

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2019, №4, Том 6 / 2019, No 4, Vol 6 <https://resources.today/issue-4-2019.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/19INOR419.pdf>

DOI: 10.15862/19INOR419 (<http://dx.doi.org/10.15862/19INOR419>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Гаврилова И.В. Разработка умной теплицы для личного подсобного хозяйства // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №4, <https://resources.today/PDF/19INOR419.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/19INOR419

For citation:

Gavrilova I.V. (2019). Developing a smart greenhouse for a personal subsidiary farm. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 4(6). Available at: <https://resources.today/PDF/19INOR419.pdf> (in Russian)
DOI: 10.15862/19INOR419

УДК 338.43+004.896

ГРНТИ 06.54.51; 28.23.27

Гаврилова Ирина Викторовна

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, Россия
Доцент кафедры «Бизнес-информатики и ИТ»
Кандидат педагогических наук, доцент
E-mail: i.gavrilova@magtu.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4283-5810>
РИНЦ: http://elibrary.ru/author_profile.asp?id=616480
Web of Science: <https://publons.com/researcher/3306609/irina-gavrilova/>

Разработка умной теплицы для личного подсобного хозяйства

Аннотация. В статье рассматриваются проблема разработки и применения роботизированных теплиц в непромышленных масштабах, преимущественно для садово-огороднических участков, владельцами которых являются около 50 % населения России. Основная проблема – дороговизна существующих технологий построения «умных теплиц», из-за которой они недоступны большому числу российских садоводов. Уточняется понятие «умная теплица», приводится обзор современных тенденций построения роботизированных теплиц, а также описание постановки эксперимента, заключавшегося в разработке технологии «умной теплицы», и его результаты. Анализ результатов показал, что создание «умной теплицы» подразумевает наличие у разработчика умений в области механики, электротехники и микроэлектроники, программирования, в том числе – программирования микроконтроллеров и разработки баз знаний, а также знаний технологии выращивания различных сельскохозяйственных культур в тепличных комплексах. Непродуманность любого аспекта роботизированной теплицы снижает эффективность технологии, а инвестиции не окупаются. Напротив, грамотный подход к созданию «умной теплицы» способен существенно повысить урожайность при сокращении трудозатрат владельцев садовых участков. Так, своевременное (мгновенное) оповещение о нештатных ситуациях (выход значений контролируемых параметров за технологические границы, выход из строя оборудования и т. п.) сводит к минимуму потери от аварий и нарушений технологического режима. Вместе с тем, повышение уровня интеллектуальности теплиц сопряжено с увеличением расходов на её разработку. На текущий момент стоимость роботизированной теплицы достаточно высока для целевой аудитории, что предполагает дальнейшие исследования в области создания комплексных и экономичных решений для «умных теплиц».

Ключевые слова: умные теплицы; личное подсобное хозяйство; автоматизированные системы управления; роботизированные теплицы; Ардуино; эффективность умных теплиц; базы знаний

Введение

Глобальное потепление – угроза сельскому хозяйству. Ученые предполагают, что оно может привести к сокращению площади земель, пригодных для ведения сельского хозяйства, а также снизить эффективность традиционных агротехник вследствие изменения климата. Недостаток продуктов питания в этой ситуации становится вполне реальной угрозой для всего человечества. По этой причине исследователи занимаются разработкой новых технологий, позволяющих повысить урожайность и снизить связанные с изменением климата риски [1; 2].

Тепличное растениеводство – один из наиболее популярных способов обеспечения урожайности в неблагоприятных для роста и развития растений условиях. Протяженность тепличных комплексов может достигать нескольких гектар, поэтому их руководство заинтересовано в автоматизации и роботизации обслуживания этих территорий. На текущий момент уже разработаны автоматизированные системы управления микроклиматом для крупных тепличных комбинатов, однако эти решения не подходят для мелких предприятий, а также личных подсобных хозяйств.

В Российской Федерации около 50 % населения имеет садово-огороднические участки, при этом работает на них в свободное от основной деятельности время. Для домохозяйств с доходом до двух прожиточных минимумов на одного человека личные подсобные хозяйства являются основным источником пищи растительного происхождения. Безусловно, владельцы таких участков в большей степени заинтересованы в сокращении физического труда, повышении урожайности, а также сокращении рисков, связанных с погодными условиями, чем, например, мелкие сельскохозяйственные предприятия. К сожалению, использование традиционных теплиц не способно решить все перечисленные задачи.

