

# ИНФОРМАТИКА ТА МЕТОДИКА ЇЇ ВИКЛАДАННЯ

УДК 519.7

Стёпкин А.В.

<sup>1</sup> кандидат физико-математических наук, доцент кафедры методики обучения математики и методики обучения информатики, ГВУЗ «ДГПУ»

e-mail: stepkin.andrey@rambler.ru

## Распознавание конечных графов двумя агентами

В работе предложено решение задачи распознавания конечных графов при помощи двух агентов. Один агент-исследователь передвигается по графу, считывает и изменяет метки элементов графа и передает информацию о своих действиях агенту-экспериментатору, который строит представление исследуемого графа. Предложенный алгоритм имеет квадратическую (от числа вершин графа) временную, емкостную и коммуникационную сложности. Для распознавания графа используется две различные краски.

**Ключевые слова:** *распознавание графов, обход графа, коллектив агентов*

## Вступ

Актуальной проблемой математической кибернетики является проблема взаимодействия управляющей и управляемой систем [1,2]. Ранее подобное взаимодействие было рассмотрено в [3,4], в предположении, что оно представлено передвижением агентов-исследователей (АИ) по неизвестному графу и обменом данными с агентом-экспериментатором (АЭ), который и производил распознавание графа по данным, полученным от АИ. Перемещение агента в операционной среде невозможно без построения полной модели выбранной среды. В вопросах такого моделирования определен ряд подходов, одним из которых является топологический. При котором блуждающему агенту доступна информация о связях между различными областями среды и недоступна метрическая и алгоритмическая информация о среде. Зачастую подобная ситуация возникает в роботике [5]. Топологическая модель представляет собой граф, оснащенный дополнительной информацией на ребрах, в вершинах и инциденторах.

---

© Стёпкин А.В., 2018

Данная работа посвящена решению задачи, в предположении, что взаимодействие управляющей и управляемой систем представляется процессом перемещения одного АИ по конечному неориентированному графу. А суть взаимодействия заключается в обмене данными АИ с АЭ, на основе которого возможно распознавание графа.

### Необходимые определения

Рассматриваются конечные, связные, неориентированные графы без петель и кратных ребер. Пусть  $G = (V, E)$  — граф, у которого  $V$  — множество вершин,  $E$  — множество ребер. Ребром будем называть двухэлементное подмножество  $\{u, v\}$  множества  $V$ , вершины  $u, v$  — смежными, а ребро  $\{u, v\}$  — инцидентным вершинам  $u, v$ . Такое ребро обозначается  $(u, v)$  или  $(v, u)$ . Тройку  $((v, u), u)$  будем называть инцидентором [2,3] (точкой соединения) ребра  $(v, u)$  и вершины  $u$ . Под дальним инцидентором вершины  $v$  будем понимать инцидентор  $((v, u), u)$ , а под ближним —  $((v, u), v)$ .

### Стратегия решения задачи

Предложенный метод распознавания графа основан на стратегии поиска в глубину. Предлагаемый алгоритм обладает рядом особенностей: 1) Граф  $G$  агентам не известен; 2) При обходе графа  $G$ , агенты создают неявную нумерацию пройденных вершин: при первом посещении вершины она окрашивается агентом в красный цвет и ей фактически ставится в соответствие номер, равный значению переменной  $S_{ч\_A}$ . На основе построенной нумерации и происходит распознавание графа  $G$  путем построения графа  $H$  изоморфного  $G$ . В процессе обхода агент строит неявное дерево поиска в глубину. Относительно этого дерева все ребра разделяются на древесные (окрашиваются при первом прохождении по ним красным цветом) и обратные (не принадлежат дереву и окрашиваются при первом прохождении в черный цвет). Древесные ребра проходятся как минимум 2 раза и при последнем проходе окрашиваются агентами в черный цвет. Обратные ребра проходятся от одного до двух раз.

Красные вершины графа  $G$ , на каждом шаге алгоритма, образуют красный путь. При проходе в новую вершину красный путь удлиняется, при проходе назад — укорачивается, при распознавании обратного ребра — не изменяется. Вершина, у которой все инцидентные ребра распознаны, окрашивается в черный цвет. Алгоритм заканчивает работу, когда красный путь становится пустым, а все вершины черными.

