

*В.М. Синсглазов, В.І. Челкован
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Використання генетичного алгоритму для оптимізації ваг нечітких когнітивних карт

Дану роботу присвячено процедурі визначення ваг когнітивних карт в задачах стратегічного планування. Для розв'язання поставленої задачі запропоновано використання генетичного алгоритму. Проведено аналіз ефективності різних версій генетичного алгоритму.

Вступ

Когнітивні карти часто використовуються для різних завдань, які передбачають стратегічне планування з багатьма факторами впливу. В сучасному світі, нові методи аналізу великих даних дозволяє знаходити нові зв'язки між різними факторами. Через складність подібних моделей, навіть експерти можуть визначити залежність між факторами лише семантично. За допомогою алгоритмів регресії, можливо встановити точні значення цих взаємодій.

Вперше концепт когнітивних карт був сформульований в 1948 році, в роботі «Когнітивні карти людей та щурів» американського психолога Едварда Чейса Толмана, в основі якої лежав наступний експеримент: щура поміщали в хрестовидний лабіринт і дозволяли йому досліджувати його. Після цього початкового етапу, щура поміщали в один рукав хреста, а їжу клали в сусідній рукав праворуч від нього. Щур привчався до такого розташування і звук повертати направо на перехресті, щоб дістатися до їжі. Однак, коли пацюк був розміщений в інших рукавах лабіринту, він все одно йшов у правильному напрямку, щоб отримати їжу, завдяки початковій когнітивній карті, сформованій в результаті початкового дослідження.

Подальші дослідження в даній області поєднали концепцію когнітивних карт з нечіткою логікою. Політолог Роберт Аксельрод запровадив когнітивні карти в 1970-х роках для представлення наукових знань в гуманітарних науках. Засновуючись на його дослідженнях, Бартош Коско сформулював першу концепцію нечітких когнітивних карт. В його роботі, нечіткі КК визначаються як нечіткі графові структури для представлення причинно-наслідкових міркувань. Їх нечіткість дозволяє встановлювати нечіткі ступені причинності між нечіткими причинними об'єктами (поняттями). Їх графова структура дозволяє систематично поширювати причинно-наслідкові зв'язки, зокрема, прямі та зворотні ланцюжки, а також дозволяє розширювати бази знань, поєднуючи різні НКК.

Нечітка когнітивна карта та її властивості

Нечіткі когнітивні карти - це знакові нечіткі орієнтовані графи. Електронні таблиці або таблиці використовуються для відображення НКК в матриці для подальших обчислень. НКК - це техніка, яка використовується для

отримання та представлення причинно-наслідкових знань, вона підтримує процес причинно-наслідкових міркувань і належить до нейро-нечітких систем, які спрямовані на вирішення проблем прийняття рішень, моделювання та імітація складних систем. Алгоритми навчання були запропоновані для навчання та оновлення вагових коефіцієнтів НКК в основному на основі ідей, що походять з області штучних нейронних мереж. Методології адаптації та навчання, що використовуються для адаптації моделі НКК та коригування її вагових коефіцієнтів. Коско і Дікерсон (Dickerson & Kosko, 1994) запропонували диференціальне геббіанське навчання (DHL) для навчання НКК. Було запропоновано алгоритми, засновані на початковому алгоритмі Хеббіана; інші алгоритми походять з області генетичних алгоритмів, ройового інтелекту та еволюційних обчислень. Алгоритми навчання використовуються для подолання недоліків традиційних НКК, тобто зменшення втручання людини за рахунок запропонованих автоматизованих кандидатів у НКК; або за рахунок активації лише найбільш релевантних концепцій при кожному виконанні; або за рахунок підвищення прозорості та динамічності моделей.

4 випадки, коли FCM особливо підходить:

- Випадки, коли важка для кількісної оцінки людська поведінка відіграє значну роль.

- Випадки, коли достовірні наукові дані є неповними або повністю відсутні, але є місцеві, не кількісні та традиційні знання.

