

Уманська А. В., здобувачка 2 курсу спеціальності 122 Комп'ютерні науки, Комаров В. Ф., канд. техн. наук, старший викладач кафедри інформаційних технологій

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ ДЕМПСТЕРА–ШАФЕРА В ЗАДАЧАХ КЛАСИФІКАЦІЇ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

Математична теорія Демпстера–Шафера (DST), яка відома також як теорія свідчень або теорія функцій довіри, надає математично обґрунтований метод для обчислення ймовірності події після комбінування окремих частин вихідної інформації про цю подію, яка може бути отримана з різних джерел.

З моменту появи теорії Демпстера–Шафера розвиваються та узагальнюються її базові положення і концептуальні основи, удосконалюються алгоритми, описуються нові сфери застосування, виявляються та долаються недоліки. Одним із перспективних напрямів є використання теорії DST в задачах класифікації.

Використання теорії Демпстера–Шафера у задачах класифікації може бути раціональним рішенням у разі, коли доводиться мати справу з суттєвою неоднозначністю. Припустимо, ми маємо множину об'єктів та множину всіх можливих властивостей, які вони можуть мати. Потрібно за відомим набором ознак визначити об'єкти, які мають задані властивості. Основна ідея DST полягає в тому, що деяка міра ймовірності може бути віднесена не тільки до окремих елементів множини подій у предметній галузі, але і загалом до певної підмножини цієї множини, коли більш докладний розподіл цієї часткової міри ймовірності за підмножиною невідомий, або є невідомими деякі міри ймовірності, які безпосередньо стосуються окремих елементів множини подій.

Закріплення загальної міри ймовірності за підмножинами множини об'єктів з відомими властивостями може відбуватись з таких причин:

- через неоднозначність рішення задачі експертної класифікації, коли експерт не в змозі точно визначити рівень значимості ознаки для одного, окремо взятого об'єкта;
- через неточність результатів визначення значення самої ознаки;
- через призначення загального рівня довіри для всіх ознак.

Ступінь впевненості в наявності заданої властивості у об'єктів можна висловити функцією довіри:

$$Bel(A_i) = \sum A_j \dot{A}_i m(A_j),$$

де A_j – подія, яка відповідає наявності заданої властивості в об'єкта або деякої множини об'єктів, $A_i \dot{A}_j \subset C$, C – повна множина подій, яка є результатом рішення задачі, $m(A_j)$ – базовий розподіл ймовірності подій A_j , $m(A_j) \in [0,1]$.

$Bel(A_i)$ має такі властивості: $Bel(\emptyset) = 0$, $Bel(A_i) \in [0,1]$ та $Bel(C) = 1$.

Ступінь наявності заданої властивості в об'єктів можна висловити за допомогою функції:

$$Pl(A_i) = 1 - Bel(A_i) = 1 - \sum m(A_j).$$

За аналогією з теорією ймовірності величини $Bel(A_i)$ та $Pl(A_i)$ можна прийняти як нижню та верхню границі ймовірності наявності заданої властивості об'єктів, які належать підмножині $A_i \in C$, припускаючи існування деякої ймовірності $p(A_i)$:

$$Bel(A_i) \leq p(A_i) \leq Pl(A_i).$$

За правилом Демпстера, об'єднання різних подій з розподілом ймовірностей m_1 та m_2 виконується так:

$$m(C_n) = \frac{1}{1 - m(\emptyset)} \cdot \sum m_1(A_i) \cdot m_2(A_j),$$

де $m(C_n)$ – функція об'єднання подій A_i та A_j , які відповідають за наявність у об'єкта властивостей C_n .

Правило Демпстера асоціативне та комутативне, що дає змогу об'єднати аналогічно більшу кількість свідчень (оцінок).

Рішення, яке можна знайти за допомогою DST, являє собою повну групу подій, що, з одного боку, дає змогу краще оцінити реальне положення речей, з іншого боку, дає можливість уточнення рішення задачі під час появи додаткових ознак. Збільшення кількості ознак приводить до отримання більш точного результату.

Сфери застосування теорії DST дуже різноманітні. Вони простягаються від геоінформаційних до діагностичних систем. Функція довіри є природним інструментом у системах прийняття рішення за багатьма критеріями в умовах високої невизначеності та нестачі вихідних даних, використання доволі рідкісних подій.

Тематика на напрям досліджень вміщують у себе розвиток поняття функції довіри, аналіз числових характеристик, використання емпіричних моделей, специфічні розширення теорії ймовірності.

У випадках, коли невизначеність пов'язана з варіативністю параметрів, а кількість вихідної інформації дає змогу експерту зробити припущення про тип ймовірнісного розподілу, кориснішими можуть бути методи, засновані на вирішенні задач, що вміщують логіку немонотонних міркувань.

Незважаючи на певну особливість використання DST, в кожному конкретному випадку існує потреба в універсальній програмній реалізації. Прикладом такої реалізації може слугувати програмна бібліотека.

Перелік джерел, які можна віднести до розробок українських вчених, можна розширювати, але головні тренди, що пов'язані з DST, вже визначені. Актуальність розробок та застосування методів і алгоритмів з використанням DST у виробничих системах доволі зрозуміла. В якості прикладу можна навести наступні напрями:

- розробка моделей поведінки складних технічних систем;
- робототехніка;

- забезпечення надійності виробничих систем.

Аналіз експертних оцінок – це одна з найпоширеніших галузей застосування DST. Можна виокремити деякі показові напрями:

- аналіз групових експертних оцінок у критичних ситуаціях;
- обробка експертних суб'єктивних оцінок;
- дослідження проблем інтеграції лінгвістичної інформації;
- експертні системи для інформаційної підтримки операторів автоматизованих підприємств.

Також заслуговує на увагу робота, присвячена застосуванню методів контролю під час знаходження дефектів у матеріалах. Можна навести низку конкретних напрямів досліджень та розробок на основі DST в галузі діагностичних систем:

- діагностика хіміко-технологічних процесів;
- контроль виробів у машинобудуванні та енергетиці;
- контроль якості водорозподільних мереж;
- діагностика двигунів;
- діагностика багатоступеневих систем.

Останніми роками теорія DST має активний розвиток та затребуваність у вирішенні практичних задач. Це стосується великої кількості різних наукових та технологічних галузей і напрямів: аналіз та керування ризиками, розв'язання задач класифікації інтервальних даних, системи геолокації, вирішення завдань оптимізації в умовах невизначеності параметрів, гуманітарні сфери тощо.

Є підстави вважати, що розвиток теорії DST у перспективі може дати нові цікаві рішення в різноманітних задачах класифікації у поєднанні з сучасними методами машинного навчання. Отже, теорія залишається актуальною, особливо в галузі розширення граничних умов її застосування, та затребуваною для подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Альперт С. І. Сучасні критерії оцінки точності класифікації аерокосмічних зображень. Київ. 2020. 192 с.
2. Гладунський В. Н. Математика для економістів: означення, формули, приклади: навчальний посібник. Львів. 2023. 632 с.
3. Жлуктенко В. І., Наконечний С. І. Теорія ймовірностей і математична статистика: навчально-методичний посібник у 2-х ч. Ч. I: Теорія ймовірностей. Київ: КНЕУ. 2020. 304 с.
4. Копич І. М., Сороківський В. М. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. Київ. 2020. 382 с.
5. Лозовий Б. Н., Пушак Я. С. Теорія ймовірностей і елементи математичної статистики: навчальний посібник. Київ. 2019. 276 с.