

УДК 004.896

## Лаборатория робототехнических систем

Сычѳв Владислав Анатольевич

*заведующий лабораторией робототехнических систем*

*E-mail: robotics@newman.bas-net.by*

Лаборатория робототехнических систем начала свою работу 2 января 2017 г. Основу коллектива новой лаборатории составили ученые, программисты и инженеры – сотрудники сектора «Робототехника», работавшие с 2013 г. в лаборатории моделирования самоорганизующихся систем и получившие профильное образование в области робототехники.

**Образовательные и исследовательские роботы.** С развитием электроники, механики и искусственного интеллекта появилась возможность внедрения робототехники во множество сфер человеческой деятельности. Эта задача и определила цель работы новой лаборатории. Первой разработкой, нашедшей практическое применение, стал робототехнический конструктор RoboCake, запатентованный в Беларуси и России. RoboCake (рис. 1) был создан для обучения студентов, магистрантов и аспирантов различным аспектам робототехники. Из конструктора могут быть построены мобильные роботы в корпусе шестигранной формы, напоминающей форму соты. Была разработана плата управления, которую можно изготовить самостоятельно. Таким образом, RoboCake мог использоваться в составе учебно-методических комплексов по различным дисциплинам, включая и электронику.

Робототехнический конструктор позволяет собрать робот на основе традиционного дифференциального привода, который применяется в большинстве промышленных транспортных роботов. Однако в лаборатории робототехнических систем исследуются и намного более сложные принципы движения, в частности передвижение прыжками, которое позволяет преодолевать значительные в масштабах робота расстояния на неподготовленной поверхности. При этом используется маломощный электромотор, накапливающий энергию в пружине. Экспериментальный прыгающий робот изображен на рис. 2.

Совершенно новый принцип действия был предложен для приведения в движение сферического мобильного робота. Хотя сферические роботы давно привлекали внимание исследователей, некоторые проблемы оставались нерешенными. К примеру, центр масс подобных роботов всегда был смещен относительно центра корпуса, в результате не удавалось реализовать режим свободного качения по инерции. Благодаря применению параллельного манипулятора в сферическом роботе, разработанном лабораторией, этот недостаток удалось преодолеть. Оригинальная конструкция (рис. 3) была запатентована в Беларуси и России, представлена на выставках и стала темой нескольких научных публикаций.

Для работы параллельного манипулятора необходимо слаженное одновременное движение всех звеньев. В результате экспериментальные исследования и аналитическое описание подобных манипуляторов значительно сложнее таковых для обычных манипуляторов. Однако применение технологии «цифровых двойников» позволило заметно упростить процесс разработки. Были созданы компьютерные модели механических и электрических узлов робота, позволяющие легко вносить коррективы и исследовать движение робота в виртуальной среде.

Еще один вариант параллельного манипулятора был реализован на основе конструктора RoboCake (рис. 4). Манипулятор, напоминающий хорошо известную платформу Стюарта, отличается от нее наличием шести степеней свободы вместо трех. Вся разработка этого робота также была выполнена с использованием технологии цифровых двойников. Самым сложным из всех роботов, созданных в лаборатории с помощью данной технологии, является антропоморфный робот Newman на основе открытого проекта inMoov, полностью переработанного и значительно усовершенствованного. Робот был изготовлен с помощью 3D-печати. Усовершенствованная версия, оснащенная волновыми редукторами, мощными высокоточными электроприводами и функциональными ногами, создана в виде компьютерной модели. Для управления ма-

нипуляторами (руками) работа разрабатываются алгоритмы на основе метода дообучения с подкреплением.

**Автоматизация в сельском хозяйстве.** Важнейшим событием для лаборатории стало установление деловых контактов со специалистами Научно-производственного центра НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. Технологии робототехники нашли применение при создании системы технического зрения для автоматической отбраковки, сортировки и упаковки яблок (рис. 5). Дальнейшее развитие система получила в устройстве сортировки некондиционных клубней картофеля.

Еще одной задачей, которую специалисты по механизации поставили перед лабораторией робототехнических систем, стало создание системы управления пропашным культиватором при междурядной обработке сахарной свеклы в автоматическом режиме. Механическое удаление сорняков остается незаменимой технологией, которая может быть значительно усовершенствована с помощью технического зрения. В лаборатории было создано программное обеспечение для управления культиватором таким образом, чтобы эффективно удалять сорняки, не повреждая растения. К сожалению, даже такой мощный инструмент, как искусственные нейронные сети, не мог решить задачу без дополнительной обработки изображений. Тогда были разработаны уникальные алгоритмы, которые преобразуют и обрабатывают исходное изображение от камеры, выделяют центры междурядья, вычисляют необходимые управляющие воздействия для исполнительного механизма. Результаты обработки изображений, получаемых с камеры, с наложенной на них графикой для настройки культиватора показаны на рис. 6.

