подавляющем большинстве исследований высоко оценивается значимость цифровизации для развития отраслей экономики [4–6].

В статье рассматриваются перспективные направления цифровой трансформации АПК на примере урбанизированного растениеводства.

В нашей стране приняты программные документы, в которых предусматривается «комплекс мер, направленных на развитие цифровых технологий и их задействования в различных отраслях экономики» [7–9]. Программой

«Цифровая экономика Российской Федерации», ориентированной на Стратегию развития информационного общества в нашей стране на 2017–2030 годы, определено следующее: «Цифровая экономика представляет собой хозяйственную деятельность, в которой данные в цифровой форме являются ключевым фактором производства» [8, 9].

В информационном издании ФГБНУ «Росинформагротех «Цифровая трансформация сельского хозяйства России» указывается, что «цифровая трансформация сельского хозяйства России» предусматривает решение ряда задач, к которым относятся: «внедрение цифровых инструментов для использования информационных ресурсов,

платформ и технологий, повышающих эффективность сельскохозяйственного производства; создание технологий и технических средств для автоматизации, роботизации интеллектуального сельскохозяйственного производства; развития цифровой среды для дистанционного аграрного образования и рынка профессионального агроконсультирования».

Стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Челябинской области предусматривает «реализацию проектов по цифровой трансформации ключевых отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления, а также в сфере промышленности, сельского хозяйства и энергетической инфраструктуры».

В докладе НИУ ВШЭ (далее Доклад) «Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты» предложено «определение цифровой трансформации как качественного изменения в бизнес-процессах или способах осуществления экономической деятельности (бизнес-моделях) в результате внедрения цифровых технологий, приводящих к значительным социально-экономическим эффектам».

В Докладе указывается, что «цифровая» инфраструктура сельского хозяйства опирается на следующие технологические решения (рис. 1): точное земледелие; беспилотные летательные

аппараты; сенсоры; роботизация; электронные карты полей; беспилотная сельхозтехника; шеринг сельскохозяйственной техники; инновационные сервисы (государственные и коммерческие) «по управлению фермой», «инструменты для сбора и анализа информации» и т.д.; технологии городского сельского хозяйства и автономных вертикальных ферм.

Цифровая трансформация направлена на преодоление глобальных вызовов, связанных с увеличением потребности в продовольствии; истощением продуктивности сельхозземель; изменением агроклиматических условий и, по мнению специалистов, даст такие положительные эффекты, как снижение себестоимости, повышение урожайности, обеспечение продовольственной безопасности, рациональное природопользование и т.д.

В Докладе сказано, что в сельскохозяйственном секторе основной эффект от цифровизации достигается при наличии эффективной цифровой экосистемы данных, позволяющей осуществлять планирование и управление сельскохозяйственной деятельностью, в связи с чем «ключевыми задачами становятся импортозамещение в области цифровых технологий» в агропромышленном комплексе; «разработка отечественных продуктов и сервисов; стимулирование сельхозпроизводителей к внедрению комплексных российских решений».



Рис. 1. Цифровая инфраструктура сельского хозяйства



Материал и методы исследований

В сфере урбанизированного растениеводства перспективным представляется использование передовых цифровых технологий, относящихся к следующим группам, указанным в докладах НИУ ВШЭ к XXII Апрельской международной научной конференции по проблемам развития экономики и общества «Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты»: «нейротехнологии и искусственный интеллект (компьютерное зрение; рекомендательные системы и интеллектуальные системы поддержки принятия решений и т.д.); технологии распределенного реестра; новые производственные технологии (технологии умного производства; манипуляторы и технологии манипулирования); компоненты робототехники и сенсорика (сенсоры и цифровые компоненты робототехнического комплекса для человеко-машинного взаимодействия; сенсоры и обработка сенсорной информации); технологии беспроводной связи; технологии виртуальной и дополненной реальности».

