

ВИЯВЛЕННЯ КАУЗАЛЬНИХ ВІДНОШЕНЬ З МАРКОВСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ В УМОВАХ ЛАТЕНТНИХ КОНФАУНДЕРІВ

Анотація. Розглянуто проблеми виведення структур каузальних моделей на основі фактів умовної незалежності в ситуації, коли каузальні зв'язки можуть бути під дією латентних конфаундерів. Продемонстровано умови і можливості часткового та повного виявлення каузальних відношень, а також ідентифікації латентних конфаундерів. Сформульовано оновлені імплікативні правила виведення орієнтацій ребер (зв'язків) моделі. Деякі нові правила здатні виявляти конфаундований каузальний зв'язок та арку, спираючись на заборону певних автентичних ребер. (Заборона ребра може бути апіорною або аргументована свідченням типу стримування Верма.)

Ключові слова: каузальний зв'язок, d-сепарація, умовна незалежність, латентний конфаундер, орієнтація ребер, арка.

ВСТУП

Впродовж останніх 30-ти років інтенсивно досліджувалися і розроблялися методи виведення каузальних моделей з даних пасивних спостережень, а також методи виявлення причинних відношень [1–9]. Реалістичні умови задачі вимагають враховувати існування прихованих змінних і латентних конфаундерів. Уявімо причину X та її наслідок Y . Латентний конфаундер (сплутувач) цього каузального зв'язку — це прихований фактор, який впливає на Y щонайменше двома шляхами, один з яких проходить через X , а інший — не проходить.

У запропонованій статті уточнюються поняття конфаундера та латентного конфаундера. Розглядається задача виведення структури каузальної моделі на основі фактів умовної незалежності (тобто емпіричних свідчень), коли темпоральна інформація відсутня. (Відомий темпоральний порядок змінних спрощує та прискорює виведення моделі, але не розв'язує проблеми розпізнавання каузальних відносин до кінця.) Каузальні зв'язки моделі є фінальним результатом покрокового уточнення спрямованості зв'язків із застосуванням правил орієнтації ребер. Каузальний зв'язок можна повністю ідентифікувати з даних тільки у сприятливому контексті. (Еквівалентні за марковськими властивостями моделі можуть відрізнятися спрямуваннями ребер.) У статті запропоновано модернізацію відомих правил орієнтації ребер для моделей з латентними конфаундерами і розроблено нові правила орієнтації. Показано, як апіорна заборона автентичних ребер та латентних конфаундерів (певного типу) надає додаткові можливості розпізнавання каузальних відношень.

ОЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВИ

Каузальна мережа [1–10] утворюється з ребер вигляду $X \rightarrow Y$; таке ребро відображає спрямований вплив X на Y (у цій парі X — причина, Y — ефект, наслідок). Каузальна модель задається парою (G, Θ) , де G — оргграф (структура моделі), а Θ — сукупність параметрів, визначених локально. Якщо в оргграфі G немає орієнтованих циклів (тобто циклонів), то G назвемо ациклонним оргграфом, а модель (G, Θ) — АОГ-моделлю. Якщо нема потреби відображати існування прихованих спільних причин, то G — це ординарний оргграф (оАОГ), утворений з одноорієнтованих ребер вигляду $X \rightarrow Y$. Тоді