Совершенствование технологий производства сельхозпродукции подразумевает не только выращивание, но и сбор, и хранение урожая. На последних двух этапах часть урожая теряется. Поэтому для оценки воздействий, которым подвергаются клубни картофеля при уборке, транспортировке и хранении, было создано устройство беспроводного сбора и передачи данных, измеряющее давление на корпус и передающее информацию по беспроводному каналу.

Сотрудничество в области автоматизации сельскохозяйственного производства подтвердило, что технологии робототехники востребованы в точном земледелии. Новой совместной разработкой стала автоматизированная робототехническая платформа, в которой была предпринята попытка перенести подходы, принятые при проектировании логистических роботов, в сельскохозяйственную технику. Вместо автоматизации существующих машин и тракторов было решено проектировать автономное транспортное средство с электроприводом, изначально являющееся мобильным роботом. В настоящее время два мобильных робота, созданных совместно для задач точного земледелия, готовятся к полевым испытаниям.

**Нелинейная динамика и хаос.** В лаборатории моделирования самоорганизующихся систем под руководством д-ра техн. наук, проф. А. М. Крота выполнено множество исследований в области сложных систем. Закономерно, что после создания новой лаборатории робототехнических систем значительное внимание в ее работе уделяется исследованиям нелинейных явлений и детерминированного хаоса, поддерживаются научные контакты между коллективами лабораторий. В частности, в результате исследований генератора хаотических колебаний по схеме Леона Чуа созданы новые способы управления схемой и интерпретации ее состояния (рис. 7). В рамках подхода, называемого *unconventional computing*, на основе схемы Чуа создано устройство обработки сигналов для применения в мобильных роботах и сенсорных сетях.

**Перспективные разработки.** В лаборатории всегда прорабатывается множество идей и концепций, которые могут найти применение в будущем. К примеру, разработаны чертежи, твердотельные и имитационные модели новой версии робота Newman (рис. 8, а). Для воплощения этой разработки «в пластике» необходим 3D-принтер с рабочей областью более одного кубического метра, способный сохранять высокую точность при печати крупногабаритных деталей. Работы над подобным принтером также ведутся в лаборатории (рис. 8, б). Еще одной перспективной разработкой является модульное шасси для транспортных роботов (рис. 8, в), которое могло бы использоваться для организации внутренней логистики в различных организациях – от больниц и гостиниц до производственных предприятий и складов.

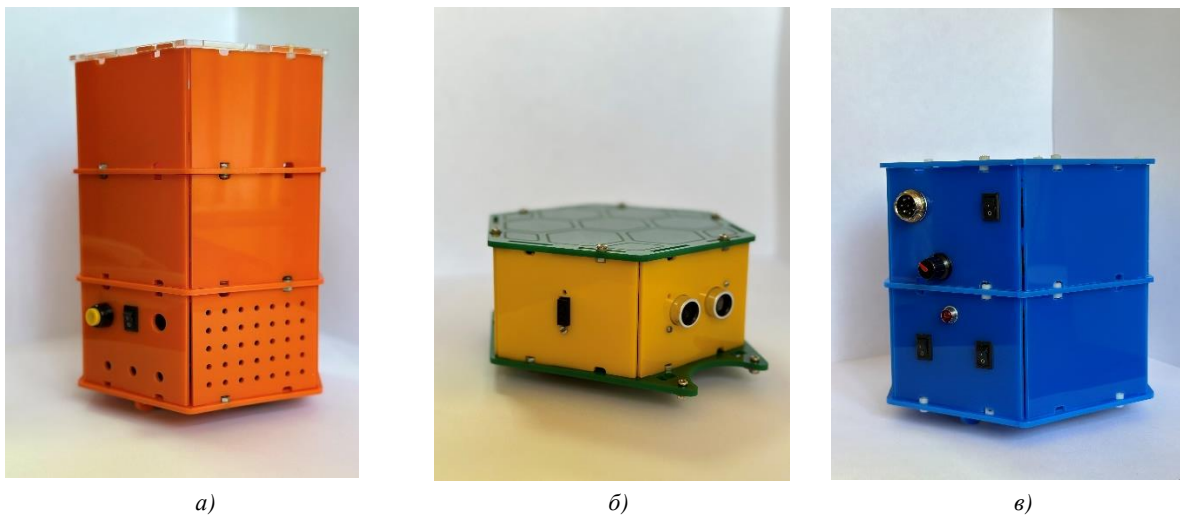


Рис. 1. Робототехнический конструктор RoboCake: *а)* вариант с одноплатным компьютером и камерой, управляемый дистанционно из среды MATLAB; *б)* вариант с микроконтроллерной системой управления; *в)* образовательный вариант с комплексом лабораторных работ



