

из состояния $f_p^0 = (x_0, W_p^0)$ в состояние $(x^1, W_p^1 = W_p^0 - W_p(\bar{V}_p^1))$, после чего игрок E , зная состояние и выбор игрока P , выбирает импульс $\bar{V}_E^1(W_E(\bar{V}_E) \leq W_E^0)$ и переходит из позиции $f_E^0 = (y_0, W_E^0)$ в позицию $f_E^1 = (y^1, W_E^1 = W_E^0 - W_E(\bar{V}_E^1))$ и т.д.

Игра заканчивается в момент T (на шаге n_p, n_E).

Выигрыш игрока P положим равным величине $H(f_E^{n_E}, f_p^{n_p})$. В качестве функции выигрыша можно также взять ρ или какую-нибудь другую функцию. Стратегия $\varphi_p(\varphi_E)$ игрока $P(E)$ в игре $\Gamma_1(\cdot)$ есть правило, ставящее в соответствие состоянию игры $f \in F$ вектор импульса $\bar{V}_p(\bar{V}_E)$. Множество всех стратегий $P(E)$ обозначим через $\Phi_p(\Phi_E)$.

С помощью метода динамического программирования найденно аппроксимирующее оптимальное управление агентов P и E . Изложение проиллюстрировано численным примером.

Список литературы

1. Соловьев Ц.В., Тарасов Е.В. Прогнозирование межпланетных полетов. М.: Машиностроение, 1973. 400 с.
2. Циолковский К.Э. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 535 с.
3. Малафеев О.А. Ситуация равновесия в динамических играх// Кибернетика. 1974. №3. С. 111-118.
4. Беллман Р.Е., Дрейфус С.Е. Прикладные задачи динамического программирования. М.: Наука, 1965.
5. Колокольцов В.Н., Малафеев О.А. Математическое моделирование много-агентных систем конкуренции и кооперации. Изд-во Лань, 2012. 624 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РОБОТОТЕХНИКИ И МЕХАТРОНИКИ

Г.В. Алферов, О.А. Малафеев, И.А. Старева

Санкт-Петербургский государственный университет, Россия
alferovgv@gmail.com, malafeyeva@mail.ru, irina.stareva@gmail.com

Проблема определений оптимальных траекторий робототехнических систем в среде с движущимися целями представляет большой интерес.

К настоящему времени существуют алгоритмы, реализующие те или иные подходы к ее решению, обладающие свойством глобальной сходимости, однако их программная реализация требует вычислительных ресурсов, недоступных современным компьютерам. Поиск оптимальных траекторий роботов требует нахождения подходящих ветвей в гигантском поисковом дереве.

Уменьшить размеры поисковых деревьев позволяет подход лингвистической геометрии, разработанной Б. Стилманом [1].

Формальная теория, так называемая лингвистическая геометрия (ЛГ), включает в себя синтаксические инструменты для представления знаний и принятия решений в иерархических сложных системах. Эта теория формализует эвристический поиск, что позволяет разложить сложную систему на иерархию подсистем и, таким образом, решать трудноразрешимые задачи за счет уменьшения спектра поиска.

Б. Стилман предложил следующее определение сложной системы.

$$\langle X, P, R_p, ON, v, S_i, S_t, TR \rangle .$$

Считаем, что переходы выполняются поочередно с участием элементов из P_1 и P_2 (в объединении дают P) соответственно. Допускается пропуск хода.

Элемент p может переместиться из точки x в точку y , если эта точка является достижимой. Текущее положение каждого элемента описывается уравнением $ON(p) = x$. Таким образом, описание каждого состояния системы $\{ON(p_i) = x_k\}$ определяет положения элементов системы.

Оператор TRANSITION (p, x, y) описывает изменение состояния системы при перемещении элемента p из точки x в точку y . Элемент q должен быть удален, так как p и q принадлежат различным множествам P_1 и P_2 .

Проблема оптимального функционирования системы рассматривается как поиск оптимальной последовательности переходов из начального состояния S_i к одному из конечных S_t .

Робототехническая система может быть рассмотрена как сложная система. Первый шаг нового метода состоит в введении иерархической структуры системы путем определения промежуточных целей и разбиения ее на подсистемы, которые стараются достичь этих целей. Цели поставлены индивидуально, но скоординированы с главной целью.

Следующим шагом являются внутренние иерархии формальных языков, которые представляют иерархию подсистем.

Рассмотрим описание «динамики» системы. Переходы описываются изменениями состояний как изменения наборов правильно построенных формул (ППФ). После каждого перехода должна быть сгенерирована новая иерархия языков. Это неэффективная процедура. Чтобы повысить эффективность процесса поиска, важно описать изменение

иерархии языков. Каждый язык должен быть преобразован специфическим отображением, называемым трансляцией.

Таким образом, в системной операции поисковый процесс порождает дерево переходов иерархии языков. Язык верхнего уровня является языком переходов. Он содержит все деревья переходов, представленные как строки параметрических символов. Каждая ветвь поискового дерева, представляет движение робота из одного положения к другому по сети траекторий. Выражения в языке переходов представляют поиски оптимальной (субоптимальной) операции, такой как оптимальный план задачи управления роботом. Порождения в этом языке управляются взаимодействием траекторных сетей. Это порождение сказывается в существенном уменьшении поискового дерева, которое и дает оптимальное решение задачи управления робототехническими системами.

Построены и отлажены алгоритмы оптимального управления робототехнической системой FANUC. Рассмотрен иллюстративный пример.

Список литературы

1. *Stilman B.* Linguistic Geometry from search to construction // Kluwer Academic Publishers Boston, Dordrecht, London, 1999. 395 p.

ПРЯМОЙ МЕТОД ЛЯПУНОВА В ЗАДАЧАХ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНО- ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

А.С. Андреев

Ульяновский государственный университет

Л.Толстого 42, 432017 Ульяновск, Россия

andreevas@ulsu.ru

В докладе в дополнении к [1] проводится краткий анализ работ последних лет по устойчивости и стабилизации функционально-дифференциальных уравнений с конечным запаздыванием.

Излагаются новые результаты по исследованию устойчивости функционально-дифференциальных уравнений с бесконечным и неограниченным запаздыванием на основе функционалов и функций Ляпунова. Они основываются на построении топологической динамики таких уравнений, отличной от [2, 3].