

УДК 004.896

Оценка погрешности одометров мобильного робота с помощью нейронных сетей

Касьяник В.В., Дунец А.П., Брестский государственный технический университет, Брест

Постановка задачи

Одной из важнейших задач в робототехнике является задача определение точного местоположения робота – проблема локализации или позиционирования. Данная проблема очень важна, так как информация о точном местоположении робота необходима для решения более сложных и комплексных задач навигации, построения пути и построения карты окружающей среды. На сегодняшний день существует несколько различных подходов к решению проблемы локализации. Эти подходы применяют различные сенсоры и алгоритмы обработки данных, так одним из подходов к локализации является вероятностный подход на основе SLAM- методик с использованием лазерного сканера или дальномеров [1]. Метод оценки ошибки одометров на основе данных навигации мобильного робота представлен в [2]. Классической в данной области является работа [3], где разработана методика калибровки и коррекции погрешности одометров, предложены методы проведения эксперимента для оценки различных факторов, влияющих на погрешность. В работе [4] выполнен сравнительный анализ нескольких различных подходов к оценке погрешности одометров, одним из которых является метод нейронных сетей. В работе применен многослойный персептрон для оценки ошибки одометров, который показал лучшие результаты из рассмотренных методов. Этим обусловлена актуальность исследований в области нейросетевых технологий оценки погрешностей сенсоров позиционирования.

Данная работа является продолжением работы [4] в области применения нейронных сетей для мобильных роботов малого размера. Малый размер робота является причиной более существенных погрешностей и ограничивает использование дополнительных сенсоров. Таким образом необходимо провести исследование возможности применения нейронных сетей в данных условиях. В данной работе также предлагается использовать искусственную нейронную сеть, которая будет оценивать изменение ошибки с течением времени. Так как погрешность одометров зависит от множества различных случайных и систематических факторов, то изменение погрешности является нелинейной динамической системой.

Для оценки поведения такой системы и последующей коррекции позиции робота был применен двухслойный персептрон с тангенциально-сигмоидной функцией активации в скрытом слое и

линейными выходными нейронами. Для обучения использовался метод обратного распространения ошибки. На вход нейронной сети подаются образы из 18 элементов:

$$\{x_1, y_1, \dots, x_8, y_8, t_b, t_e\}$$

где, x_1, y_1 – координаты робота по данным одометров в течение эксперимента, t_b, t_e – время старта и окончания эксперимента.

Количество нейронов скрытого слоя варьировалось в процессе экспериментов, выходной слой содержал 2 нейрона, которые определяли координату робота x и y в качестве оценки нейронной сети.

Архитектура нейронной сети представлена на рис. 1.

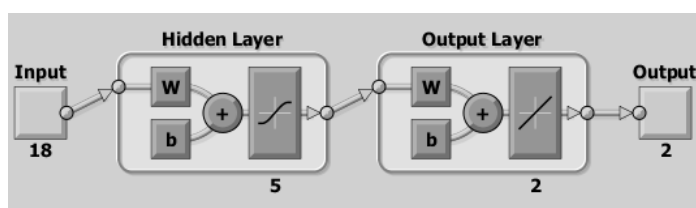


Рис. 1 - Архитектура нейронной сети

Для обучения нейронной сети в качестве эталонных значений использовались координаты реальной позиции робота. Реальная позиция робота оценивалась с помощью двух подходов – видеорегистрации робота с помощью камеры, закрепленной на потолке, и ручного измерения. После обучения нейронной сети, проводились эксперименты по оценке позиции робота на новых данных одометров. В следующем разделе приведены и проанализированы результаты работы нейронной сети в сравнении с реальной позицией робота.

Результаты экспериментов

На первом этапе экспериментов было произведено исследование характеристик механики мобильного робота. Малые габаритные размеры робота (12см X 12 см X 8 см), легкий вес (200 гр) приводят к существенному увеличению погрешностей курсового угла робота.