Для реализации комплекса мер по цифровой трансформации урбанизированного растениеводства необходимо использование информационно-коммуникационных технологий в процессе производства продукции. Наряду с выполнением операций, направленных непосредственно на осуществление вегетационного процесса, следует выполнять дополнительные виды действий, которые направлены на созда-

ние базы данных по перспективным агротехнологиям, параметрам микроклимата; культурам и сортам и т.д. В этом плане целесообразным является использование информации, получаемой с помощью спектрального оборудования и системы видеонаблюдения, которая может являться частью общей системы компьютерного (машинного) зрения.

Сбор такой информации осуществлялся в лаборатории урбанизированного растениеводства ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ с помощью системы видеонаблюдения, установленной на фитотроне «Роса-1», и спектрофотометра «ТКА-Спектр» (ФАР). Технические характеристики оборудования, указанные в руководстве по эксплуатации, приведены в таблице 1.

В качестве примера приведены данные, относящиеся к выращиванию земляники в октябре 2021-го – январе 2022 года. Выращивание осуществлялось при соблюдении температурно-влажностного режима (температура воздуха 20...22 °С; относительная влажность воздуха 35...45%) и обеспечении светового режима с помощью светильников ФИТО-СВЕТ, установленных на фитотроне «Роса-1» [8, 9], предоставленном ООО «Нефтехимавтоматика» (г. Санкт-Петербург). Досвечивание растений осуществлялось преимущественно в ночной период; продолжительность светового дня составляла 12...14 час. Коэффициенты, оценивающие соотношение облученности в трех спектральных зонах (синей, зеленой, красной) определялись с помощью выражений:

Таблица 1 – Технические характеристики оборудования

№	Наименование	Технические характеристики
«Спектрофотометр «ТКА-Спектр» (ФАР)»		
1	Полная облученность: предел измерений	0,100...600 Вт/м ²
2	Режимы работы	«непрерывный / пауза»
3	Область спектра	0,400...0,790 мкм
4	Принимающее устройство	полихроматор
5	Изменение длины волны при сканировании	33,3 ангстрем
Система видеонаблюдения за ростом растений		
6	Количество камер видеонаблюдения	4
7	Срок хранения данных на видеорегистраторе	0,5...1 мес.
8	Количество вводов на видеорегистраторе	4...8
9	Производительность	Мультиплекс (одновременно: живое видео, запись, воспроизведение, сеть, архивирование, меню)

$$k_{\text{син}} = \frac{E_{\text{син}}}{E_{\text{ФАР}}}; k_{\text{зел}} = \frac{E_{\text{зел}}}{E_{\text{ФАР}}}; k_{\text{кр}} = \frac{E_{\text{кр}}}{E_{\text{ФАР}}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{син}}$, $E_{\text{зел}}$, $E_{\text{кр}}$ – облученность в синей (400...500 нм), зеленой (500...600 нм) и красной (600...700 нм) зонах спектра соответственно, Вт/м²;

$E_{\text{ФАР}}$ – полная облученность в диапазоне 400...700 нм, Вт/м².

Результаты и их обсуждение

Информация, полученная с помощью спектрофотометра и цифровых видеокамер, представлена на рисунках 2, 3. На рисунке 2 показана наглядная информация, получаемая с помощью системы видеонаблюдения за ростом растений.

К преимуществам цифрового фитотрона относятся возможности осуществления непрерывного фитомониторинга (в том числе в условиях удаленного доступа); своевременного выявления стрессовых состояний и отклонений от нормального роста и развития растений; снижения финансовых рисков; внедрения технологий компьютерного зрения и т.д.

Показания спектрофотометра, представленные на рисунке 3, позволяют получить рекомендации по параметрам светового режима в фитоценозе, необходимом для выращивания растений земляники в условиях агроурбанистики. В частности, соотношение облученности в синей, зеленой и красной спектральных зонах составляло соответственно 16,7; 28,6; 54,7%.