Сейчас, в силу развития информационных и интеллектуальных технологий, всё больше владельцев садовых и огородных участков задумываются о внедрении роботизированных теплиц, которые по аналогии с технологией «умный дом» называют «умными теплицами».

В общем смысле умная теплица – это технология автоматизации (роботизации) растениеводства, основанная на внедрении интеллектуальных информационных технологий в тепличные сооружения. Аппаратную часть умной теплицы составляют датчики температуры, освещенности и влажности, а также сеть электроприводов, приводящих в действие отдельные части систем освещения, полива и вентиляции; программную – интеллектуальная система мониторинга состояния датчиков и управления электроприводами, обеспечивающая оптимальный для выращиваемой сельскохозяйственной культуры микроклимат внутри теплицы.

1. Обзор исследований

Анализ научной литературы последних лет показал, что исследователи рассматривают преимущественно технологии разработки систем управления микроклиматом крупных тепличных комплексов, при этом акцент делается на интеллектуальных [3–9], беспроводных технологиях [10–12] и технологии IoT [13]. Это оправданно, поскольку такие инфраструктурные решения не зависят от топологии земельных участков, а также способны обеспечить охват территории любой площади.

Часть работ касаются выбора модели представления знаний, наиболее удобной для разработки базы знаний системы управления тепличными комплексами [14]. Вопросы разработки элементной базы в настоящий момент почти не затрагиваются, т. к. на современном уровне развития электроники, автоматики и робототехники для решения таких достаточно несложных задач можно подобрать нужное сочетание датчиков, контроллеров и электродвигателей без особых проблем [15].

Следует отметить, что в последние несколько лет умные теплицы стали предметом многих исследований, в которых молодые ученые предлагают различные варианты разработки умных теплиц и оценивают их эффективность [16–19]. Десятки работающих проектов умных теплиц разрабатывают сами владельцы личных подсобных хозяйств; примеры таких теплиц можно найти в глобальной сети, при этом авторы подчёркивают дороговизну решений.

2. Методология

В своей работе мы опирались преимущественно на аналитические и эмпирические методы исследования, к которым относились анализ официальных статистических данных по агропромышленной отрасли сельского хозяйства, анализ тенденций нормативно-правовых инструментов регулирования сельского хозяйства в Российской Федерации, изучение отечественного и зарубежного опыта разработки роботизированных теплиц, представленного в научных журналах, а также эксперимент по разработке и применению умной теплицы на садовом участке.

Эксперимент осуществлялся в несколько этапов.

На первом этапе был выполнен отбор элементной базы для будущих теплиц, а также разработана топология интеллектуальной системы управления теплицей, здесь активно использовался опыт наших других проектов разработки интеллектуальных систем [20; 21].

На втором этапе осуществлялось конструирование узлов «умных теплиц», т. к. предполагалось сравнить два варианта управления теплицей: с участием и без участия человека.

На третьем этапе были разработаны два варианта интеллектуальной системы управления теплицей: без лица, принимающего решение, полностью автономный вариант, и частично автоматизированный вариант, при котором решение по управлению узлами теплицы принимал человек.

Четвертый этап – непосредственно сам эксперимент, подразумевающий уход за высаженной в теплицы культурой. Для чистоты эксперимента использовалась рассада одного сорта томатов, выращенная в одинаковых условиях.

На пятом этапе осуществлялся анализ результатов эксперимента, расчет себестоимости решений и их сопоставление с доходами целевой аудитории, формулировались выводы.

3. Результаты эксперимента

Сравнительный анализ функционала и стоимости существующих программных решений (ОВЕН, SIMATIC S7, Priva Connex, АСУ МТ "Климат" от НПО «Автоматика») показал, что функционально системы практически идентичны. Они все отслеживают состояние датчиков влажности, освещенности, температуры, содержания углекислого газа, подают сигнал о выходе за пределы допустимых значений. Самое дешевое решение предлагает российская компания ОВЕН – от 300 тысяч рублей.

Разрабатываемая система включает блок управления на базе микроконтроллера, измерительный датчик температуры окружающего воздуха, измерительный датчик влажности почвы, измерительный датчик освещения, систему разделения напряжения, Lan, Wi-Fi и радио интерфейсы, LCD – экран. Основными критериями выбора компонентов для системы выступали легкая доступность, низкая стоимость, возможность ремонта без привлечения специалистов, простота эксплуатации. Для разработки системы управления тепличным комплексом была выбрана плата Arduino Mega на базе микроконтроллера ATmega2560. Подробнее проектные решения описаны в работе [7].