Рис. 2. Пример исследования прыжковой локомоции роботов



Рис. 3. Сферический мобильный робот: *а)* действующий прототип в акриловом корпусе; *б)* модель в среде Simulink

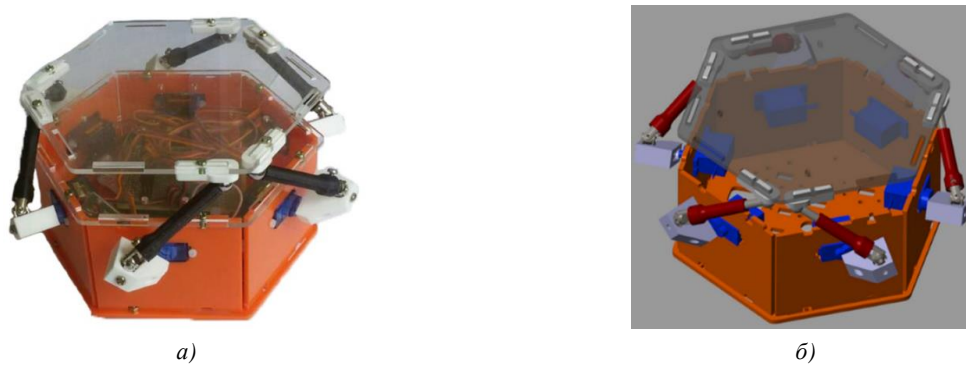


Рис. 4. Параллельный манипулятор: а) действующий прототип; б) модель в среде Simulink

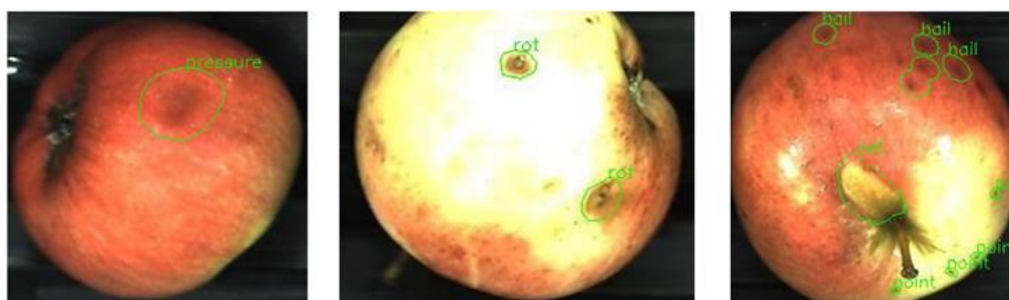


Рис. 5. Процесс выявления дефектов на фотографиях яблок, движущихся по конвейеру

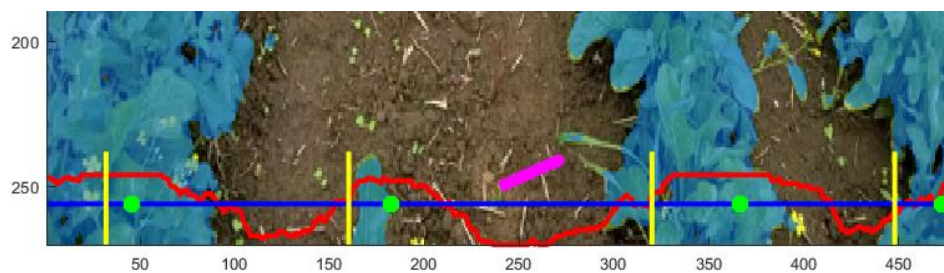


Рис. 6. Процесс работы системы управления культиватором



Рис. 7. Исследование нелинейных процессов в электронных схемах: а) экспериментальный стенд; б) электронный генератор хаотических колебаний с устройствами управления и обработки сигналов; в) схема Чуа



Рис. 8. Перспективные разработки: а) антропоморфный робот Newman (модель в среде Simulink); б) 3D-принтер промышленного класса в сборе; в) модульная транспортная платформа



Мл. науч. сотрудник Т. Ю. Ким читает лекцию на Фестивале науки, 2024 г.



Вед. инженер-конструктор Е. И. Печковский на выставке «Беларусь интеллектуальная» демонстрирует антропоморфный робот Newman



Награды лаборатории робототехнических систем

**Популяризация науки.** Прикладной аспект деятельности лаборатории всегда привлекал повышенное внимание, ее разработки демонстрировались на различных фестивалях и выставках, освещались в прессе. Каждый год лаборатория представляется на нескольких мероприятиях, где можно увидеть новейшие разработки или посетить лекцию о научных достижениях.

Сотрудники лаборатории принимали участие и побеждали во многих конкурсах инновационных проектов под эгидой ГКНТ, Белорусского инновационного фонда, Парка высоких технологий и конкурсах научных результатов ОИПИ НАН Беларуси.