

Заключение

Данная работа выполнена в рамках сотрудничества между лабораторией робототехники (Германия) и группой нейронных сетей Брестского политехнического института. Автор выражает благодарность профессорам К. Шиллингу и Х. Роту за предоставление экспериментальной базы и поддержку исследований в этом направлении.

Литература

1. V. Golovko, Ju. Savitsky, V. Gladischuk. A neural net for predicting problem. – Temisoara: University of Temisoara, Romania, 1996.
2. V. Golovko, V. Dimakov, K. Schilling. Intelligent system for control of mobile robot – Ankara: EMO Scientific Books, 1997.

НЕЙРОННАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ МАРШРУТА ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО РОБОТА

Димаков В.М.

Брестский политехнический институт

Введение

В настоящее время во всем мире ведутся активные исследования по созданию автономных навигационных систем для различных транспортных средств (транспортные роботы, роботы для исследования других планет, автопилоты для автомобилей). Существуют множество подходов для решения подобных задач [1-6]. Все они обладают рядом преимуществ и недостатков, которые отражают сложность решаемой проблемы. Группой исследователей из Брестского политехнического института была разрабо-

тана модель нейронной поведенческой навигационной системы для автономного транспортного робота. Она была протестирована на роботе «WALTER» в ARS-Transferzentrum, Weingarten, Германия. В ходе испытаний были получены хорошие результаты. Однако она не может правильно оценить и спланировать маршрут движения робота на местности со сложной конфигурацией (лабиринты).

В данной статье описана нейронная система планирования маршрута движения робота. Она является системой более высокого уровня и работает на основе данных, которые поступают от поведенческого навигатора. Основная цель ее состоит в том, чтобы помочь поведенческой навигационной системе найти более оптимальный маршрут движения робота к цели. Система планирования решает следующие задачи:

- создает карту маршрутов движения робота;

- определяет наилучший маршрут движения робота на основе собственных знаний о конфигурации местности и информации от поведенческого навигатора;

- адаптирует карту маршрутов движения робота к изменению конфигурации местности.

1. Архитектура нейронной системы

Базовым элементом архитектуры системы является нейронная сеть маршрута (рис.1). Она сохраняет ключевые параметры указателей маршрута и выбирает из них необходимые, чтобы участвовать в конкуренции с другими маршрутами для движения по уже исследованной территории.

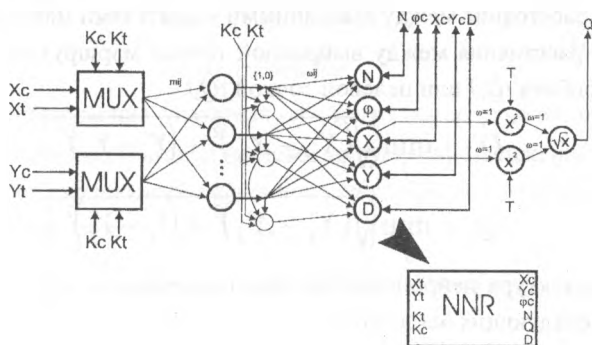


Рис. 1. Нейронная сеть маршрута.

Нейронная сеть маршрута состоит из следующих элементов:

Мультиплексоры входов. Они подключают поочередно координаты текущего положения робота и координаты целевой точки движения, чтобы определить ближайшие к ним указатели маршрута.

Сети Кохонена. Она выполняет поиск указателя маршрута, который наиболее близко расположен к текущему положению или целевой точке движения робота.

Однослойного персептрона, который работает как память для сохранения ключевых параметров указателя маршрута. Для его обучения используется алгоритм обратного распространения ошибки с адаптивным коэффициентом обучения α [7].

Цепочки пороговых нейронов, которые вычисляют расстояние между двумя wybranными точками маршрута, чтобы определить действительное расстояние, которое пройдет робот вдоль конкретного маршрута.

На выходе нейронной сети маршрута формируются следующие выходные параметры:

x_c, y_c – координаты выбранного указателя маршрута;

N – порядковый номер указателя маршрута;

φ_c – направление указателя;

3. Искусственный интеллект и нейронные сети

D – расстояние между выбранными указателями маршрута;

Q – расстояния между выбранной точкой маршрута и текущим положением робота (Q_j) или целевой точкой (Q_c).

$$Q_c = \min_j \left\{ \sqrt{(X_c - X_j)^2 + (Y_c - Y_j)^2} \right\} \quad (1)$$

$$Q_j = \min_j \left\{ \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \right\} \quad (2)$$

Архитектура нейронной системы представлена на рис.2. Система состоит из следующих элементов:

1. *Элементов маршрута* (NNR_i), количество которых изменяется динамически;

2. *Процессорных элементов* (PE_{NNRi}). Они выполняют следующие функции:

$$\varphi_i = \begin{cases} \operatorname{arctg} \frac{y_i^l - y_c^l}{x_i^l - x_c^l}, & \text{if } N_i > N_c \\ \operatorname{atctg} \frac{y_c^l - y_i^l}{x_c^l - x_i^l}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$R = \begin{cases} \frac{D + Q_i}{\sqrt{(x_c^l - x_i^l)^2 + (y_c^l - y_i^l)^2}}, & \text{if } K_i = 1 \\ +\infty, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (4)$$

где φ_i – направление движения вдоль маршрута, R – определяет степень выбора системой маршрута.