Следует отметить, что вариант, при котором система только передает уведомления оператору, а затем удаленно выполняет его команды, был разработан быстрее за счет того, что не потребовалось вводить правила.

После того, как были установлены и подключены к системе управления умной теплицей датчики, начался эксперимент, заключающийся в регулярной фиксации параметров микроклимата теплиц и решений по его регулированию системой и владельцем участка. Эксперимент показал, что решения не всегда совпадали – при этом автоматизированная система «ошибалась» чаще. Скорее всего, причина этого кроется в том, что при разработке базы знаний системы не учитывались законы термодинамики, что приводило к нерациональному расходу энергии (например, в первой теплице система открыла окна, не допуская перегрева растений, затем воздух за счет открытых окон охладился так, что для поддержания температуры пришлось включить подогрев, другая теплица с закрытыми окнами свое тепло сохранила практически без ущерба для растений).

Эксперимент показал, что ручное управление датчиками, несмотря на большую трудоемкость по сравнению с полностью автономным управлением, оказалось более эффективным за счет того, что система управления не всегда принимала правильные решения. Этот недостаток может быть устранен за счет более тщательного продумывания правил базы знаний системы. Кроме того, интеллектуальная система должна «знать» климатические особенности выращивания всех культур, для которых предполагается использовать теплицу. В случае ручного управления это необязательно, поскольку используется опыт самого садовода.

Затраты на создание умной теплицы были разделены на затраты на программное обеспечение (около 3 500 руб.) и затраты на оборудование для теплицы (примерно 16 500 руб.). Затраты на разработку программного обеспечения на аппаратное обеспечение не учитывались, поскольку согласно данным российской статистики в настоящее время все домохозяйства обеспечены вычислительной техникой, и к разработке системы не привлекаются сторонние специалисты. Следует учесть, что система управления теплицей нетребовательна к ресурсам, поэтому достаточно самой недорогой конфигурации. Таким образом, себестоимость роботизации теплицы составляет около 20 тысяч рублей, что сопоставимо со стоимостью новой теплицы, поэтому решение вполне доступно для владельцев садовых и огородных участков со средним уровнем доходов.

Заключение

Самостоятельное создание умной теплицы подразумевает наличие у разработчика умений в области механики, электротехники и микроэлектроники, программирования, в том числе – программирования микроконтроллеров и баз знаний, а также знаний технологии выращивания различных сельскохозяйственных культур в тепличных комплексах. Непродуманность любого аспекта роботизированной теплицы снижает эффективность разработки, а инвестиции не окупаются. Напротив, грамотный подход к созданию умной теплицы способен существенно повысить урожайность при сокращении трудозатрат

владельцев садовых участков. Вместе с тем, повышение уровня интеллектуальности теплиц сопряжено с увеличением расходов на её разработку. На текущий момент стоимость роботизированной теплицы достаточно высока для части целевой аудитории, что предполагает дальнейшие исследования в области создания комплексных и экономичных решений для умных теплиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Could agricultural system be adapted to climate change? M. Ahmed [ect.] // A review, Australian Journal of Crop Science. 2013. Vol. 7. No 11. P. 1642–1653.
2. Bagley J.E., Miller J., Bernacchi C.J. Biophysical impacts of climate-smart agriculture in the midwest United States // Plant, Cell & Environment. 2015. Vol. 8, No 9, p. 1913–1930.
3. Haefke M.K., Mukhopadhyay S., Ewald H. A Zigbee Based Smart Sensing Platform for Monitoring Environmental Parameters // IEEE Conference on Instrumentation and Measurement Technology. Hangzhou. 2011. P. 1–8.
4. Development of a stationary robotic strawberry harvester with a picking mechanism that approaches the target fruit from below / S. Yamamoto // JARQ. 2014. Vol.48, No 3, p. 261–269.
5. Design of an intelligent management system for agricultural greenhouses based on the internet of things / Z. Li [ect.] // Proceedings – 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering and IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, CSE and EUC 2017 20, p. 154–160.
6. Гаврилова И.В. Современные тенденции разработки "умных" теплиц // Современные материалы, техника и технология: сборник научных статей 8-й Международной научно-практической конференции. 2018. С. 96–98.
7. Gavrilova I., Belousova I., Laktionova U. Development and application of «smart green house» technology in horticulture and gardening // Ecological Agriculture and Sustainable Development. 2019. 273–281.
8. Балабанов В.И., Димитров Д.М., Сабиров И.Х. Разработка агротехнологического роботизированного комплекса // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 1 (22). С. 107–110.
9. Гаврилова И.В. Концепция интеллектуальной системы управления роботизированными тепличными комплексами // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: Тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции. 2019. С. 429.
10. Chien T.V., Chan H.N., Huu T.N. A Comparative Study on Hardware Platforms for Wireless Sensor Networks // International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2011. № 2 (1). P. 70–74.
11. Rohit K. Nikhade, Nalbalwar S.L. Monitoring Greenhouse Using Wireless Sensor Network // International Journal of Advanced Computer Research. 2013. Vol. 3. № 2. P. 23–28.
12. Arvindan A.N., Keerthika D. Experimental investigation of remote control via android smart phone of arduino-based automated irrigation system using moisture sensor, 3rd

