

¹ старший преподаватель кафедры алгебры, ДГПУ

e-mail: stepkin.andrey@rambler.ru

Распознавание графов с помощью трёх агентов

Рассматривается задача распознавания графов с помощью трёх агентов. Два агента-исследователя перемещаются по графу, считывают и изменяют метки в вершинах, ребрах и инциденторах графа. Агент-экспериментатор получает от этих агентов информацию об их перемещении и метках, и на этой основе распознает исследуемый граф с точностью до отметок на графе. Предложен алгоритм распознавания квадратичной (от числа вершин графа) временной сложности, квадратичной емкостной сложности и коммуникационной сложности равной $O((n^2) \cdot \log(n))$, при этом верхняя оценка числа ребер, посещенных агентами исследователями равна $O(n^2)$. Для распознавания агентам требуется по две различные краски (всего три краски). Алгоритм основан на методе обхода графа в глубину.

Ключевые слова: *распознавание графов, коллектив агентов*

Введение

В настоящее время существуют огромное множество сред, требующих изучения [1]. Это является одной из причин активного развития такого направления как теория дискретных динамических систем [2]. Одной из эффективных моделей описания и изучения сред явилась модель предложенная В. М. Глушковым — модель взаимодействия управляющей и управляемой систем. Взаимодействие этих систем часто представляется как процесс перемещения управляющего автомата по графу управляемой системы. Такое представление привело к обширному и интенсивно развивающемуся исследованию поведения автоматов в лабиринтах, заданных в виде графов [2-6].

Исследованию графа при помощи одного агента посвящено много работ, при этом остается малоисследованно распознавание графа при помощи коллектива агентов. Что делает актуальной задачу проведения систематического исследования экспериментов по распознаванию графа несколькими агентами. При таком распознавании основной проблемой является проблема эффективности их взаимодействия, с целью уменьшения затрат времени и памяти на распознавание. Требуется разработать такой алгоритм движения, при котором блуждающие агенты не мешают друг другу, не дублируют работу друг друга и ищут новые подграфы для распознавания, после распознавания своего подграфа.

Основная часть

В работе рассматривается коллектив из трех агентов: два агента-исследователя блуждают по графу, перекрашивают его элементы, записывают номера в вершины графа и передают полученную информацию агенту-экспериментатору. Агенты-исследователи A и B имеют конечную на каждом шаге, но растущую память. Взаимодействие агентов-исследователей осуществляется за счет окраски элементов графа, нумерации вершин графа и обмена информацией через агента-экспериментатора. Алгоритм распознавания основан на методе обхода графа в глубину. Разработана процедура, которая позволяет агентам после завершения распознавания своего подграфа искать новые подграфы для распознавания. Это решило проблему простоя агента, в случае, когда начальное расположение агентов не позволило распознавать граф в равных частях и одному из агентов приходилось стоять, пока второй агент продолжал работу над распознаванием оставшегося подграфа, который мог в разы превышать подграф, распознанный простаивающим агентом. Поэтому начальное расположение агентов сильно влияло на время выполнения алгоритма, а в некоторых случаях приводило к тому, что весь граф (кроме вершины, в которой находился второй агент) распознавался одним агентом.

В начале работы все элементы графа окрашены в белый цвет, агенты A и B помещаются в произвольные несовпадающие вершины графа G , нумеруют их и передают номера агенту-экспериментатору, который помещает их во множество вершин V_H . Агенты-исследователи передвигаются по графу из вершины v в вершину u по ребру (v, u) , могут изменять окраску вершин v , u , ребер (v, u) , инциденторов $((v, u), v)$, $((v, u), u)$, а так же записывают в вершины номера. Находясь в вершине v , агент-исследователь воспринимает метки всех элементов окрестности $Q(v)$ и номера смежных с ней вершин, на основании этой информации определяет, по какому ребру будет дальше перемещаться, и как будет окрашивать элементы графа. Агент-экспериментатор может передавать сообщения агентам-исследователям, а также принимать и идентифицировать сообщения от агентов-исследователей, обладает конечной, неограниченно растущей внутренней памятью, в которой фиксируется результат функционирования агентов-исследователей на каждом шаге и, кроме того, строится представление графа G , вначале неизвестного агентам, списками ребер и вершин.