3. Нейронов для подготовки информации для выбора лучшего маршрута. Их работа описывается следующими уравнениями:

$$Q_c = \begin{cases} 0, & \text{if } K_c = 1 \wedge Q \leq d \\ +\infty, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

$$\varphi_R = \begin{cases} 0, & \text{if } |\varphi' - \varphi_l| \leq \Delta \\ +\infty, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (6)$$

где d - радиус притяжения указателя, Δ - допустимое угловое отклонение направления движения робота, φ' - целевое направление движения робота.

4. Любой конкурирующей нейронной сети, работа которой описывается следующим уравнением:

$$P_l = \begin{cases} 1, & \text{if } S_l = \min\{R + Q_c^l + \varphi^l\} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (7)$$

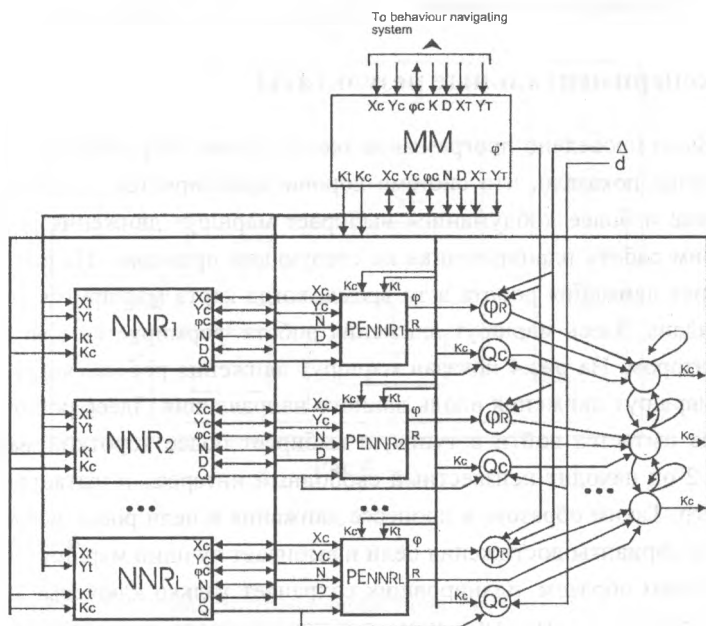


Рис.2. Архитектура нейронной системы.

где P_l - l -тый выход нейронной сети. Данная сеть определяет маршрут-победителя.

3. Искусственный интеллект и нейронные сети

5. *Основной диспетчер системы (ММ)*. Он осуществляет управление системой и выполняет следующие функции:

Вычисляет целевое направление движение робота:

$$\varphi' = \arctg \frac{y_t - y_c}{x_t - x_c} \quad (8)$$

Генерирует сигналы создания нового указателя в элементе маршрута или нового элемента маршрута.

Формирует поочередно сигналы выбора координат анализируемых точек (K_c и K_t) для поиска подходящего маршрута.

Осуществляет интерфейс с поведенческой системой навигации.

2. Экспериментальные результаты

Было проведено программное тестирование нейронной системы. Тестирование показало, что система хорошо адаптируется к незнакомой обстановке и более «обдуманно» выбирает маршрут движения робота. Рассмотрим работу планировщика на следующих примерах. На рис.3 показан маршрут движения робота в то время, когда карта маршрутов робота еще не создана. Здесь маршрут движения робота формируется поведенческим навигатором. На рис.4 показан маршрут движения робота, когда уже имеется маршрут движения вдоль данного направления. Здесь робот (точка 1) уже не пытается войти в тупик, а выбирает более короткий маршрут. В точке 2 он находит неизвестный свободный интервал и пытается исследовать его. Таким образом, в процессе движения к цели робот исследует различные варианты достижения цели и выбирает лучший маршрут из них.

Таким образом, планировщик сохраняет только ключевые параметры конфигурации местности и помогает поведенческому навигатору сгенерировать корректный маршрут движения робота. Эксперименты проводились со следующими начальными данными: $d=1.2\text{м}$, $\Delta=60^\circ$.

цируется, чтобы более адекватно моделировать поведение биологических существ в подобных ситуациях.

Литература

1. Schilling, K. and C. Jungius. (1995). Mobile Robots for Planetary Exploration, In: *Halme, A.(ed.), Proceedings IFAC Conference "Intelligent Autonomous Vehicles"* (Helsinki), pp. 110-120.
2. Millan, J.R. (1995). Reinforcement learning of goal-directed obstacle-avoiding reaction strategies in an autonomous mobile robot, *Robotics and Autonomous System*, №15 (Oct.), pp. 275-299.
3. Thrun, S.B. (1995). An approach to learning mobile robot navigation, *Robotics and Autonomous System*, №15 (Oct.), pp. 301-319.
4. Schilling, K., V. Golovko, V. Dimakov. (1996), Neural system for mobile robot autonomous navigation, In: *Proceedings of the Workshop on design methodologies for signal processing*, Zakopane, Poland, August 29-30, pp. 124-130.
5. Schilling, K. and H. Roth. (1995). Sensordefusion mit Fuzzy Logic zur Steuerung mobiler Roboter, In: *Proceedings of the 2. Neuro-Fuzzy Symposium*, Friedrichshafen Graf-Zeppelin-Haus, 19 Oktober.
6. Golovko, V., V. Dimakov and K. Schilling. (1997). Intellectual system for control of mobile robot, In: *Proceedings New Trends in Artificial Intelligence and Neural Network*, EMO Scientific Books, pp. 34-38, Ankara.
7. Golovko, V.A. and J.V. Savitsky. (1995). Predicting neural net, In: *Proc. Intern. Conf CMNDT-95*, Berlin, pp. 348-353