Для оценки эффективности применения нейронной сети в задаче уточнения данных одометров был проведен 21 эксперимент. В данном эксперименте робот двигался по прямой на расстояние 1,5 м. На вход нейронной сети подавалось время старта и финиша робота, 8 пар координат положения робота, рассчитанных на основании одометров. Эталонными значениями для обучения сети были данные о реальном положении робота – пара значений координат x и y .

В процессе обучения нейронной сети были произведены исследования влияния количества нейронов скрытого слоя на ошибку нейронной сети в задаче оценки позиции одометров. Результаты исследования приведены в таблице 1. Видно, что наиболее оптимальным количеством нейронов в скрытом слое является интервал 9-11 нейронов. Также можно отметить, что при увеличении количества

нейронов до 15, нейронная сеть запоминает входные образы, а на новых данных показывает неудовлетворительные результаты

Таблица 1 – Результаты оценки погрешности одометров

Эксперимент	Нейронов в скрытом слое	Среднеквадратичная ошибка на этапе обучения	тестирование сети на новых данных
1	5	36,31	29,876
2	7	20,49	35,502
3	9	4,72	12,255
4	11	5,99	12,258
5	13	28,19	14,401
6	15	2,29	28,561

. По этим результатам для дальнейших экспериментов была выбрана нейронная сеть с 11 нейронными элементами в скрытом слое. Далее было проведено исследование 21 эксперимента с помощью обученной нейронной сети.

На рис. 2 и рис. 3 представлены результаты оценки нейронной сетью ошибки одометров по оси X и Y соответственно относительно реальной позиции робота.



Рис. 2. Аппроксимация ошибки одометров нейронной сетью



Рис. 3. Аппроксимация ошибки одометров нейронной сетью

С каждым экспериментом систематическая ошибка нарастает и ухудшается оценка нейронной сети. По координате Y заметное ухудшение происходит после 14 эксперимента, что соответствует примерно 200 метрам пройденного расстояния. В итоге при оценке погрешности по оси X точность нейронной сети была выше на 8 %, по оси Y – 50 %.

Выводы

В результате проведенного исследования были получены характеристики механики для конкретного реального робота. На основании данных характеристик проведена калибровка подсистем управления и позиционирования робота для решения задачи локализации. Для уточнения позиции робота и повышения качества и надежности информации, выдаваемой подсистемой локализации был предложен нейросетевой модуль. Результаты экспериментов доказали успешность предложенного подхода, особенно в продольном направлении, где ошибка наиболее существенна. Однако в данном подходе имеется ряд недостатков, таких как: необходимость настройки нейросетевого модуля для конкретного робота и окружающей среды, требование к производительности бортового оборудования робота. В дальнейшем для решения данных проблем планируется создание интеллектуальной системы позиционирования, которая смогла бы адаптироваться во время работы к параметрам робота, внешней среды и использовала для оценки позиции кроме одометров, другие сенсоры робота.

Благодарности

Данная работа выполнялась при поддержке гранта Ф11-ЛИТ003 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и гранта ГБ 11/117 министерства образования Республики Беларусь.

Литература:

1. M.Montemerlo, S.Thrun, D.Kollerand B.Wegbreit, Fast-SLAM2.0: An Improved Particle Filtering Algorithm for Simultaneous Localization and Mapping that Provably Con-verges, In Proc. Of the Int. Confs. On Artificial Intelligence (IJCAI), 2003, pp.1151–1156
2. A.Martinelli and R.Siegwart, Estimating the Odometry Error of a Mobile Robot during Navigation, In Procs. Of European Conf. on Mobile Robots, 2003.
3. J.Borenstein and L.Feng, Measurement and correction of systematic odometry errors in mobile robot, IEEE Transactions on Robotics and Automation, 1996, pp.12(6):869-880.
4. Haoming Xu and John James Collins. Estimating the Odometry Error of a Mobile Robot by Neural Networks, In Proc. of International Conference on Machine Learning and Applications, 2009