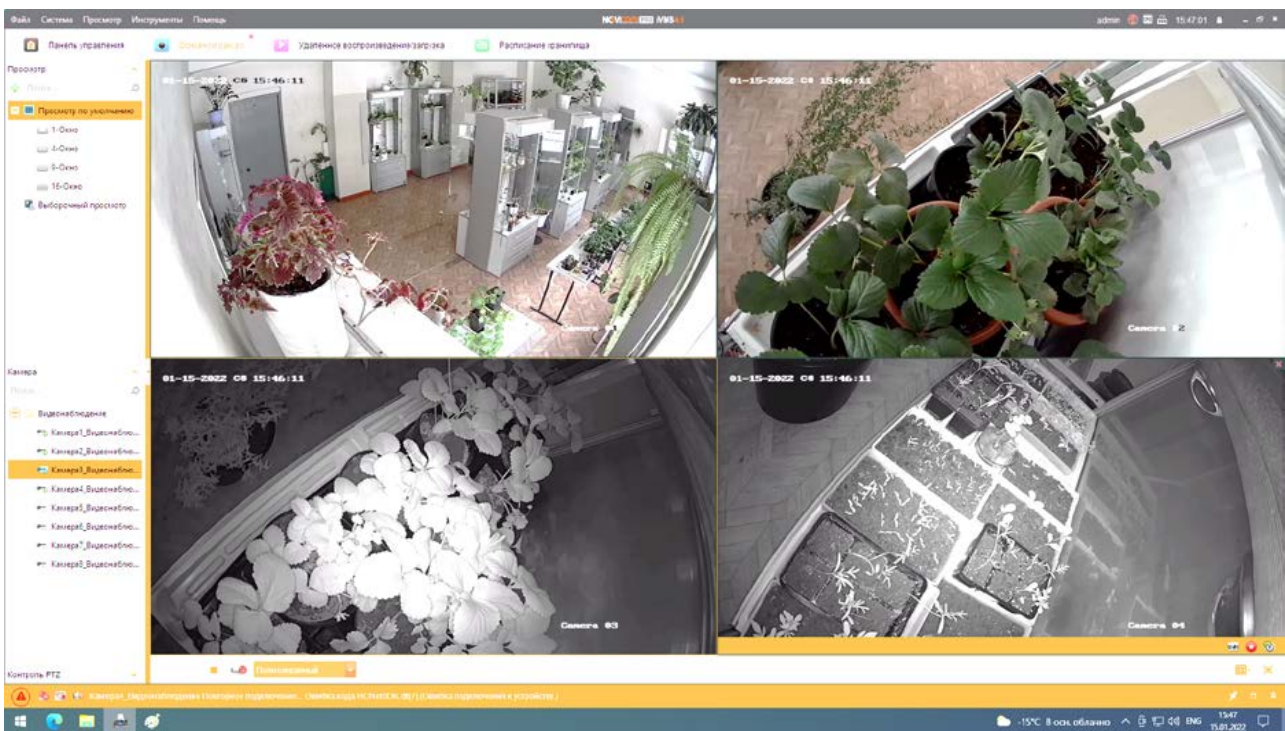


Рис. 2. Информация, получаемая с помощью системы видеонаблюдения за ростом растений

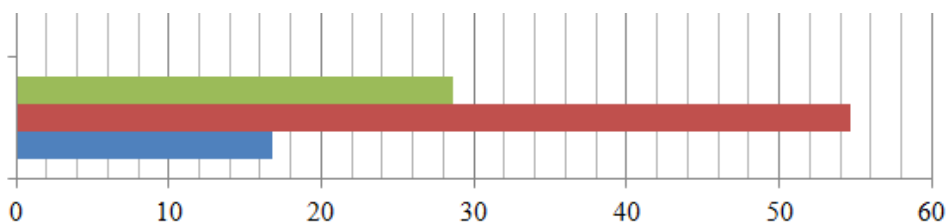


Рис. 3. Соотношение облученности в синей, зеленой и красной зонах спектра



Использование указанных значений в качестве нормированных позволяет оценить (в соответствии с руководством по эксплуатации спектрофотометра «ТКА-Спектр» (ФАР)) коэффициент отклонения спектра k_s и энергоемкость облученности ε_E :

$$k_s = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 (k_i - k_i'')^2}; \quad (2)$$

$$\varepsilon_E = \frac{E_{\text{ФАР}}}{E_{\text{ФАР}}''}, \quad (3)$$

где k_i'' – нормированные значения соотношения облученности в трех спектральных зонах;

$E_{\text{ФАР}}''$ – нормированное значение полной облученности.

