



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНИИ МОБИЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

*Кучеренко Е.И., Дрюк А.Д.*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Одним из актуальных направлений современной науки является построение систем автоматического управления сложными, плохо формализуемыми системами, в частности – мобильными объектами. При этом большинство существующих систем, функционирующих в условиях существенной неопределённости и динамичности окружающей среды, как правило, не способны действовать автономно.

В данной работе предложены перспективные подходы к построению адаптивных интеллектуальных систем, что требует разработки методов и алгоритмов адаптивного поведения в управлении объектами. Целью работы является разработка и исследование методов управления мобильными объектами на основе нахождения множества локальных экстремумов с последующим выбором оптимальных решений.

Пусть территория производственного помещения представляет собой некоторое пространство  $S$ , разбитое на единичные объекты  $S_i \subseteq S$ . На этой территории находится  $L$  грузов и  $K$  мобильных объектов, способных погрузить, разгрузить и перемещать грузы, а также осуществлять некоторую комбинацию  $N = L \times K$ ,  $N \neq \emptyset$ .

В связи с завозом партии из  $L_1$  грузов требуется переместить  $L_2 \subseteq L_1$  грузов в другие контейнеры, используя мобильные объекты. При этом все время выполнения этого задания не должно превышать предельного времени:

$$\tau \leq \tau', \quad (1)$$

$$L_2 \in S, S \neq \emptyset, \quad (2)$$

где  $\tau'$  – время до прибытия новых грузов. Если же время перемещения грузов  $\tau > \tau'$ , необходимо модифицировать задачу, чтобы задание (1) было выполнено. Для  $\forall L_1, L_2 \in S$  также должна быть обеспечена справедливость (2).

Одним из наиболее перспективных и универсальных методов решения этой задачи представляется разработка и настройка стохастической  $S^{(P)}$  и нечеткой  $S^{(\tilde{F})}$  системы управления объектами, которая может быть представлена в виде

$$S_{\Sigma} = \left\{ \begin{array}{l} S^{(P)}, P = true \\ S^{(\tilde{F})}, \tilde{F} = true \\ else S_{\Sigma} = 0 \end{array} \right\}. \quad (3)$$

Необходимо разработать систему нечетких (в смысле Заде-Мамдани или Такаги-Сугено-Канга), а также стохастических (в смысле теоремы Байеса)



правил полученной системы; протестировать качество работы метода, построенного на основе модели (3).

Предлагается модифицированный метод, состоящий из следующих этапов:

**Этап 1.** Определение нечетких термов для параметров  $d$ ,  $\alpha$ ,  $\omega$ , и их функций принадлежности: смещения  $\mu_{\tilde{d}}$ , угла поворота  $\mu_{\tilde{\alpha}}$  и угловой скорости  $\mu_{\tilde{\omega}}$ .

**Этап 2.** Составить систему правил продукции вида

$$R_{ij} : \text{Если } d \in \tilde{d}_i \text{ и } \alpha \in \tilde{\alpha}_j \text{ с весом } w_{ij}, \text{ то } \omega \in \tilde{\omega}_k, \quad (4)$$

где  $\tilde{d}_i$ ,  $\tilde{\alpha}_j$ ,  $\tilde{\omega}_k$  – нечеткие термы для параметров  $d$ ,  $\alpha$  и  $\omega$  соответственно.

**Этап 3.** Сгенерировать обучающую выборку для настройки параметров нечеткой модели, в частности – параметров распределения нечетких термов  $\tilde{d}_i$ ,  $\tilde{\alpha}_j$ ,  $\tilde{\omega}_k$  и весов правил  $w_{ij}$ .

**Этап 4.** Настроить полученную нечеткую модель, где задачу оптимальной настройки модели  $F = F(P, W)$  можно сформулировать как задачу минимизации невязки функции  $y^F(X)$  на обучающей выборке:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\bar{\omega}(X_j) - y^F(X_j))^2 \rightarrow \min_{(P, W) \in G}, \quad (5)$$

где  $G$  – множество ограничений для векторов  $P$  и  $W$ ;  $N$  – объем обучающей выборки;  $X_j = (\bar{d}_j, \bar{\alpha}_j)$  – вектор входных параметров обучающей выборки;  $\bar{\omega}(X_j) = \bar{\omega}(\bar{d}_j, \bar{\alpha}_j)$  – выходной параметр обучающей выборки.

Для настройки данной модели и решения задачи (4), (5) предлагается модификация метода сверхбыстрого отжига, который модифицируется также на стохастические модели из (3). В работе: разработана система (множество) нечетких и стохастических правил продукции для управления мобильными объектами; модифицирован метод сверхбыстрого отжига для настройки параметров полученной нечеткой (стохастической) системы, позволяющий оптимизировать функции управления мобильными объектами; тестированием подтверждена адекватность и перспективность теоретических положений работы.

1. Макаров И.М. Автоматизация синтеза и обучение интеллектуальных систем управления [Текст] / И.М. Макаров, В.М. Лохин и др. – М.: Наука, 2009. – 228 с.

2. Кучеренко Е.И. Стохастические модели и методы субоптимальной маршрутизации сложных объектов [Текст] / Е.И. Кучеренко, А.Д. Дрюк // Бионика интеллекта. – №1 (80), 2013. – С. 45–53.

3. Ingber L. (1993). Simulated Annealing: Practice versus theory. Mathematical and Computer Modelling, 18(11), 29-57.