

АНОТАЦІЯ

Білоконь О.С. **Нейромережеві моделі та методи підсилення скінченного автомата для задач обходу лабіринтів** – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп’ютерні науки. Галузь знань 12 Інформаційні технології. Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова, Київ, 2023.

Зміст дисертації. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність роботи й особистий внесок здобувача, представлено загальну характеристику дисертації.

У **першому розділі** досліджено розвиток штучних нейронних мереж, проаналізовано роботи наступних авторів В.М. Глушков, О.Г. Івахненко, Вольфганг Келер (Wolfgang Köhler), Теодор Холмс Баллок (Theodore Holmes Bullock), Джон Кер’ю Екклс (John Eccles), Джон фон Нейман (John von Neumann), Алан Тюрінг (Alan Turing), Воррен Маккалох (Warren Sturgis McCulloch), Волтер Пітс (Walter Harry Pitts), Джеймс Калбертсон (James T. Culbertson), Джон Хьюлінгс Джексон (John Hughlings Jackson), Карл Лешлі (Karl Lashley), Дональд Олдінг Гебб (Donald Olding Hebb), Френк Розенблат (Frank Rosenblatt), Джон Маккарті (John McCarthy), Марвін Мінський (Marvin Lee Minsky), Натаніел Рочестер (Nathaniel Rochester), Клод Шеннон (Claude Shannon), Альберт Морел Аттли (Albert Maurel Uttley), Денніс Габор (Dennis Gabor). У роботах вищезазначених вчених викладені загально відомі аспекти нейромережевих методів й алгоритму навчання нейронних мереж.

Поряд з цим, розглянуто та проаналізовано обчислювальні машини лабіринтного середовища. Вводяться поняття обчислювальна машина, обчислювальна машина лабіринтного середовища. Розглядаються класичні концепції та приклади обчислювальних машин: абстрактні та цифрові автомати за В.М. Глушковим, автомат Мілі та Мура, машина К.Шеннона та підходи до автоматів у лабіринті за концепцією Л.Буддаха.

У частині алгоритми пошуку шляху у лабіринті проводиться огляд стратегій обходу лабіринтів. Дослідження стратегій має особливий характер у задачі синтезу підсилення скінченного автомата. Виходячи з того, що лабіринті розв’язки мають множину із восьми видів, перша половина з них не передбачає прийняття рішення, а друга половина передбачає прийняття рішення, тому виходячи з цього скінченний автомат повинен змінювати своє положення згідно з обраною стратегією пошуку. Для виявлення та дослідження стратегій пошуку розглядаються наступні методи обходу лабіринту

для знаходження цільового стану системи: алгоритм однієї руки та алгоритм Б.А. Трахтенброта з властивостями оптимального обходу лабіринту.

Крім цього, сформульовано наступні особливості представлених стратегій обходу лабіринтів. Алгоритм однієї руки є однією з елементарних стратегій обходу лабіринту з метою пошуку цільового стану. Також, негативними рисами алгоритму є те, що методи не завжди мають розв'язки у циклічних лабіринтах й неможливо обчислити недосяжність цільового стану. Метод оптимального обходу лабіринту Б.А. Трахтенброта. Даний метод гарантує знаходження найкоротшого шляху, він базується на простих операціях і його досить легко реалізувати. Поряд з цим, цей метод має поліноміальну складність і обраховується на зважених графах.

Крім цього, слід зазначити, що нейромережеве підсилення скінченного автомата залежить від середовища в якому функціонує даний пристрій, виходячи з того, що лабіринтне середовище поділяється на три основні види, а саме: шаховий лабіринт (поле розбите на клітинки однакового розміру), графовий лабіринт (вершини з'єднуються ребрами) та лабіринти довільних стін (стіни мають форму овалів або сплайнів із багатьма виступами та западинами). Автор акцентує увагу у задачі синтезу підсилення скінченного автомата орієнтуватись на шахові одинарні лабіринти. Одинарний лабіринт має таку назву тому, що він розбивається на клітинки однакового розміру і для дороги або не дороги відводиться одна клітинка.

У **другому розділі**, в рамках задачі синтезу підсилення скінченного автомата, досліджуються нейромережеві моделі та методи підсилення скінченного автомата для задачі обходу лабіринту на основі одношарової нейромережевої моделі для зчитування лабіринту у мінімальній зоні огляду.

У цій частині здійснюється стислий виклад теоретичних концепцій. Наводяться методи дослідження, аналізується метод зворотного розповсюдження помилки та алгоритм навчання, проводиться тестування алгоритму зворотного розповсюдження помилки, викладаються результати моделювання та обчислювального експерименту, наводяться деякі обговорення результатів. Результатом цього розділу є ймовірність коректної класифікації P_c на рівні 22%.

