

Решение проблем автоматизации процесса сбора плодоовощной продукции

М.И. Анчёков, А.Л. Кильчукова, С.Х. Шалова

ФГБУН Институт информатики и проблем регионального управления КБНЦ РАН

Аннотация: В статье актуализируется вопрос повышения производительности труда сельскохозяйственного производства за счет автоматизации и внедрения робототехники. В результате исследования было выяснено, что хозяйства различного типа испытывают потребность в автоматизации процесса уборки урожая, что обусловило дальнейшие направления анализа. Представлен обзор современного состояния рынка сельскохозяйственных роботов и выявлены его ключевые игроки. Предложено решение автоматизации процесса сбора плодоовощной продукции с помощью семейства роботов AgroMultiBot.

Ключевые слова: сельское хозяйство, автоматизация и роботизация сельскохозяйственного производства; производительность труда, конкуренты, семейство роботов AgroMultiBot.

Растущая численность населения планеты к 2050 году по прогнозам демографов достигнет 9 миллиардов человек - для удовлетворения такого спроса производство сельскохозяйственной продукции должно увеличиться на 25% [1]. Значительное увеличение потребности в продуктах питания будет способствовать фокусированию государств на стимулирование производительности труда в сельском хозяйстве и рост урожайности за счет повышения эффективности реализуемых агротехнологий в результате их автоматизации [2, 3].

Сложившиеся тенденции обуславливают возможность роста мирового рынка сельскохозяйственных роботов, который по прогнозам Global Industry Analysts, Inc достигнет 15 млрд. долларов к 2020 году. Инвестиции в сельскохозяйственные технологии за 2015 год составили около 4,6 млрд долларов (вдвое больше, чем в 2014 году), по данному предмету заключено было 526 сделок [4].

В соответствии с данными, приведенными Venture Pulse Report 2015, ежегодное мировое финансирование в сельскохозяйственные технологии

возросли в 2014 на 166% по сравнению с 2013 годом и на 92% в 2015 по сравнению с предыдущим отчетным периодом.

Дроны и роботы могут полностью вытеснить человеческий фактор на определенных участках работы, обладая при этом мощным потенциалом в повышении рентабельности.

Сельскохозяйственная отрасль является перспективным рынком для развития большинства самых интересных разработок в области робототехники, в связи с наличием в ней многочисленных проблем и возможностью для компаний занять определенную нишу. Ключом стремительно возросшего интереса со стороны государств к сельскохозяйственным технологиям, в том числе робототехнике, является снижение издержек фермеров и хозяйств различного типа, позволяющее обеспечить доступность продуктов питания для всего населения, повышение производительности труда, улучшения качества продукции.

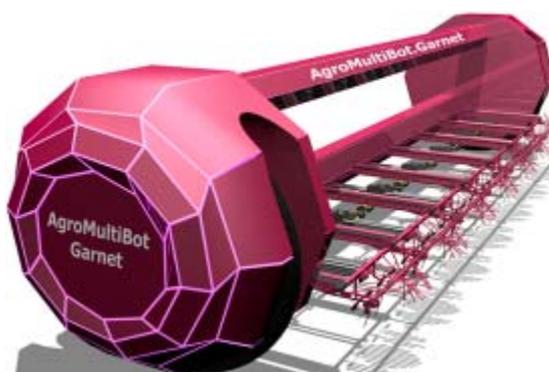
На наш взгляд, адаптация существующей сельскохозяйственной техники к необходимым требованиям фермеров наряду с созданием новой с последующим переходом к безлюдным формам организации труда является наиболее жизнеспособной стратегией развития на рынке сельскохозяйственных роботов.

При этом, по результатам опроса, проведенного в ходе нашего исследования рынка сельскохозяйственных роботов, было выявлено, что 90% респондентов (хозяйств различных типов) испытывают потребность в автоматизации процесса уборки урожая, что обусловило дальнейшие направления анализа.

Ключевыми игроками на рынке сельскохозяйственной техники в 2015 году являлись такие компании как Auto Probe Technologies LLC (сельхозтехника), Deere & Company (John Deere – многофункциональная с/х техника (разных направлений, в том числе комбайны)), De Laval International

АВ (сельскохозяйственная техника для животноводства), AGRO Corporation (с/х техника, тракторы), GEA Group Aktiengesellschaft (с/х техника для ферм, с углубленной специализацией на животноводстве), AGROBOT (робот-сборщик клубники) и Vision Robotics Corporation (робот-сборщик апельсинов).

Исследованиями и разработками в области роботостроения активно занимаются в Институте информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН, на базе которого создан прототип мобильного робота для сбора плодоовощной продукции на открытом грунте в безлюдном режиме «AgroMultiBot.Garnet», являющийся первым в составе семейства роботов для безлюдного сельскохозяйственного производства (Рисунок 1).



