

Решение задачи Коммивояжера с помощью нейронной сети Хопфилда

Уманский Андрей Станиславович
Сахалинский государственный университет
Студент

Осипов Геннадий Сергеевич
Сахалинский государственный университет
Д.т.н., заведующий кафедрой информатики

Аннотация

Исследуются классические методы решения экстремальных задач. Обосновывается целесообразность и эффективность использования для решения сложных комбинаторных задач искусственных нейронных сетей. Произведено обоснование применения нейронных сетей Хопфилда, которые по «определению» изначально в процессе своего функционирования решают экстремальную задачу и не требуют специальных методов оптимизации. Разработано математическое и программное обеспечение решения задачи Коммивояжера на сети Хопфилда. Апробация программного продукта показала его эффективность.

Ключевые слова: экстремальные задачи, нейронные сети Хопфилда, задача Коммивояжера.

TSP solution using Hopfield neural network

Umanskij Andrej Stanislavovich
Sakhalin State University
Student

Osipov Gennadij Sergeevich
Sakhalin State University
Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Computer Science

Abstract

The classical methods for solving extreme problems. The expediency and efficiency to solve complex combinatorial problems of artificial neural networks. Produced substantiation of application of Hopfield neural networks, which are on the «definition» was initially in the process of functioning of the extreme solve the problem and does not require special methods of optimization. Developed mathematical and software solutions to the traveling salesman problem Hopfield network. Testing software has shown its effectiveness.

Keywords: extreme problems, Hopfield neural network, the traveling salesman problem.

Классические модели и методы решения экстремальных (оптимизационных) хорошо изучены. Есть полный анализ их возможностей, недостатков и ограничений (например, [1, 2]). Очевидно основной проблемой, возникающей при решении реальных производственных, технических и социально экономических задач, является «проклятие размерности». Решение можно найти, только если использовать методы, позволяющие распараллеливать процесс (алгоритм) поиска оптимума.

В этом плане уникальную нишу занимают (искусственные) нейронные сети, в которые алгоритм поиска экстремума некоторой функции встроен изначально (по определению) и не требует дополнительного программирования [3]. Области существующего эффективного практического использования нейронных сетей достаточно известны и очень широки – от экономических задач [4] до обеспечения безопасности сложных техногенных систем [5].

Во множестве искусственных нейронных сетей, используемых в практических приложениях особое место, занимает сеть Хопфилда [6]. Уникальность этой сети заключается в том, что ее функционирование по сути не что иное как именно процесс решение (своей внутренней) экстремальной задачи по минимизации функции (А.М.Ляпунова) энергии сети. Таким образом при использовании сети Хопфилда вместо разработки алгоритма решения экстремальной задачи требуется лишь соотнести параметры решаемой задачи с аргументами функции Ляпунова. Именно поэтому сеть Хопфилда, которую называют сетью, минимизирующей свою энергию, способна эффективно решать сложные экстремальные комбинаторные задачи.

Одной из наиболее сложных с вычислительной точки зрения является задача коммивояжера. Классические методы ее решения приводят к трудоемким алгоритмам (это методы полного и случайного перебора, жадный алгоритм, алгоритм Дейкстры и Литтла, метод эластичной сети). Поэтому в настоящей работе рассматривается проблема решения данной задачи с помощью сети Хопфилда.

Очевидно задача Коммивояжера формулируется следующим образом:

$$(D, f): f(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

$$D = \left\{ x \in B^{n^2} : \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 (i = \overline{1, n}); \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 (j = \overline{1, n}) \right\},$$

где c_{ij} – элементы матрицы расстояний, x_{ij} – элементы матрицы маршрутов.

Выполнив преобразование целевой функции задачи и системы требований (ограничений) адаптированных сначала на матричный вариант постановки задачи, а затем соотнеся полученную зависимость с классической

функцией энергии сети Хопфилда были получены выражения для весов связей сети. Это позволило разработать адаптивный алгоритм «обучения» сети и программу решения задачи Коммивояжера.

Программа обеспечивает:

1. возможность задания произвольной сети вершин и расстояний между ними;
2. возможность изменения исходных данных (параметры энергетической функции, точности вычислений);
3. наглядность представления и доступность входных и выходных данных;
4. реализована возможность получения времени, за которое найдено оптимальное решение, сам маршрут и соответствующее значение функции энергии.

Далее в табл. 1 представлены исходные данные, использовавшиеся для тестирования программы. Данные реальные, взяты с сайта: http://lmatrix.ru/news/problems/zadacha-kommivoyazhera-rossiya_286.html.

