

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ НАВИГАЦИИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ПО ВИДЕООРИЕНТИРАМ

Чугунов Р. А., Александрова Т. В.

Научный руководитель: Александрова Т. В., старший преподаватель каф. ИКСУ

Томский политехнический университет

[manofnovel@gmail.com](mailto:manofnovel@gmail.com)

Решением задач навигации и управления мобильными робототехническими средствами сегодня занимаются такие компании, как Amazon (использует робототехнику для автоматизации складских процессов, рис. 1), Google (разработка решений для беспилотных и роботизированных автомобилей), iRobot (роботы для частных потребителей, правительственных структур и промышленных предприятий) и другие [1]. Для управления мобильными роботами данные компании синтезируют алгоритмы локализации, планирования пути, определения препятствий, построения карты и другие.



Рис. 1. Роботы на складе компании Amazon

Существуют различные способы решения проблемы навигации. Одним из них является навигация по видеоориентирам, в основе которой лежат методы компьютерного зрения. Но эти методы хорошо работают лишь в средах, параметры которых значительно не изменяются (например, освещение), в сложных же условиях работа данных методов затруднена и требует перенастройки. Особенно это характерно для роботов Outdoor-типа, так как параметры внешней среды могут сильно изменяться из-за погодных условий и других факторов. Для решения данных проблем может применяться метод искусственных нейронных сетей, построенных по принципам организации биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [2], [3], [4].

Преимуществом метода нейронных сетей в управлении является то, что он позволяет синтезировать закон управления с помощью одной лишь выборки обучающей информации. Выборка содержит входные данные (это могут быть изображения с камеры) и соответствующие им выходные данные. Выходные данные специфичны для каждой конкретной задачи, например, в задачах распознавания образов на изображениях выходом может быть информация о том, какой образ присутствует (или отсутствует) на каждом изображении. Таким образом, при наличии выборки входных воздействий и соответствующих им выходных воздействий,

метод нейронных сетей позволяет синтезировать сложную функцию, отображающую новые входные воздействия в выходные. Поэтому нейронные сети можно использовать для управления мобильным роботом, имеющим сенсоры, при наличии базы знаний для обучения. Кроме того, если алгоритм не обучен в какой-то определенной среде, всегда можно собрать новую базу знаний для обучения. Обучение алгоритма в нескольких различных средах позволит создать набор параметров для нейронной сети (обученные веса связей между нейронами), тогда в различных ситуациях будет возможность переключаться между обученными в различных средах сетями.

Для синтеза алгоритма управления использовался мобильный робототехнический комплекс Robotino (рис. 2) производства компании FestoDidactic. Используемый метод позволяет управлять угловой скоростью робота, скорость прямолинейного движения остается постоянной (все направленные колеса робота расположены по окружности с углом в 120 градусов между их осями). Управление угловой скоростью робототехнического комплекса достаточно для решения задачи стабилизации на линии. Сам алгоритм реализован на языке программирования C++ с применением библиотек компьютерного зрения OpenCV.



Рис. 2. Внешний вид Robotino

Синтезированная нейронная сеть имеет три слоя. В общем случае все нейронные сети прямого распространения имеют три и более слоев, поскольку все нейронные сети должны иметь входной и выходной слои, а также один или более скрытых слоев. Относительно небольшое число слоев сети позволяет алгоритму работать в реальном времени благодаря малому объему необходимых вычислений. Входной слой созданной сети состоит из 384 нейронов, соответствующих пикселям нижней половины изображения, получаемого после уменьшения размерности черно-белого изображения с камеры (разрешение изображения уменьшалось с 640x480 до 32x24, чтобы ускорить вычисления). Скрытый слой состоит из 500 нейронов. Кроме этого, и в

первом, и во втором слоях есть по одному нейрону смещения, равному 1. Выходной слой состоит из 17 нейронов. Активация определенного нейрона выходного слоя означает выбор алгоритмом управления определенной угловой скорости. Угловая скорость может быть выбрана сетью из диапазона от -64 град/с до 64 град/с с шагом 8град/с. Функцией активации нейронов является сигмоида (логистическая функция).