- Для дуже складних питань, які включають багато різних позицій, але не мають простих або правильних відповідей. У таких випадках пошук компромісів часто є єдиним рішенням.

- Випадки, коли бажано врахувати громадську думку. НКК також сприяє покращенню обміну інформацією між сторонами.

Нечіткі когнітивні карти - це методи м'яких обчислень, які використовуються для моделювання складних систем і виражаються у вигляді графів. Сьогодні ФКМ використовуються для вирішення багатьох дисциплін, таких як охорона здоров'я, енергетика, бізнес, фінанси та комп'ютерні науки. ФКМ позначаються як $F(C, W)$. Тут; - C_i і-те поняття належить до ОДК, - W_{ij} - вага околу між i -ю та j -ю вершинами ОДК. - W_{ij} може мати значення в діапазоні $[-1, 1]$. FCM зазвичай мають ітеративну структуру.

Концепції (C): FCM складається з набору концепцій, які представляють різні фактори, що впливають на систему. Концепції можуть бути дискретними або неперервними, і їх значення можуть приймати будь-які значення в заданому діапазоні. Впливи (Influences): FCM також визначає впливи між різними концепціями. Вплив може бути позитивним або негативним, і його сила може приймати будьяке значення в заданому діапазоні. Матриця впливів: Впливи між концепціями представлені в матриці впливів. Матриця впливів є квадратною матрицею розміру $n \times n$, де n - кількість концепцій у FCM.

Influence однієї концепції на іншу інтерпретується як лінгвістична змінна, яка бере значення з $U = [-1, 1]$, а в якості множини термінів пропонується використовувати: $T(\text{influence}) = \{\text{negatively very strong, negatively strong, negatively medium, negatively weak, zero, positively weak,}$

positively medium, positively strong, positively very strong}. Семантичне правило M визначається наступним чином, а терміни характеризуються нечіткими (fuzzy) множинами, функції належності котрих наведені на графіку 1. $M(\text{negatively very strong}) = \text{нечітка множина для 'вплив менший - 75\%' з функцією належності } \mu_{nvs}$.

Оскільки нечіткі множини описуються функціями належності, а t -норми та k -норми звичайними математичними операціями, можна уявити нечіткі логічні міркування у вигляді нейронної мережі. Для цього функції приналежності треба інтерпретувати як функції активації нейронів, передачу сигналів як зв'язку, а логічні t -норми та k -норми, як спеціальні види нейронів, що виконують математичні відповідні операції. Існує велика різноманітність подібних нейро-нечітких мереж. Наприклад, ANFIS (Adaptive Neuro fuzzy Inference System) — адаптивна нейро-нечітка система виводу.

Завдання знаходження підсумкового взаємовпливу концептів полягає у визначенні сукупного причинного ефекту від концепту e_i до концепту e_j ($e_i \rightarrow e_{k1} \rightarrow \dots \rightarrow e_{kn} \rightarrow e_j$) на графі відповідної когнітивної карти, що задається нечіткою матрицею. Формально причинно-наслідковий шлях визначається таким чином: $e_i \rightarrow e_j: (i, k_1, k_2, \dots, k_n, j) = Pr$. Для знаходження причинно-наслідкового шляху можна використовувати операції T -норми і S -норми, що моделюють, відповідно, зв'язки «I» і «АБО» в нечіткій логіці. Позначимо через $w'(e_i, e_j)$ сукупний взаємовплив концептів e_i та e_j , тоді він обчислюється за формулою: $w'(e_i, e_j) = S^{\wedge}_{r=1}(Tr \in Pi(w(e_r, e_{r+1})))$ де S - оператор S -норми (аналог логічного «АБО»), T - оператор T -норми (аналог логічного «I»). У всіх розглянутих нами роботах як T -норму приймають або оператор MIN , або $PROD$ (добуток складових), а як S -норму - оператор MAX . На думку автора, це пояснюється тим, що безпосередньо для розрахунку підсумкового взаємовпливу застосовується запропонований В.Б. Силовим алгоритм.