В работе АИ можно выделить 2 режима:

1) *Обычный режим.* АИ движется вперед по белым вершинам, окрашивая вершины, соединяющие их ребра и дальние инциденторы в красный цвет. Если нет возможных путей перемещения, то АИ возвращается назад, окрашивая пройденные вершины, ребра и ближние инциденторы в черный цвет. Вернувшись в начальную вершину, АИ завершает работу. На каждом шаге АИ обменивается данными с АЭ.

2) *Распознавание обратных ребер.* Если при движении вперед в вершине  $v$  было обнаружено обратное ребро, то АИ прекращает работу в обычном режиме и переключается в режим распознавания обратных ребер. АИ красит в красный цвет ближние инциденторы всех обратных ребер инцидентных вершине  $v$ . Завершив покраску инциденторов, АИ передвигается назад по своему пути, до обнаружения вершины инцидентной помеченному обратному ребру (под помеченным обратным ребром понимается белое ребро, у которого дальний инцидентор и дальняя вершина окрашены в красный цвет), переходит по этому ребру, окрашивая его в черный цвет. На этом этапе возможны случаи:

2.1) Распознаны не все, помеченные АИ, обратные ребра. В этом случае АИ возвращается назад по пройденному на предыдущем шаге ребру, окрашивая в черный цвет ближний инцидентор, и продолжает движение назад до обнаружения следующего помеченного обратного ребра.

2.2) Распознаны все, помеченные АИ, обратные ребра. В этом случае АИ окрашивает ближний инцидентор ребра, по которому он перешел на предыдущем шаге, в черный цвет и переключается в обычный режим работы.

### **Распознавание графа.**

Работа АЭ представляет собой анализ, в результате которого будет построен граф  $H$ , изоморфный распознаваемому графу  $G$  с точностью до отметок на графе.

**Теорема 1.** *Два агента, выполнив предложенный алгоритм распознавания, распознают любой граф  $G$  с точностью до изоморфизма.*

Для анализа эффективности алгоритма исследуются временная и емкостная сложности [2-4]. Также исследуется коммуникационная сложность [3, 4], которая определяется объемом информации, которой необходимо обменяться агентам для распознавания графа.

**Теорема 2.** *Временная, емкостная, коммуникационная сложности алгоритма и число переходов АИ по ребрам, равны  $O(n^2)$ , где  $n$  — число вершин графа. Для распознавания достаточно двух красок.*

## Выводы

Предложен алгоритм распознавания графа среды временная, емкостная, коммуникационная сложности и число переходов по ребрам которой равны  $O(n^2)$ . Агент-исследователь имеет конечную память, независимую от  $n$ , и использует 2 краски. Алгоритм имеет меньшую временную сложность, чем известные [2].

## Литература

1. *Летичевский А.А.* Математическая теория проектирования вычислительных систем / А.А. Летичевский, Ю.В. Капитонова. — М. : Наука, 1988. — 296 с.
2. *Грунский И.С.* Распознавание конечного графа блуждающим по нему агентом / И.С. Грунский, Е.А. Татаринев // Вестник Донецкого университета. Серия А. Естественные науки. — 2009. — Вып. 1. — С. 492–497.
3. *Стёпкин А.В.* Использование коллектива агентов для распознавания графов / А.В. Стёпкин // Компьютерные исследования и моделирование. — 2013. — Т.5, №4. — С. 525–532.
4. *Stepkin A.* Using a Collective of Agents for Exploration of Undirected Graphs / A. Stepkin // Cybernetics and Systems Analysis. — 2015. — V.51, №2. — PP. 223–233.
5. *Dudek G.* Computational principles of mobile robotics / G. Dudek // Cambridge Univ. press, Cambridge, 2000. — 280 p.

---

### Stepkin A.V.

Donbas State Pedagogical University, Sloviansk, Ukraine.

#### **Graph exploration by two agents.**

A solution of the problem of finite graphs exploration by two agents is proposed in this work. One investigating agent moves through the graph, reads and changes the labels of the graph elements, and passes the information about his actions to the agent-experimenter, which constructs the representation of the graph, which study. The proposed algorithm has a quadratic (with respect to the number of nodes of the graph) time, space and communication complexity. For exploring a graph, needs two different colors.

**Keywords:** *graph exploration, graph traversal, collective of agents.*