Собираемая база знаний для обучения представляет собой массив входных данных размерностью  $M \times N$  (где  $M$  – число кадров в обучающей выборке,  $N$  – число нейронов в первом слое) и массив выходных данных  $Y$  размерностью  $M \times L$  ( $M$  – число кадров в выборке,  $L$  – число нейронов в последнем слое). Массив выходных данных содержит информацию о соответствующей каждому изображению с камеры угловой скорости робота. После набора необходимого количества обучающих примеров нейронная сеть обучалась методом обратного распространения ошибки. После обучения угловая скорость определялась работой нейронной сети.

Для сбора базы знаний для обучения нейронной сети могут использоваться различные методы. Например, робот может управляться вручную или соответствующую угловую скорость каждому изображению будет выбирать эксперт. При реализации данного алгоритма управления на другом техническом средстве, например, автомобиле, можно записывать в базу знаний информацию с датчиков или камер, а также текущий угол поворота рулевого колеса. В данной работе для удобства сбора базы знаний использовался П-регулятор. Угловая скорость робота регулировалась в зависимости от отклонения центра линии на изображении с камеры от середины данного изображения. Регуляторы нередко применяются в задачах стабилизации и слежения [6], однако для них требуется выбор оптимальных коэффициентов, а это зачастую не является тривиальной задачей. В то же время аналитический расчет коэффициентов регулятора для сложных робототехнических систем может быть довольно трудоемким. Кроме того, управление с применением регулятора не является адаптивным, для управления системой после изменения внутренних параметров или параметров внешней среды в общем случае требуется перенастройка регулятора. Однако при использовании нейронных сетей может потребоваться лишь некоторое время для их обучения на новой обучающей выборке. Таким образом, П-регулятор в этой работе используется только для сбора базы знаний для обучения, однако его применение не является обязательным для данного метода.

Чтобы определить качество управления были построены траектории движения робота при его управлении нейронной сетью и П-регулятором

(рис. 3). Полученные результаты показали, что сеть способна стабилизировать робота на линии не хуже П-регулятора, даже будучи обученной им же. Однако преимуществом сети является её адаптивность. Если изменить параметры поля, камеры или самого робота, то для работы регулятора в общем случае придется переделать как алгоритм поиска центра линии на изображении, так и коэффициенты регулятора. В то же время для метода ИНС требуется лишь собрать новую базу знаний.

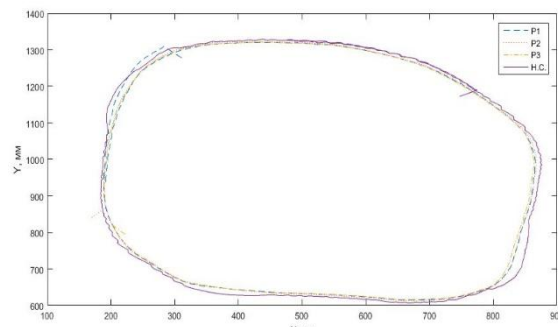


Рис. 3. Траектории движения

#### Список литературы

1. Производители и разработчики робототехники [Электронный ресурс]. – URL: <http://robotrends.ru/robotpedia/proizvoditeli-i-razrabotchiki-robototehniki.-katalog> (дата обращения: 16.10.2016)
2. ALVINN, an autonomous land vehicle in a neural network [Электронный ресурс]. – URL: <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2874&context=compsci> (дата обращения: 16.10.2016)
3. Mobile robots' modular navigation controller using spiking neural networks [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231214000976> (дата обращения: 16.10.2016)
4. Neural network-based adaptive tracking control of mobile robots in the presence of wheel slip and external disturbance force [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231215018172> (дата обращения: 16.10.2016)
5. Design of a high-speed line following robot that smoothly follows tight curves [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790615002190> (дата обращения: 16.10.2016)
6. Optimization of PID Control for High Speed Line Tracking Robots [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915038302> (дата обращения: 16.10.2016)