Определение этих показателей осуществляется в соответствии с энергоинформационным подходом, который предусматривает использование расчетных данных по энергоемкости производства продуктов урбанизированного растениеводства в цифровой форме [8, 9].

В целом базы данных, формируемые в условиях лаборатории, предназначены для реализации мероприятий, связанных с цифровой трансформацией урбанизированного растениеводства путем использования данных в цифровой форме при планировании и управлении производством продуктов растениеводства; поддержке принятия решений, консультационного сопровождения и обучения; переходе к умному производству; внедрении систем компьютерного зрения.

Выводы

Таким образом, в результате проведенных исследований выделены перспективные цифровые технологии, внедрение которых будет способствовать цифровой трансформации урбанизированного растениеводства. Ключевой задачей для реализации комплекса мер по цифровой трансформации является использование информационно-коммуникационных технологий в процессе производства продукции и создание баз данных, получаемых с помощью спектрального оборудования и систем видеонаблюдения, которые необходимы при планировании и управлении производством; поддержке принятия решений, консультационном сопровождении и обучении; переходе

к «умному» производству; внедрении систем компьютерного зрения.

Список литературы

1. Формирование и развитие цифровой экономики в АПК Челябинской области / О. Д. Рубаева [и др.]. Челябинск, 2020. 240 с.
2. Training of engineering personnel for working in agriculture considering the requirements for digitalization development in agro – industrial complex / O. D. Rubaeva, I. A. Zubareva, N. A. Pakhomova, E. A. Malykhina // Journal of Environmental Management and Tourism. 2020. Т. 11. № 3 (43). С. 692–703. DOI: [https://doi.org/10.14505//jemt.v11.3\(43\).23](https://doi.org/10.14505//jemt.v11.3(43).23).
3. Rubaeva O., Pakhomova N., Nikitina T. Senior population employment as a factor of rural areas sustainable development // E3S Web of Conferences. Ser. «Ural Environmental Science Forum Sustainable Development of Industrial Region, UESF – 2021». 2021. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125810005>.
4. Digilina O. B., Teslenko I. B., Abdullaev N. V. Industry 4.0: Contents, Problems and Perspectives // Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC: Perspectives on the use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. Cham, 2019. P. 32–38. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-90835-9_4.
5. Digital platforms in the modern economy: the concept, features and development trends / I. B. Teslenko [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Т. 87. С. 652–661. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-29586-8_76.
6. Teslenko I. B., Abdullaev N. V., Digilina O. B. Status and perspectives for the use of additive technologies in various branches of Russian industry // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 012093. DOI: [10.1088/1757-899X/483/1/012093](https://doi.org/10.1088/1757-899X/483/1/012093).
7. Basarygina E. M., Shershnev A. V., Putilova T. A. Nutrition ecology: ensuring plant products quality // Ecological Agriculture and Sustainable Development. Editors: Prof. Dr Litovchenko Viktor Grigorievich, rector of South Ural State Agrarian University; Prof. Dr Mirjana Radovic Markovic, South Ural State University. 2019. С. 169–175.
8. Басарыгина Е. М., Шершнева А. В. Перспективы цифровизации отрасли тепличного растениеводства // АПК России. 2018. Т. 25. № 4. С. 530–534.

9. Басарыгина Е. М., Деев В. В., Черепухина С. В. Фитомониторинг в условиях урбанизированного агропроизводства // АПК России. 2020. Т. 27. № 5. С. 772–776.

Басарыгина Елена Михайловна, д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой «Математические и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: b_e_m@mail.ru.

Черепухина Светлана Васильевна, канд. экон. наук, доцент, ректор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: rktr@sursau.ru.

Деев Виталий Вячеславович, исполнительный директор, ООО «Нефтехимавтоматика».

E-mail: sales@nha-spb.ru.

Колотыгина Евгения Александровна, аспирант, кафедра «Математические и естественнонаучные дисциплины», ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный аграрный университет.

E-mail: gjr@mail.ru.

* * *