

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМ АНАЛІЗУ МІСЬКИХ СЦЕН З ВИКОРИСТАННЯМ 3W- КЛАСИФІКАЦІЇ РИЗИКУ

¹ Вінницький національний технічний університет, Україна

Анотація

У роботі виконано аналіз підходів до програмної реалізації систем аналізу міських сцен з використанням 3W-класифікації ризику. Показано обмеження об'єктно-орієнтованих рішень щодо оцінювання ризику складних сцен та обґрунтовано доцільність семантично- і прототип-орієнтованих підходів. Розглянуто можливість застосування three-way класифікації для обробки невизначених ситуацій та підвищення інтерпретованості результатів. На основі проведеного аналізу запропоновано використовувати комбінований підхід: на нижньому рівні об'єктно-орієнтоване розпізнавання для швидкості, на верхньому прототип-орієнтоване оцінювання ризику з підтримкою three-way рішень для інтерпретованості результатів.

Ключові слова: аналіз сцен, 3W-класифікація, комп'ютерний зір, міські сцени, програмна реалізація, оцінювання ризику.

Abstract

This paper analyzes approaches to the software implementation of urban scene analysis systems using 3W risk classification. The limitations of object-oriented solutions for risk assessment in complex scenes are demonstrated, and the feasibility of semantic-oriented and prototype-oriented approaches is substantiated. The possibility of applying three-way classification to handle uncertain situations and improve the interpretability of results is considered. Based on the conducted analysis, a combined approach is proposed: object-oriented recognition at the lower level for speed, and prototype-oriented risk assessment at the higher level, supported by three-way decisions for result interpretability.

Keywords: scene analysis, 3W-classification, computer vision, urban scenes, software implementation, risk assessment.

Вступ

Сучасні програмні системи аналізу міських і дорожніх сцен широко застосовуються у задачах безпеки, моніторингу середовища та підтримки прийняття рішень. Більшість існуючих рішень ґрунтується на методах комп'ютерного зору, орієнтованих на детекцію та класифікацію окремих об'єктів сцени. Водночас потенційний ризик формується не наявністю окремих об'єктів, а їх просторовими відношеннями та семантичними взаємодіями, зокрема відношеннями типу «об'єкт–суб'єкт» [1].

Об'єктно-орієнтовані програмні рішення мають обмежені можливості для урахування контексту та, як правило, реалізують бінарну логіку прийняття рішень. Такий підхід ускладнює коректну обробку граничних і невизначених ситуацій, характерних для реального міського середовища. Для подолання цих обмежень у наукових дослідженнях запропоновано three-way підходи, що передбачають виділення проміжного класу рішень і забезпечують більш гнучке та інтерпретоване оцінювання стану сцени [2].

3W-класифікація передбачає три варіанти рішень: прийняття (сцена безпечна), відхилення (сцена небезпечна) та відтермінування (невизначена сцена, що потребує додаткового аналізу). Саме третій варіант дозволяє коректно обробляти граничні ситуації.

Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є використання 3W-класифікації, яка дозволяє формалізувати сцену з урахуванням об'єктного складу (What), просторового контексту (Where) та взаємодій між об'єктами (With whom / What objects) [3]. Це призводить до необхідності аналізу підходів до програмної реалізації систем аналізу міських сцен з позицій підтримки 3W-класифікації ризику та three-way прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу

У процесі розробки експериментального зразка системи аналізу дорожніх сцен було виявлено, що навіть якісне розпізнавання об'єктів не дає повної картини ризику. Це спонукало шукати альтернативні підходи до програмної реалізації, які б ураховували не лише об'єкти, а й зв'язки між ними.

Програмна реалізація систем аналізу міських сцен може ґрунтуватися на різних концептуальних підходах, що відрізняються рівнем урахування контексту та семантичних взаємодій. Найбільш поширеними є об'єктно-орієнтовані підходи, у яких аналіз сцени зводиться до виявлення окремих об'єктів і подальшої обробки їх характеристик. Такі рішення є ефективними з точки зору обчислювальної складності, однак не забезпечують коректного оцінювання ризику через ігнорування просторових і семантичних зв'язків між об'єктами.