- International Conference on Electrical Energy Systems, ICEES 2016 3, Energy Sources, Power Systems, Power Electronics and Drives, Electromagnetic Design, Smart Grids and Robotics and Automation, 2016. P. 168–175.
13. Internet of Things for Smart Cities / A. Zanella [ect.] // IEEE Internet of Things J. 2014. Vol. 1. No. 1. P. 22–32.
 14. Smart greenhouse fuzzy logic based control system enhanced with wireless data monitoring/ M. Azaza [ect.] // ISA Transactions®. 2016. Vol. 61. P. 297–307.
 15. Гаврилова И.В., Черкасов К.В., Чистякова Н.С. Электродвигатели для построения антропоморфных робототехнических систем // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–9. С. 1586–1591.
 16. Кириченко А.С., Пыжикова Ю.Л., Авджян Н.С. Микроклимат теплицы для круглогодичного выращивания земляники садовой // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 3 (18). С. 252–257.
 17. Изучение возможности создания энергоактивных, энергосберегающих, умных теплиц / Н.Д. Шарифьянов [и др.] // Современные исследования природных и социально-экономических систем. Инновационные процессы и проблемы развития естественнонаучного образования. 2018. С. 109–123.
 18. Жашкова Т.В., Епифанцева К.В., Роганова Э.В. Эффективность технологий "умная теплица" // Актуальные вопросы современной науки: теория и практика научных исследований. 2017. С. 29–32.
 19. Арьков Д.П., Матвеев А.С. Подходы к реализации автоматизированной системы удаленного управления теплицами "умная теплица" // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий. 2019. С. 454–459.
 20. The use of open and machine vision technologies for development of gesture recognition intelligent systems / I.V. Gavrilova [ect.] // Journal of Physics: Conf. Series 1015. 2018. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032166> (дата обращения: 21.12.2019).
 21. Development of knowledge base of intellectual system for support of formal and informal training of IT staff / L.V. Kurzaeva // Journal of Physics: Conf. Series 1015 2018. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/4/042013> (дата обращения: 21.12.2019).

Gavrilova Irina Viktorovna

Nosov Magnitogorsk state technical university, Magnitogorsk, Russia
E-mail: i.gavrilova@magtu.ru

Developing a smart greenhouse for a personal subsidiary farm

Abstract. The article considers the problem of development and application of robotic greenhouse on a non-industrial scale, mainly for garden and garden plots, owned by about 50 % of the population of Russia. The main problem is the high cost of existing technologies for building smart greenhouses, which makes them inaccessible to a large number of Russian gardeners. The concept of "smart greenhouse" is specified, an overview of modern trends in the construction of robotic greenhouse is given, as well as a description of the production of the experiment, which consisted in the development of the technology of "smart greenhouse", and its results. Analysis of the results showed that the creation of a "smart greenhouse" implies that the developer has skills in the field of mechanics, electrical engineering and microelectronics, programming, including the programming of microcontrollers and the development of knowledge bases, as well as knowledge of the technology of growing various crops in greenhouse complexes. The ill-thinking of any aspect of a robotic greenhouse reduces the efficiency of technology, and investments do not pay off. On the contrary, a competent approach to the creation of a "smart greenhouse" can significantly increase yields while reducing the labor costs of garden owners. Thus, timely (instantaneous) notification of abnormal situations (values of controlled parameters go beyond technological boundaries, equipment failure, etc.) will minimize losses from accidents and violations of technological mode. At the same time, the increase in the intellectual level of greenhouses involves an increase in the cost of its development. At the moment, the cost of a robotic greenhouse is quite high for the target audience, which suggests further research in the field of creating complex and economical solutions for "smart greenhouse".