У **третьому розділі**, моделюється оновлена двошарова нейромережева модель підсилення скінченного автомата для зчитування лабіринту у мінімальному районі огляду. Також проводяться обчислювальні експерименти зі зміненою кількістю нейронів у внутрішньому шарі. У продовжені двошарова нейромережева модель підсилення скінченного автомата використовується для зчитування лабіринту в околі фон Неймана першого порядку, виконується обчислювальний експеримент та наводяться результати за оновленим околом огляду. Також проводиться порівняльний аналіз двох околів огляду. Результатом цього розділу є ймовірність коректної класифікації P_c на рівні 95%.

Ключові слова: Штучні нейронні мережі, скінченний автомат, підсилення скінченного автомата, обчислювальна машина, лабіринт, лабіринтне середовище.

ABSTRACT

Bilokon O. S. *Neural network models and methods for amplification finite state machine for tasks of traversing mazes* - Qualification scientific work with the manuscript copyright.

Dissertation for the Doctor of Philosophy degree by specialty 122 - Computer Science. Field of knowledge – 12 Information technology. V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Science of Ukraine. – Kyiv, 2023.

The contents of the dissertation. In the introduction, the relevance of the topic is substantiated, the purpose and objectives of the study are formulated, the scientific novelty and practical value of the work and the personal contribution of the applicant are revealed, and the general characteristics of the dissertation are presented.

Chapter 1 examines the development of artificial neural networks, analyzing the works of the following authors: V.M. Glushkov, O.G. Ivakhnenko, Wolfgang Köhler, Theodore Holmes Bullock, John Eccles, and John von Neumann. Alan Turing, Warren Sturgis McCulloch, Walter Harry Pitts, James T. Culbertson, John Hughlings Jackson, Karl Lashley, Donald Olding Hebb, Frank Rosenblatt, John McCarthy, Marvin Lee Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon, Albert Maurel Uttley, Dennis Gabor. The works of the above-mentioned scientists describe well-known aspects of neural network methods and the neural network training algorithm.

Along with this, maze environment computers are described and analyzed. The labyrinthine environment computers are described and analyzed. The concepts of a computer and a labyrinthine environment computer are introduced. Classical concepts and examples of computing machines are considered: abstract and digital machines by V.M. Glushkov, the Miles and Moore machine, the C. Shannon machine, and approaches to machines in a maze by L. Buddah.

In the section on algorithms for finding a path in a maze, we review some strategies for traversing mazes. The study of strategies is of particular importance in the problem of synthesizing the gain of a finite state machine. Assuming that the maze solutions have a set of eight types, the first half of them do not involve making a decision, and the second half involves one. Therefore, the finite state machine must change its position according to the chosen search strategy. To identify and study search strategies, the following maze traversal methods are considered to find the target state of the system: the one-handed algorithm, the B.A. Trachtenbrot algorithm with the properties of optimal maze traversal.

In addition, the author formulated the following features of the presented maze traversal strategies. The one-handed algorithm is one of the elementary strategies for traversing a maze in order to find the target state. Also, the negative features of the algorithm are that the methods do not always have solutions in cyclic

mazes and it is impossible to calculate the unattainability of the target state. B.A. Trachtenbrot's method of optimal maze traversal. This method guarantees finding the shortest path, it is based on simple operations, and it is quite easy to implement. At the same time, this method has polynomial complexity and is computed on weighted graphs.

In addition, it should be noted that the neural network amplification of a finite state machine depends on the environment in which this device operates, based on the fact that the labyrinthine environment is divided into three main types, namely: a chess maze (the field is divided into cells of the same size), a graph maze (vertices are connected by edges), and arbitrary wall mazes (walls are shaped like ovals or splines with many protrusions and depressions). The author emphasizes to focus on chess single mazes in the problem of synthesizing the gain of a finite state machine. A single maze has its name because it is divided into cells of the same size and one cell is allocated for a road or a non-road.

Chapter 2 deals with the problem of synthesizing the gain of a finite state machine and investigates neural network models as well as methods of finite automaton gain for the maze traversal problem based on a single-layer neural network model for reading the maze in the minimum viewing area.

This part briefly presents theoretical concepts. The research methods are presented, the error backpropagation method and the learning algorithm are analyzed, the error backpropagation algorithm is tested, the results of the simulation and computational experiment are presented, and some discussion of the results is provided. The outcome of this section is the probability of correct classification of P_c at 22%.

In Chapter 3, the next step is to simulate an updated two-layer neural network for the finite state machine with amplification model for reading the maze in the minimum viewing area, and computational experiments are conducted with a changed number of neurons in the inner layer. In the sequel, a two-layer finite state machine gain neural network model is used to read the maze in the first-order von Neumann neighborhood, a computational experiment is performed, and results are presented for the updated viewpoint. A comparative analysis of the two neighborhoods is also performed. The result of this section is a P_c classification probability of 95 %.

Key words: Artificial neural networks, finite state machine, finite state machine amplification, computer, maze, maze environment.