

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Запропоновано інформаційну технологію розв'язання задачі про покриття, яка основана на використанні нейронної мережі Хопфілда, для якої модифіковано функцію енергії. Розроблена програма має вищу швидкість (у середньому на 70%), але при цьому знаходить не гарантовано мінімальне покриття, а приблизно мінімальне із середньою похибкою 10-12%. Швидкість програмних засобів знаходження мінімального покриття збільшена, але при цьому є невеликі втрати у точності результату.

Ключові слова: інформаційна технологія, мінімальне покриття, нейронна мережа, функція енергії.

Abstract

Information technology for solving the coating problem based on the use of the Hopfield neural network, for which the energy function has been modified, has been proposed. The developed program has a higher speed (on average by 70%), but at the same time finds not a guaranteed minimum coverage, but approximately the minimum with an average error of 10-12%. The speed of software to find the minimum coverage is increased, but there are small losses in the accuracy of the result.

Keywords: information technology, minimum coverage, neural network, energy function.

Вступ

У багатьох практичних задачах використовуються моделі та алгоритми дискретної оптимізації (ДО). До таких задач можна віднести маршрутизацію трафіку в комунікаційних мережах; задачі оптимізації автоматизованих систем планування ресурсів; задачі розміщення економічних об'єктів; задачі логістики (оптимізацію ланцюжків пропозиції); задачі робототехніки і штучного інтелекту. Це викликано тим, що дискретні оптимізаційні моделі адекватно віддзеркалюють нелінійні залежності та враховують логічні та технологічні обмеження, а також мають якісний характер. Велика кількість цих задач є NP-важкими, їх вирішення у гіршому випадку може вимагати побудови дерева пошуку рішень експоненційного розміру. Більшість практичних завдань ДО містять величезну кількість змінних і/або обмежень, що створює складнощі при спробі вирішення цих задач за допомогою звичайних алгоритмів.

Тому задачею даного дослідження є розробка моделі та алгоритмів вирішення задачі про мінімальне покриття, яка є класичною задачею оптимізації, на основі теорії штучних нейронних мереж.

Результати дослідження

Процес рішення задач дискретної оптимізації пов'язаний із труднощами принципового характеру. Повний перебір варіантів допустимої множини, як правило, є нездійсненним через занадто великий об'єм обчислювальної роботи. Існують різні евристичні прийоми скорочення кількості варіантів перебору в задачах дискретної оптимізації. Задача дискретної оптимізації – це задача знаходження екстремуму функції, заданої на дискретній множині точок. Якщо область визначення функції складається з кінцевого числа точок, то задачу дискретної оптимізації можна вирішити методом перебору всієї множини. Однак на практиці ця множина може бути занадто великою, так що методи перебору виявляються неефективними.

Одним з перспективних підходів до вирішення задач такого типу є застосування штучних нейронних мереж (ШНМ). Багато вчених проводили теоретичні та практичні дослідження щодо створення нейронних мереж з різною динамікою для вирішення завдань лінійної, нелінійної, квадратичної, ком-

бінаторної оптимізації. Методи, засновані на використанні штучних нейронних мереж, дозволяють значно підвищити оперативність вирішення даного класу задач, забезпечують достатньо високу точність результату [1].

Комбінаторна постановка задачі про найкоротше покриття [2] множини полягає у наступному. Нехай задана множина $M = \{1..m\}$ і її набір підмножин M_1, \dots, M_n таких, що $\bigcup_{j=1}^n M_j = M$. Сукупність підмножин $M_j, j \in J \in \{1..n\}$ визначається як покриття множини M , якщо $\bigcup_{j \in M} M_j = M$. Кожному M_j приписана вага $c_j \geq 0$. Потрібно знайти покриття з мінімальною сумарною вагою. Завдання називається незваженим, якщо всі підмножини M_j мають однакові одиничні ваги.

Відомі методи вирішення задачі про покриття (методи відсікання, «гілок і меж», адитивні, динамічного програмування) лише скорочують кількість варіантів перебору і не дають суттєвий виграш у швидкості особливо при великій розмірності початкової множини.

У цій роботі розглядається алгоритм навчання штучної нейронної мережі Хопфілда для рішення задачі про мінімальне покриття. Цей алгоритм навчання регулює певний параметр у функції енергії таким чином, що локальний мінімум, у який мережа потрапляє, уникається і нейронна мережа може продовжувати роботу з оновленням у напрямку градієнта зменшення енергії.

Формулювання задачі:

Дано: граф $H = (V, E)$ з набором вершин $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ та набором ребер $E \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$. Покриттям називається підмножина вершин ($S \in V$), що покриває всі ребра. Задача про мінімальне покриття – це задача знаходження мінімального набору на заданому графі [2]. У цій роботі маємо справу із k -потужним графом, тобто ребра цього графу мають величину максимальної потужності k . Граф H може бути представлений матрицею інцидентності $A = (a_{ij})$, у якій a_{ij} дорівнює 1 (якщо вершина j знаходиться на ребрі i) та дорівнює 0 в іншому випадку. Взагалі, задача з n вершинами може бути відображена на штучну нейронну мережу Хопфілда з n нейронами. Нейрон y_i представляє собою i -ту вершину графа. Вихід нейрона y_j дорівнює 1 у випадку, якщо вершину i включено до набору покриття, і 0 в іншому випадку.