Статичний аналіз когнітивних карт Силова складається з кількох етапів: 1. Визначення підсумкового (сукупного) взаємовпливу чинників один на одного, враховуючи як прямий вплив, так і опосередкований, коли один чинник впливає на інший через ланцюжок проміжних чинників. Будеться матриця взаємовпливу.

2. За матрицею підсумкового взаємовпливу розраховуються системні показники когнітивної карти, такі як вплив концепту на систему, вплив системи на концепт.

3. За отриманими показниками проводяться аналізи взаємовпливу чинників один на одного, стійкості карти. Таким чином, статичний аналіз когнітивної карти ґрунтується на матриці взаємовпливів.

Нечітка причинно-наслідкова алгебра керує причинно-наслідковим поширенням та причинно-наслідковою комбінацією на FCM. Таким чином, вона керує прямим і зворотним ланцюжком на FCM. Алгебра, розроблена нижче, залежить лише від часткового впорядкування на P , набору діапазонів нечіткої каузальної реберної функції e та загальних властивостей нечітких графів (наприклад, з'єднання шляхів). Алгебра поширюється на будь-яку схему представлення знань у вигляді диграфа.

Використані алгоритми

Fcmpry - це Python-бібліотека для автоматичної генерації причинних ваг для нечітких когнітивних карт на основі семантичних вхідних даних (з використанням нечіткої логіки), оптимізації матриці зв'язків FCM за допомогою алгоритмів машинного навчання та тестування сценаріїв "що було б, якби". До складу пакету входять наступні підмодулі:

Модуль ExpertFcm містить методи для отримання причинно-наслідкових ваг НКК на основі якісних даних.

Модуль FcmSimulator надає методи для проведення симуляцій на основі заданої структури НКК.

Модуль FcmIntervention дозволяє тестувати сценарії "що, якщо" на заданих НКК.

Для дослідження обрані дві існуючі когнітивні карти з агрегатору kaggle – Life та River.

Life складається з шести параметрів: Life satisfaction, Family relationships, Money, Success in work, Hobby, Time to work. Life satisfaction – цільовий параметр, Time to work – вхідний параметр.

Висновки

Розглянуто використання нечітких когнітивних карт для розв'язання задачі інтелектуального прийняття рішень в складних умовах. Розроблено алгоритм розв'язання поставленої задачі та запропоновано програмне забезпечення з визначеною структурою. Використання розробленого програмного забезпечення дозволило розв'язати задачу прийняття рішень в багато параметричній ігровій задачі.

Список літератури

- [1]. Силов В. Б. «Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке», Москва, 1995, ISBN 5-7532-0033-8
- [2]. Rotshtein, Alexander. (2019). Нечеткие когнитивные карты в анализе надежности систем. 4. 24-31.
- [3]. Bart Kosko, Fuzzy cognitive maps, 1986, International Journal Man-Machine Studies. 24, 65-75
- [4]. Marta Bottero, Giulia Datola, Roberto Monaco. Fuzzy Cognitive Maps: a dynamic approach for urban regeneration processes evaluation, journal valori e valutazioni No. 23 – 2019, 77-90
- [5]. T. G. Altundogan and M. Karakose, "A New Deep Neural Network Based Dynamic Fuzzy Cognitive Map Weight Updating Approach," *2019 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, Malatya, Turkey, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/IDAP.2019.8875947.
- [6]. Design of fuzzy cognitive maps using neural networks for predicting chaotic time series H.J. Song, C.Y. Miao, Z.Q. Shen, W. Roel, D.H. Maja, C. Francky. *Neural Networks* 23 (2010) 1264-1275
- [7]. Bart Kosko, Fuzzy Thinking, 1993/1995, ISBN 0-7868-8021-X
- [8]. Daily Mail online (28 April 2010)
- [9]. www.fcmappers.net