Выполняя обход графа, агенты A и B создают красный и желтый пути соответственно. Рассмотрим принцип построения агентами пути «своего» цвета. При движении в белую вершину красный (желтый) путь удлиняется, при движении назад по своему пути — укорачивается. Если агент-

исследователь вернулся в вершину, из которой начал обход графа, а в её окрестности не оказалось белых вершин, то он окрашивает эту вершину в черный цвет. Алгоритм заканчивает работу, когда красный и желтый пути становятся пустыми, а все вершины черными. Выполняя обход графа G , агенты создают нумерацию посещенных вершин. Первый раз посетив вершину агент A окрашивает её в красный цвет (агент B — в желтый цвет), записывает в память вершины соответствующий номер (полученный от агента-экспериментатора). Распознавание графа G происходит на основе созданной агентами-исследователями нумерации, путем построения графа H изоморфного G .

Предложен новый метод и алгоритм реализации этого метода, в котором агент, закончивший распознавание своего подграфа, переходит на чужой подграф и там начинает движение в поисках еще не распознанных подграфов, как можно ближе к своему расположению. Поиск начинается с той части чужого подграфа, где наименее вероятно появление в нужной вершине другого агента раньше рассматриваемого агента. Такой метод не требует дополнительных сложных вычислений и лишних шагов для поиска вершин, подобранных по какому-либо фиксированному критерию, так же не требует дополнительной информации о нахождении другого агента вблизи выбранной вершины. В случае, если вершина все же будет занята другим агентом, рассматриваемый агент либо остановится до появления других вершин, либо сразу определит следующую ближайшую подходящую вершину и начнет движение в ее направлении. Сложность же предложенного метода обусловлена сложностью поиска пути перехода в новый подграф для распознавания.

Основные результаты и выводы

Теорема 1. *Три агента, выполнив алгоритм распознавания на графе G , распознают рассматриваемый граф с точностью до изоморфизма.*

Теорема 2. *Временная сложность алгоритма распознавания равна $O(n^2)$, емкостная — $O(n^2)$, а коммуникационная — $O(n^2 \cdot \log(n))$, число переходов по ребрам, совершаемых агентами-исследователями — $O(n^3)$. При этом в алгоритме используется три краски.*

Основным результатом данного алгоритма является решение проблемы простоя агента, в случае, когда начальное расположение агентов не позволило распознавать граф в равных частях и один из агентов-исследователей завершал работу, в то время, когда второй агент продолжал работу над распознаванием оставшегося подграфа, который мог в разы превышать подграф,

распознанный завершившим работу агентом. Это, в общем случае, дает значительное преимущество при использовании двух агентов-исследователей по сравнению с алгоритмами, использующими одного агента. Предложенный алгоритм является дальнейшим развитием результатов работ [3-5].

Литература

1. *Albers S.* Exploring unknown environments / S. Albers, M.R. Henzinger // SIAM Journal on Computing. — 2000. — №29(4). — P. 1164–1188.
2. *Кудрявцев В.Б.* О поведении автоматов в лабиринтах / В.Б. Кудрявцев, Щ. Ушчумлич, Г. Килибарда // Дискретная математика. — 1992. — Т.4, №3. — С. 3–28.
3. *Dudek G.* Topological exploration with multiple robots / G. Dudek, M. Jenkin, E. Milios, D. Wilkes // In 7th International Symposium on Robotics with Application (ISORA), Anchorage, Alaska, USA. — 1998.
4. *Стёпкин А.В.* Использование коллектива агентов для распознавания графов / А.В. Стёпкин // Компьютерные исследования и моделирование. — 2013. — Т.5, №4. — С. 525–532.
5. *Стёпкин А.В.* Возможность и сложность распознавания графов тремя агентами / А.В. Стёпкин // Таврический вестник информатики и математики. — 2012. — №1 (20). — С. 88–98.
6. *Грунский И.С.* Распознавание конечного графа коллективом агентов / И.С. Грунский, А.В. Стёпкин // Труды ИПММ НАН Украины. — 2009. — Т. 19. — С. 43–52.