Мета завдання полягає в мінімізації $\sum_{i=1}^n y_i$ так, щоб виконувалось обмеження $\sum_{i=1}^n a_{ei} y_i \geq 1$ для кожного із ребер $e = 1, 2, \dots, m$.

Якщо виконується процедура Хопфілда [3], то функція енергії для задачі про мінімальне покриття визначається за такою формулою:

$$E = \alpha \cdot \sum_{i=1}^n y_i + \beta \cdot \sum_{e=1}^m \left(d - \sum_{i=1}^n a_{ei} y_i \right)^2 \quad (1)$$

де α, β – параметри.

Перший доданок у формулі (1) – короткострокові витрати, а другий відображує квадратичні обмеження і зводиться до мінімуму у випадку, коли кількість вершин по кожному ребру $\sum_{i=1}^n a_{ei} y_i$ дорівнює параметру d . Якщо d обрано вірно, то його значення буде максимальним у випадку, якщо ребро не покрито. Очевидним є те, що d повинен бути в діапазоні між 0 і k . Параметр d є надважливим, але його важко обирати. Якщо значення d занадто мале, то другий доданок у формулі (1) не буде передбачати штрафу виявлення ребра. З іншого боку, якщо d є дуже великим, то навіть покриті ребра сильно штрафуються.

Стандартну функцію енергії мережі Хопфілда можна записати таким чином:

$$e = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} y_i y_j - \sum_{i=1}^n I_i y_i, \quad (2)$$

де w_{ij} ($i, j=1, \dots, n$) – вага синаптичного зв'язку j -го нейрона з i -м; I_i – зовнішній вхід нейрона, який також називається порогом.

Для задачі про мінімальне покриття ваги і поріг можна отримати, якщо прирівняти енергію рівняння (2) з енергією по формулі (1). Ваги мережі Хопфілда розраховуються так:

$$w_{ij} = -2\beta \sum_{e=1}^m a_{ei} a_{ej} \quad (3)$$

Поріг для функції енергії розраховується за такою формулою:

$$I_i = 2d\beta \sum_{e=1}^m a_{ei} - \alpha. \quad (4)$$

Це доводить, що стан мережі Хопфілда збігається до стійкого стану з енергією, яка набуває все меншого і меншого значення [3]. Таким чином, знайти рішення задачі про мінімальне покриття можна просто, спостерігаючи за досягненням мережею Хопфілда стабільного стану. Однак, процедура поновлення буде зупинена як тільки мережа потрапить у локальний мінімум. Не існує жодного способу досягнення глобального мінімуму, відштовхуючись від локального мінімуму мережі. Це загальна проблема локального мінімуму і труднощів вибору значення для параметру d . Необхідно зосередити увагу на проблемі алгоритму навчання, який може допомогти нейронній мережі ефективно знаходити оптимальне рішення.

Розроблено програмний продукт, призначений для розв'язання задачі про мінімальне покриття з використанням штучної нейронної мережі Хопфілда та функції її енергії. У ході експериментальних досліджень розробленої програми було показано, що вона має вищу швидкодію (у середньому на 70%), ніж аналог, але при цьому знаходить не гарантовано мінімальне покриття, а приблизно мінімальне із середньою похибкою 10-12%.

Висновки

Запропоновано інформаційну технологію розв'язання задачі про покриття, яка основана на використанні нейронної мережі Хопфілда, для якої модифіковано функцію енергії. Розроблена програма має вищу швидкодію (у середньому на 70%), але при цьому знаходить не гарантовано мінімальне покриття, а приблизно мінімальне із середньою похибкою 10-12%. Таким чином, швидкодія програмних засобів знаходження мінімального покриття збільшена, але при цьому є невеликі втрати у точності результату. Це дозволяє використовувати розроблену програму при вирішенні практичних задач в умовах деяких обмежень на точність результату та розмірність розв'язуваної задачі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. В.Ф.Бардаченко, О.К.Колесницький, С.А.Василецький. Перспективи застосування імпульсних нейронних мереж з таймерним представленням інформації для розпізнавання динамічних образів// УСiМ.-2003-№6.- С. 73-82.
2. Роїк О.М., Тадевосян Р.Г. Основи дискретної математики. Ч.1. Метод математичної індукції, обчислення висловлювань, теорія графів, комбінаторика. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2003, 116 с.
3. Wang R.L. «An Efficient Learning Algorithm of the Hopfield Neural Network for the Minimum Set Cover Problem», International Journal of Computer Science and Network Security, 2006, VOL.6 No.9.

Лавришин Василь Володимирович — студент групи 2КН-20м, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: red.wrek@gmail.com.

Колесницький Олег Костянтинович — доцент кафедри комп'ютерних наук ВНТУ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Денисов Ігор Костянтинович — к. т. н., доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Lavryshyn Vasyl V. — Department Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: red.wrek@gmail.com

Kolesnytskyj Oleg K. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Denysov Igor K. — lecturer of the Chair of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.