Таблица 1 – Табличное представление матрицы расстояний между городами

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0	816	1164	1559	1639	1373	1272	1203	910	925	734
B	816	0	370	767	847	770	1093	721	449	439	267
C	1164	370	0	402	482	449	748	646	599	425	428
D	1559	767	402	0	267	572	1059	968	994	803	823
E	1639	847	482	267	0	315	856	758	861	974	903
F	1373	770	449	572	315	0	514	416	647	448	627
G	1272	1093	748	1059	856	514	0	128	351	449	531
H	1203	721	646	968	758	416	128	0	266	262	456
I	910	449	599	994	861	647	351	266	0	187	174
J	925	439	425	803	674	448	449	262	187	0	179
K	734	267	428	823	903	627	531	456	174	179	0

A – Санкт-Петербург; B – Ярославль; C – Нижний Новгород; D – Казань; E – Ульяновск; F – Пенза; G – Воронеж; H – Липецк; I – Тула; J – Рязань; K – Москва.

На рис. 1 показаны результирующее окно работы программы. Длина полученного оптимального маршрута (это точное решение) составляет 4169 км, время нахождения решения – 0,009 с.

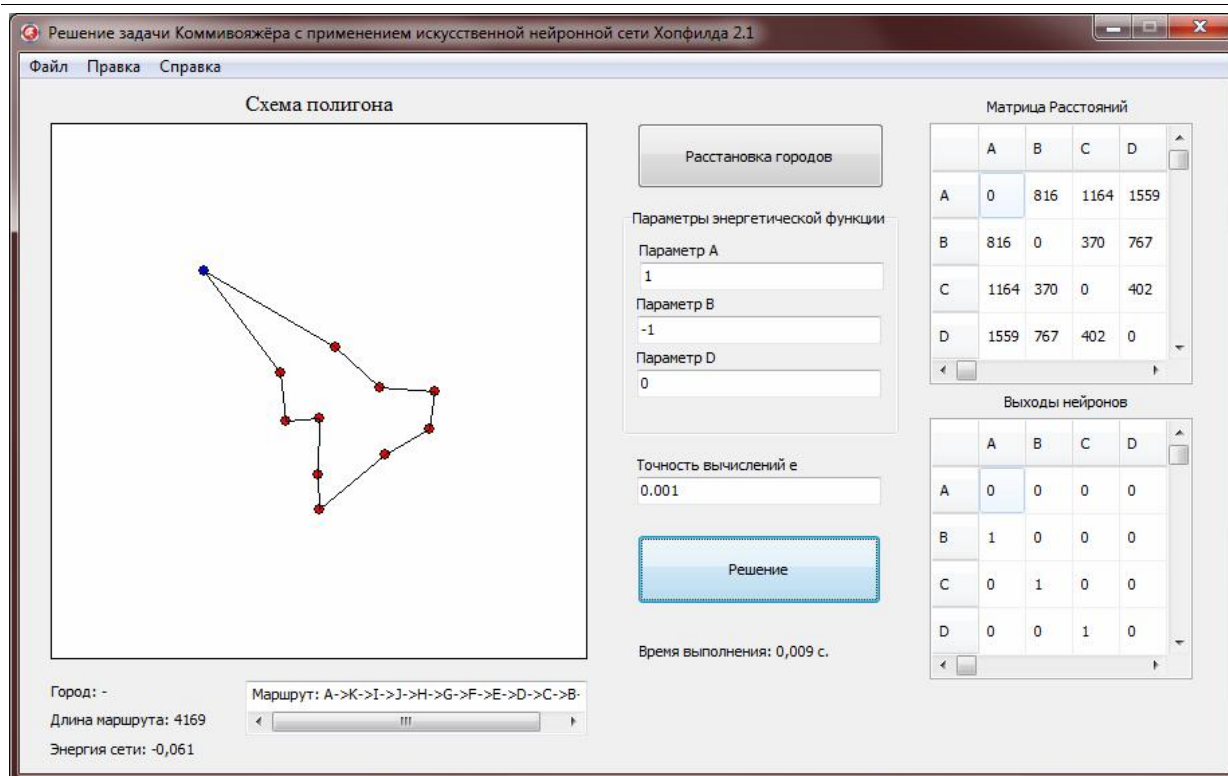


Рисунок 1 - Скриншот рабочего окна программы

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, разработанный адаптивный алгоритм решения задачи Коммивояжера с помощью искусственной нейронной сети, минимизирующей свою энергию (сети Хопфилда) показал свою эффективность. Программное обеспечение удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к программным продуктам класса решения оптимизационных задач.

Библиографический список

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. 3-е изд., перераб. и доп. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 632 с.
2. Воробьев Г.Н., Данилова А. Н. Практикум по численным методам. - М.: Высшая школа, 2007.- 184 с.
3. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика, 1992. – 161 с.
4. Экономическая информатика: учебник для студентов экономических специальностей и преподавателей вузов / П.В.Конюховский, Д.Н.Колесов, Г.С.Осипов и др., под ред. П.В.Конюховского, Д.Н.Колесова. – СПб. [и др.]: Питер, 2000. – 555 с.
5. Осипов Г.С. Теоретические основы построения интеллектуальных систем управления загрузкой судна: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, ИПТ РАН, 1997. - 206 с.
6. Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities / Natl. Acad. Sci. USA. 1982. – 79 p.