

Беларусь. Полученные результаты показывают, что эффективность системы выявления охоты изменяется в очень широких пределах (от 30 до 80%).

На данный показатель влияет качество внесенной информации о событиях жизненного цикла животных. Чем более полная информация о событиях содержится в программе управления стадом, тем более высокий процент обнаружения половых охот у животных показывает система определения активности.

Другими факторами, оказывающими воздействие на систему определения активности, являются работоспособность оборудования молочной фермы (ошейников-транспондеров, устройств приемников сигналов с ошейников) и индивидуальные особенности отдельных животных (некоторые животные не проявляют значительно повышенной активности в период половой охоты), а также качество работы зоотехнической службы.

Выводы:

1. В рамках исследования был разработан программный модуль для оценки эффективности системы выявления повышенной активности животных.
2. Проведено тестирование системы с помощью разработанного программного модуля, которое показывает, что эффективность системы варьируется в широких пределах.

УДК 004.89

## **НЕЙРОМОРФНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ АВТОНОМНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМОЙ**

**Прокопович Г.А., Сычѳв В.А.**

Лаборатория робототехнических систем, ОИПИ НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

С момента появления первых непромышленных роботов не прекращаются попытки расширить сферы их применения. Отмечавшиеся ранее трудности на пути к внедрению роботов в бытовую, образовательную, коммунальную и т.д. сферы жизни человека [1] преодолеваются благодаря появлению всё более компактных и производительных вычислительных устройств начиная от Raspberry Pi и вплоть до NVIDIA Jetson AGX Xavier. Также значительно развились технологии химических аккумуляторов, токоотдача которых стала равной ста и более ёмкостям аккумулятора и допускающих несколько сот циклов заряда-разряда, а также электроприводов и силовой электроники. Перечисленные технологии, в частности, позволили создать в последние годы такие образцы робототехнических устройств, как сферический робот

с нулевым радиусом поворота [2], прыгающий робот [3], антропоморфный робот [4].

Однако очевидно и то, что такие перспективные технологии как стайная робототехника [1], микро- и нанороботы [5] не разработаны до уровня широкого применения. Одним из источников проблем видится достаточно широкая специализация применяемых комплектующих, в частности, в системах управления. Цифровая модульная микропроцессорная техника позволяет в кратчайшие сроки создавать универсальные системы управления. В то же время прыгающие роботы, микророботы или стайные роботы предъявляют требования по массе, объёму и энергопотреблению бортовых систем управления, исключающие применение широко распространённых в данный момент архитектур.

Перспективным решением сформулированной выше проблемы может стать создание нейроморфного контроллера для выполнения специфических задач управления мобильными роботами на основе ветвящихся алгоритмов. Таким образом, управление будет строиться не на примитивных реактивных парах “причина<sub>*i*</sub> – следствие<sub>*i*</sub>”, а на наборе пересекающихся функциональных цепочек “следствие<sub>*i+2*</sub> (следствие<sub>*i+1*</sub> (следствие<sub>*i*</sub> (причина<sub>*i*</sub>)))”, которые являются процессом реализации различных ветвящихся алгоритмов.

В результате проведённых исследований в качестве основы для нейроморфного контроллера избрана модификация искусственной нейронной сети Хопфилда [6], реализованная на хаотических генераторах Чжуа в качестве специализированных искусственных нейронов. На данный момент в среде Simulink проведётся моделирование блока ассоциативной памяти разрабатываемого нейроморфного контроллера, содержащего четыре нейрона (рис. 1).

Для того, чтобы разрабатываемый нейроморфный контроллер мог полностью имитировать модель ассоциативной памяти Хопфилда, необходимо окончательно определить управляющие коэффициенты генераторов Чжуа и отладить механизм фиксации образов в кратковременной памяти сети из этих генераторов. После этого, следующим шагом будет воспроизведение экспериментов, приведённых в работах [6, 7].

Работа выполнена при поддержке гранта БРФФИ № Ф18Р-229 "Исследование и разработка концепции мехатронных бортовых вычислительных и исполнительных систем групповых микророботов" и гранта № SFG 450 от 24.09.2018 “Neuromorphic controller for an autonomous robotic vehicle”.