Подальший розвиток отримали семантично-орієнтовані програмні системи, у яких сцена розглядається як структурований об'єкт, що описується сукупністю контекстних ознак. У таких системах аналіз виходить за межі компонента What і включає компоненти Where та With whom, що створює передумови для використання 3W-класифікації ризику. Окремі підходи базуються на графових моделях сцени, які дозволяють явно представляти взаємодії між об'єктами, однак потребують складних механізмів інтерпретації отриманих результатів.

Узагальнено оцінювання ризику міської сцени в межах 3W-представлення може бути подано у вигляді інтегральної залежності.

$$R(S) = f(W_{obj}(S), W_{loc}(S), W_{int}(S)),$$

де:

$R(S)$ – інтегральна оцінка ризику сцени S .

$W_{obj}(S)$ – ознаки об'єктного складу сцени (What);

$W_{loc}(S)$ – просторовий контекст (Where);

$W_{int}(S)$ – взаємодії між об'єктами (With whom, What objects);

Перспективним напрямом з точки зору програмної реалізації є прототип-орієнтовані підходи, у яких оцінювання ризику здійснюється шляхом зіставлення поточної сцени з набором типових сценаріїв. Такі рішення добре узгоджуються з three-way класифікацією, оскільки дозволяють виділяти ядра класів ризику та граничні області між ними. Застосування нечітких гранулярних правил забезпечує інтерпретованість результатів і стійкість до невизначеності вхідних даних, що є важливим для практичної реалізації програмних систем аналізу міських сцен [2, 4].

Висновки

У роботі виконано аналіз підходів до програмної реалізації систем аналізу міських сцен з використанням 3W-класифікації ризику. Об'єктно-орієнтовані рішення не беруть до уваги взаємодію об'єктів між собою, напрямки руху та розташування в результаті чого міські сцени не отримують належної оцінки ризику. Семантично- та прототип-орієнтовані підходи створюють кращі передумови для підтримки 3W-класифікації та three-way прийняття рішень, забезпечуючи інтерпретованість результатів і коректну обробку невизначених ситуацій. Отримані висновки можуть бути використані як методична основа для проєктування програмних систем аналізу міських сцен у задачах безпеки та інтелектуального міського середовища. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку конкретних алгоритмів реалізації прототип-орієнтованого підходу та експериментальну перевірку його ефективності на реальних наборах міських сцен.

Список використаної літератури

1. Прус Б. В., Ракитянська Г. Б. Метод візуального розпізнавання відношень «об'єкт–суб'єкт» для аналізу дорожніх сцен // Комп'ютерні ігри та мультимедіа як інноваційний підхід до комунікації – 2025: матеріали V Всеукр. наук.-техн. конф. молодих учених, аспірантів і студентів (Одеса, 25–26 вересня 2025 р.). – Одеса: ОНТУ, 2025. – 367 с.
2. Duan J., Min W., Lin D., Xu J., Xiong X. Multimodal graph inference network for scene graph generation // Applied Intelligence. – 2021. – Vol. 51(12). – P. 8768–8783
3. Прус Б. В., Ракитянська Г. Б. 3W класифікація дорожніх сцен на основі нечітких гранулярних правил // Інформаційні технології і автоматизація – 2025: матеріали XVIII міжнар. наук.-практ. конф. – Одеса: ОНТУ, 2025.
4. Yao Y. Three-way decision and granular computing // International Journal of Approximate Reasoning. – 2018. – Vol. 103. – P. 107–123.

Прус Богдан Вікторович — аспірант кафедри програмного забезпечення, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bohdan.prus.vntu@gmail.com.

Ракитянська Ганна Борисівна — канд. техн. наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, rakit@vntu.edu.ua.

Prus Bohdan V. — Ph. D. student, Faculty for Information Technologies and Computer Engineering,, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, bohdan.prus.vntu@gmail.com.

Rakytyanska Hanna B. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the Software Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, rakit@vntu.edu.ua.