Keywords: smart greenhouse; personal subsidiary farm; automated control system; robotized greenhouse; Arduino; efficiency of smart greenhouse; knowledge database

REFERENCES

1. Ahmed M. and etc. (2013). Could agricultural system be adapted to climate change? A review, *Australian Journal of Crop Science*, 11(7), pp. 1642–1653.
2. Bagley J.E., Miller J., Bernacchi C.J. (2015). Biophysical impacts of climate-smart agriculture in the midwest United States. *Plant, Cell & Environment*, 9(8), pp. 1913–1930.
3. Haefke M.K., Mukhopadhyay S., Ewald H. (2011). A Zigbee Based Smart Sensing Platform for Monitoring Environmental Parameters. *IEEE Conference on Instrumentation and Measurement Technology. Hangzhou*, pp. 1–8.
4. Yamamoto S. (2014). Development of a stationary robotic strawberry harvester with a picking mechanism that approaches the target fruit from below. *JARQ*, 3(48), pp. 261–269.
5. Z. Li and etc. (2017). *Design of an intelligent management system for agricultural greenhouses based on the internet of things*. pp. 154–160.
6. Gavrilova I.V. (2018). *Sovremennye tendentsii razrabotki "umnykh" teplits. [Current trends in the development of smart greenhouses.]* pp. 96–98.
7. Gavrilova I., Belousova I., Laktionova U. (2019). Development and application of «smart green house» technology in horticulture and gardening. *Ecological Agriculture and Sustainable Development*, pp. 273–281.

8. Balabanov V.I., Dimitrov D.M., Sabirov I.Kh. (2017). Development of agrotechnological robotic complex. *Innovations in agriculture*, 1(22), pp. 107–110 (in Russian).
9. Gavrilova I.V. (2019). Kontsepsiya intellektual'noy sistemy upravleniya robotizirovannymi teplichnymi kompleksami. [*The concept of an intelligent control system for robotic greenhouse complexes.*] p. 429.
10. Chien T.V., Chan H.N., Huu T.N. (2011). A Comparative Study on Hardware Platforms for Wireless Sensor Networks. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 2(1), pp. 70–74.
11. Rohit K. Nikhade, Nalbalwar S.L. (2013). Monitoring Greenhouse Using Wireless Sensor Network. *International Journal of Advanced Computer Research*, 2(3), pp. 23–28.
12. Arvindan A.N., Keerthika D. (2016). *Experimental investigation of remote control via android smart phone of arduino-based automated irrigation system using moisture sensor*, pp. 168–175.
13. Zanella A. and etc. (2014). Internet of Things for Smart Cities. *IEEE Internet of Things J.*, 1(1), pp. 22–32.
14. M. Azaza and etc. (2016). Smart greenhouse fuzzy logic based control system enhanced with wireless data monitoring. *ISA Transactions®*, (61), pp. 297–307.
15. Gavrilova I.V., Cherkasov K.V., Chistyakova N.S. (2016) Electric motors for building anthropomorphic robotic systems. *International Journal of Applied and Basic Research*, 12–9, pp. 1586–1591 (in Russian).
16. Kirichenko A.S., Pyzhikova Yu.L., Avdzhyan N.S. (2016). Microclimate of the greenhouse for year-round cultivation of wild strawberries. *Innovations in agriculture*, 3(18), pp. 252–257 (in Russian).
17. Sharif'yanov N.D. and etc. (2018). Izuchenie vozmozhnosti sozdaniya ehnergoaktivnykh, ehnergosberegayushchikh, umnykh teplits. [*Exploring the possibility of creating energy-efficient, energy-saving, smart greenhouses.*] pp. 109–123.
18. Zhashkova T.V., Epifantseva K.V., Roganova Eh.V. (2017). Ehffektivnost' tekhnologii "umnaya teplitsa". [*Smart Greenhouse Technology Efficiency.*] pp. 29–32.
19. Ar'kov D.P., Matveev A.S. (2017). Podkhody k realizatsii avtomatizirovannoy sistemy udalennogo upravleniya teplitsami "umnaya teplitsa". [*Approaches to the implementation of the automated system of remote control greenhouses "smart greenhouse".*] pp. 454–459.
20. Gavrilova I.V. and etc. (2018). The use of open and machine vision technologies for development of gesture recognition intelligent systems. *Journal of Physics: Conf. Series*, [online] 1015. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032166> (in Russian) [Accessed 21.12.2019].
21. Kurzaeva L.V. (2018). Development of knowledge base of intellectual system for support of formal and informal training of IT staff. *Journal of Physics: Conf. Series*, [online] 1015. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/4/042013> (in Russian) [Accessed 21.12.2019].