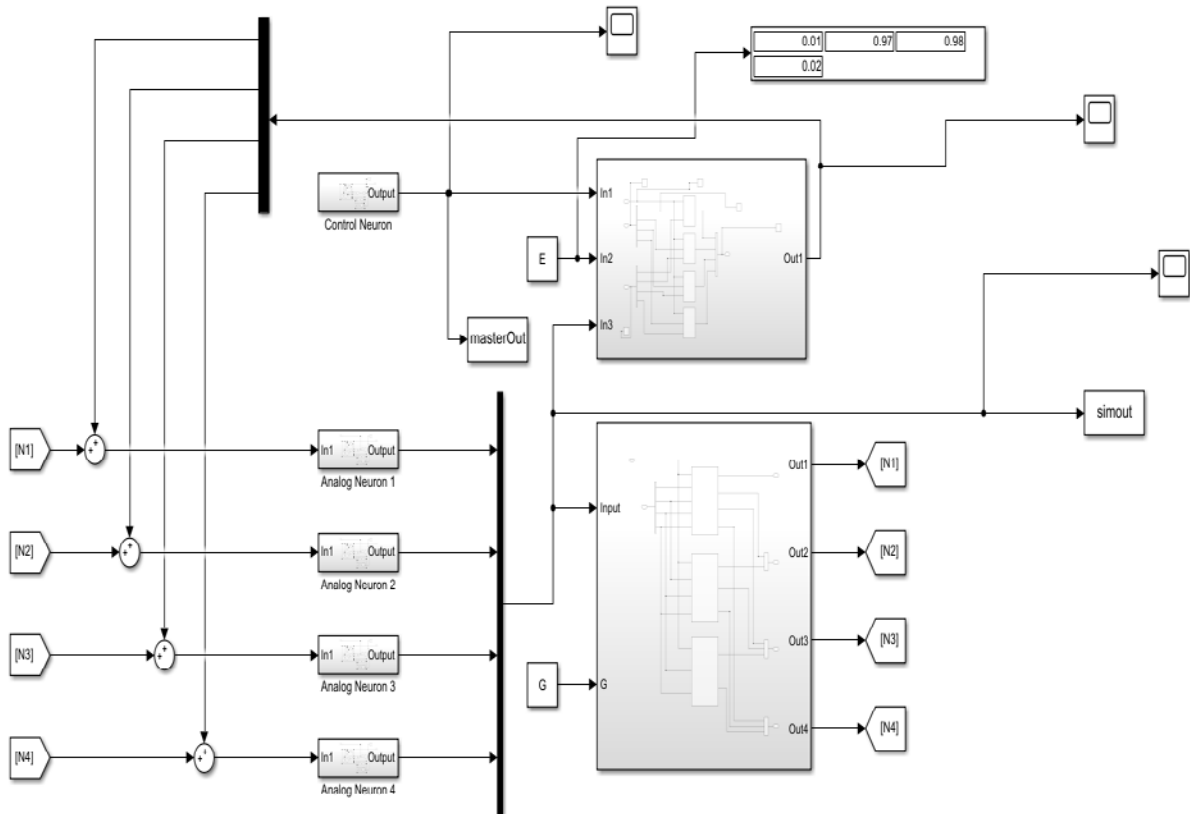


Рис. 1 – Модель блока ассоциативной памяти нейроморфного контроллера

1. Прокопович, Г.А. Моделирование коллективного поведения роботов для поисково-исследовательских задач / Г.А. Прокопович, В.А. Сычёв // XXI Международная научно-техническая конференция «Экстремальная робототехника» / ЦНИИ РТК ; под науч. ред. Е. И. Юревича. — Санкт-Петербург : Политехника-сервис, 2010. — С. 237-243.

2. Прокопович, Г.А. Мобильный робот с нулевым радиусом поворота / Г.А. Прокопович // Робототехника и техническая кибернетика. – 2015. – №2(7). – С. 39-44.

3. Haldane, D.W. A power modulating leg mechanism for monopodal hopping / D.W. Haldane, M. Plecnik, J.K. Yim [et al.] // 2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) Daejeon Convention Center / – Daejeon, Korea : IEEE, 2016. – С. 4757-4764.

4. Langevin, G. InMoov open sourced 3D printed life-sized robot // G. Langevin // [Электронный ресурс]. — 2019. Режим доступа : <http://inmoov.fr/>. – Дата доступа : 22.01.2019.

5. Прокопович, Г.А. Разработка концепции мехатронных бортовых вычислительных систем для реализации группового управления микророботами / Г.А. Прокопович, В.А. Сычёв // Междунар. науч.-техн. конф. "Экстремальная робототехника" / ЦНИИ РТК ; Председ. прогр. ком. конф. Юревич Е.И. – Санкт-Петербург : Гангут, 2017. – С. 149-150.

6. Prakapovich, R. Hetero-associative memory technology for development of intelligent control systems of autonomous mobile robots / R. Prakapovich // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: мат. междунар. науч.-техн. конф. / редкол. : В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2018. – С. 297 – 300.

7. Прокопович, Г.А. Нейросетевая модель для реализации поисковых движений мобильного робота/ Г.А. Прокопович // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: мат. III Междунар. науч.-техн. конф. / редкол. : В.В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск : БГУИР, 2013 г. – С. 483-488.

УДК 621:004

## **АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ОСНАЩЕНИЯ В УДАЛЕННОМ РЕЖИМЕ**

**Барышев А.А., Кункевич Д.П., Статкевич Д.Г.**

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Технологическая оснастка – один из важнейших элементов производственного процесса. Несмотря на использование гибких систем (ЧПУ, аддитивные технологии и др.) потребность в оснастке достаточно высока и повышение эффективности ее проектирования по-прежнему актуально. Основные средства автоматизации проектно-конструкторских работ – системы геометрического моделирования. Причем в подготовке производства используются пакеты среднего уровня, поскольку задачи возникают сложные, нестандартные. Однако наряду с таковыми немало и типовых. Например, проектирование несложных приспособлений для