**Рис. 1 Робот-сборщик плодоовощной продукции
AgroMultiBot.Garnet.**

Семейство роботов AgroMultiBot реализует концепцию безлюдного сельскохозяйственного производства на основе последовательной разработки и внедрения серии мобильных автономных роботов. Каждый из них будет выполнять определенный отличный от других набор агротехнических операций. Совместное применение всех роботов обеспечит полный функционально замкнутый цикл сельскохозяйственного производства.

AgroMultiBot – это семейство роботов: робот-сборщик для открытого грунта «Garnet», робот-сборщик для теплиц «Hyacinth», пропашной робот

«Pearl», транспортный робот «Тораз», сервисный робот «Sapphire», зарядная станция «Chrysolite», культиватор-фитосанитар «Ruby», ороситель «Diamond» и другие роботы.

Основная функциональность робота-сборщика реализована в навесном роботизированном модуле, представляющим собой раму с двумя манипуляторами, ленточным транспортером, ворошителем и системой датчиков для распознавания плодов (рисунок 2).



Рис. 2 Навесной роботизированный модуль.

Для отработки основных алгоритмов была разработана тестовая платформа, состоящая из навесного роботизированного модуля и транспортной платформы на шинах низкого давления (рисунок 3).



Рис. 3 Тестовая платформа. 3D модель и ее реализация.

Фермер сможет приобретать и внедрять каждого из этих роботов отдельно, либо приобрести все семейство сразу. Внедрение каждого из них

позволит в несколько раз повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Роботы могут использоваться совместно с уже имеющимися в хозяйстве машинами и средствами автоматизации.

Семейство роботов AgroMultiBot реализуется на основе двух ключевых технологий: Try&Fly и MACROS. Try&Fly - универсальная технология самообучения роботов для решения задач целенаправленного перемещения в пространстве и манипулирования объектами на основе нейрокогнитивной адаптивной сенсомоторной петли (Neurocognitiveadaptive sensory motor loop (NCASL), реализуемой с помощью мультиагентной рекурсивной когнитивной архитектуры [5, 6]. MACROS - универсальная технология самообучения мультиагентных коллаборативных роботов для решения задач понимания и выполнения безлюдными робототехническими комплексами сложных миссий [7].

Технологии Try&Fly и MACROS реализованы в виде аппаратно-программных комплексов. Такой подход в реализации технологий позволяет получить независимые продукты, которые имеют потенциал самостоятельной реализации в виде коммерческих продуктов. Данными аппаратно-программными комплексами можно оснастить существующую сельскохозяйственную технику тем самым интегрировать их в процесс роботизации сельского хозяйства.

Для обнаружения плодов огурца используется система компьютерного зрения на основе мультиспектральной съемки. Данный подход основывается на том, что строение плодов огурца и листы имеют различия в спектрах поглощения и отражения инфракрасного излучения [8]. Это качество позволяет системе компьютерного зрения эффективно выделять плоды огурца на фоне листьев.

Разрабатываемый в ИИПРУ КБНЦ РАН сельскохозяйственный робот, позволяет решить проблемы:

- 1) низкий уровень производительности и эффективности традиционной уборки;
- 2) высокие издержки организации ручного сбора урожая;
- 3) высокая степень повреждаемости плодов при механизированных видах уборки;
- 4) существенное повреждение почвенного слоя.

Преимуществами использования AgroMultiBot в процессе сельскохозяйственного производства являются:

- 1) замещение до 25 человек на поле;
- 2) дополнительный сбор 30-50 процентов урожая, остающихся гнить на поле при традиционной уборке;
- 3) обеспечение индивидуального ухода за каждым растением;
- 4) низкий срок окупаемости.

Несмотря на то, что рынок сельскохозяйственной робототехники является относительно молодым, на нем можно отметить ряд конкурентов, представленных на рисунке 4.



Рис. 4 Конкуренты AgroMultiBot на рынке сельскохозяйственной робототехники.

Среди конкурентных преимуществ AgroMultiBot можно выделить следующие:



- 1) ожидаемая производительность в 3-5 раз выше, чем при ручной уборке;
- 2) сокращение производственных расходов за счет сбора продукции в безлюдном режиме;
- 3) сбережение плодов за счет применения интеллектуальной системы идентификации плодов, многозвенного манипулятора, мультиагентного взаимодействия с другими роботами в составе AgroMultiBot;
- 4) сбережение почвенного слоя и посадок за счет применения одноосной транспортной платформы на широкопрофильных катках;
- 5) возможность поэтапного перехода к безлюдному сельскохозяйственному производству за счет постепенного внедрения роботов для различных агротехнических операций;
- 6) возможность круглосуточной работы в любых климатических условиях, допускающих возделывание на грунте, за счет обеспечения энергией и обслуживания автономными сервисными роботами и зарядными станциями;
- 7) возможность быстрой перенастройки на требуемый вид уборки.

Сельскохозяйственные роботы являются лишь частью общей тенденции к большей автоматизации процессов каждого из типов человеческой деятельности [9, 10]. Роботы используются гораздо шире, чем ожидалось, в различных секторах, и эта тенденция, вероятно, продолжится в разрезе робототехники, становящейся столь же распространенной, как и компьютерная техника в течение последующих 15 лет.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-01- 05844.

Литература

1. Кильчукова А.Л. Вопросы продовольственной безопасности России // Международная научно-практическая конференция «Глобальные

- вызовы современности и проблемы устойчивого развития», г. Нальчик, 2015, с. 536-541.
2. Кумышева З.Х., Шалова С.Х. Влияние процессов глобализации на эколого-экономическое развитие // XXVI Международная Научно-практическая конференция «Трансформация экономических теорий и процессов», г. Санкт-Петербург, 2014, с.39-41.
 3. Думанова А. Х., Кумышева З. Х., Шалова С. Х. Глобальные дисбалансы и их влияние на эколого-экономическое развитие // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2731.
 4. AgTech Investing Report Year in Review 2015. February URL: research.agfunder.com/2016/AgFunder-Agtech-Investing-Report-Midyear-2016.pdf (accessed 23/04/2016)
 5. Нагоев З.В. Интеллектика, или мышление в живых и искусственных системах. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2013. 211 с.
 6. Anchokov M., Denisenko V., Nagoev Z., Sundukov Z., Tazhev B. Interactive Collaborative Robotics and Natural Language Interface Based on Multi-agent Recursive Cognitive Architectures Interactive Collaborative Robotics // Lecture Notes in Computer Science. 2016. pp 107-112.
 7. Нагоев З.В., Нагоева О.В. Извлечение знаний из многомодальных потоков неструктурированных данных на основе самоорганизации мультиагентной когнитивной архитектуры мобильного робота // Известия КБНЦ РАН. 2016. №68(2). С. 145-152
 8. Keyvan Asefpour Vakilian an Artificial Neural Network Approach to Identify Fungal Diseases of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Plants Using Digital Image Processing // Journal Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013. №46. pp. 1-9.
-

9. Phillip R. Lane and Gian Maria Milesi-Ferretti Global Imbalances and External Adjustment after the Crisis // IMF Working Paper, 2014. pp. 5-14/
URL: imf.org/external/pubs/ft/wp/2014/wp14151.pdf
10. Кильчукова А.Л., Хуранова З.Б., Кясов Т.А. Инструменты повышения эффективности управления АПК региона и обеспечение его устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2015, №1-1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2767.

References

1. Kilchukova A.L. Mezhdunarodnaya Nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Global'nye vyzovy sovremennosti i problemy ustoychivogo razvitiya yuga Rosii» (Proc. International Scientific and Practical Conference "The global challenges of today and problems of sustainable development of southern Russia"). Nalchik, 2015, pp.536-541.
2. Kumysheva Z.Kh., Shalova S.Kh. Mezhdunarodnaya Nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Transformatsiya ekonomicheskikh teoriy i protsessov» (Proc. International Scientific and Practical Conference "Transformation of economic theories and processes"). Sankt-Peterburg, 2014, pp.39-41.
3. Dumanova A.H., Kumysheva Z.H., Shalova S.Kh. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2014/2731.
4. AgTech Investing Report Year In Review 2015. February URL: research.agfunder.com/2016/AgFunder-Agtech-Investing-Report-Midyear-2016.pdf (accessed 23/04/2016)
5. Nagoev Z.V. Intellectika, ili myshlenie v zhivykh i iskusstvennykh sistemakh [Intellectics, or thinking in natural and artificial systems.]. Nal'chik: Izdatel'stvo KBNTs RAN, 2013. 211 p.
6. Nagoev Z.V., Nagoeva O.V. Izvestiya KBNTs RAN. 2016. №68 (2). Pp. 145-152.



7. Anchokov M., Denisenko V., Nagoev Z., Sundukov Z., Tazhev B. Interactive Collaborative Robotics and Natural Language Interface Based on Multi-agent Recursive Cognitive Architectures Interactive Collaborative Robotics. Lecture Notes in Computer Science. 2016. pp. 107-112.
8. Keyvan Asefpour Vakilian An Artificial Neural Network Approach to Identify Fungal Diseases of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Plants Using Digital Image Processing. Journal Archives of Phytopathology and Plant Protection. 2013. №46. pp.1-9.
9. Phillip R. Lane and Gian Maria Milesi-Ferretti Global Imbalances and External Adjustment after the Crisis. IMF Working Paper, 2014. pp. 5-14/
URL: imf.org/external/pubs/ft/wp/2014/wp14151.pdf
10. Kil'chukova A.L., Khuranova Z.B., Kyasov T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2015, №1-1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2767.