

КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР ДЛЯ КОНТРОЛЮ БЕЗПЕКИ ІГРОВОГО СЕРЕДОВИЩА ДИТИНИ

Стахевич О.В., Гриньова О.Є.

e-mail: olha.stakhevych@nure.ua, olena.hrynova@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. III,
м. Харків, Україна

This research addresses the challenge of ensuring child safety in domestic environments using image analysis and computer vision. The paper proposes an intelligent system that analyzes static images of a child's play area to detect both the child and potentially dangerous nearby objects. The approach is based on convolutional neural networks and the YOLOv10 object detection architecture. Special attention is given to spatial proximity analysis and automated risk estimation by calculating the Euclidean distance between detected objects to assess potential threats. Experimental results demonstrate stable detection accuracy under typical indoor conditions. The proposed solution is intended to support parents by providing timely alerts and reducing everyday domestic risks.

У сучасному світі забезпечення безпеки дітей у домашньому середовищі набуває особливої гостроти, оскільки статистика свідчить про зростання побутових травм серед малолітніх через необережну взаємодію з небезпечними об'єктами [1]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щорічно фіксується понад 40 мільйонів випадків отруєнь медикаментами та порізів гострими предметами серед дітей віком до 5 років, значна частка яких відбувається в ігровому просторі оселі. В Україні ця проблема посилюється урбаністичними реаліями: у густонаселених квартирах Харкова чи Києва обмежений простір робить ігрову зону вразливою до наявності ліків на полицях, розеток без захисту чи дрібних деталей іграшок. Традиційні методи моніторингу, як-от візуальне спостереження батьків, неефективні через втому чи відсутність уваги, а комерційні камери часто обмежуються простим записом без інтелектуального аналізу. Саме тому розробка системи, спрямованої на аналіз статичних зображень ігрового простору, стає актуальною: вона дозволяє оперативно виявляти дитину та потенційно небезпечні об'єкти, оцінювати ризик на основі просторової близькості, автоматично інформувати дорослих, мінімізуючи час реакції, та дозволяє створити більш просту, енергоефективну та доступну систему для широкого впровадження.

Аналіз сучасних досліджень показує, що розвиток комп'ютерного зору значною мірою пов'язаний із застосуванням згорткових нейронних мереж та архітектур одноетапної детекції об'єктів [2]. Серед найефективніших архітектур виділяється серія YOLO (You Only

Look Once), яка забезпечує реальний час обробки з високою точністю [3]. Новітня архітектура YOLOv10 забезпечує оптимізований механізм передбачення обмежувальних рамок та зменшення кількості помилкових спрацювань [4]. Проте більшість існуючих рішень орієнтовані на загальні сцени і не враховують специфіку дитячого ігрового простору. Наявні комерційні системи переважно виконують функцію спостереження без глибокого семантичного аналізу взаємного розташування об'єктів.

Метою дослідження є розробка інтелектуальної системи аналізу зображення ігрового простору, яка реалізує детекцію дитини та потенційно небезпечних об'єктів за допомогою YOLOv10, обчислює просторову близькість та оцінює ризик взаємодії.

Методологічною основою роботи є застосування згорткових нейронних мереж глибокого навчання. На першому етапі формується спеціалізований датасет з реальними фотографіями дитячих кімнат. До нього включаються класи «дитина», «ліки», «ножі», «ножиці», «розетка», «дрібні деталі іграшок». Для підвищення узагальнюючої здатності моделі застосовуються методи аугментації зображень, зокрема масштабування, повороти, варіації освітлення та додавання шуму.

На другому етапі виконується донавчання моделі YOLOv10 на сформованому наборі даних із використанням перенесення навчання. Це дозволяє скоротити час підготовки системи та підвищити точність розпізнавання малорозмірних об'єктів. Особлива увага приділяється налаштуванню порогу впевненості та показника перетину рамок, що дозволяє мінімізувати хибні детекції.

На третьому етапі реалізується алгоритм оцінки ризику. Після виявлення об'єктів система визначає координати центрів їхніх обмежувальних рамок. Для оцінки просторової близькості використовується евклідова відстань між центрами рамки дитини та рамки небезпечного об'єкта, яка обчислюється за формулою

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

де (x_1, y_1) – координати центру рамки дитини, (x_2, y_2) – координати центру потенційно небезпечного об'єкта.

Якщо значення d менше встановленого порогового коефіцієнта безпеки, система формує попередження. Додатково враховується відносний розмір об'єкта на зображенні, що дозволяє уточнити оцінку ймовірності взаємодії.

Результати експериментального тестування на вибірці зображень продемонстрували стабільний показник точності детекції понад 85 % для основних класів об'єктів. Найбільш складними для розпізнавання виявилися дрібні деталі іграшок при частковому перекритті іншими предметами. Оптимізація параметрів моделі дозволила зменшити кількість

хибних спрацювань без суттєвої втрати повноти виявлення. Система коректно визначає випадки безпечної дистанції та активує попередження лише при реальному зближенні об'єктів.

Розроблена система може стати модулем комплексних рішень «розумного будинку», орієнтованих на безпеку дітей. На відміну від стандартних сенсорних систем, що реагують на рух або звук, запропонований підхід здійснює семантичний аналіз зображення простору. Це дозволяє реалізувати більш глибокий рівень превентивного контролю та підвищити ефективність автоматизованих систем захисту.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розширенням переліку класів небезпечних об'єктів з урахуванням українських реалій, зокрема виявлення побутових обігрівачів, свічок та аварійних джерел світла, що активно використовуються під час відключень електроенергії. Доцільним є створення відкритого національного датасету зображень дитячих просторів, адаптованого до типових планувань українських квартир.

Подальший розвиток може включати використання механізмів пояснюваного штучного інтелекту для візуалізації причин спрацювання системи, що підвищить довіру користувачів. Також перспективним є впровадження адаптивних порогів ризику залежно від віку дитини та типу об'єкта.

Список використаних джерел:

1. World report on child injury prevention [Електронний ресурс] / World Health Organization, United Nations Children's Fund. – Geneva : WHO Press, 2008. – 211 p. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241563574> (дата звернення: 27.02.2026).
2. Y. Shovkovyi, O. Grynyova, S. Udovenko, L. Chala // Automatic sign language translation system using neural network technologies and 3d animation // Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2023. № 4 (26). – С. 108–121. DOI: <https://doi.org/10.30837/itssi.2023.26.108>
3. Wang C., Li S., Zhang Y. та ін. YOLOv10: Real-Time End-to-End Object Detection [Електронний ресурс] // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024). – 2024. – URL: <https://arxiv.org/abs/2405.14458> (дата звернення: 27.02.2026).
4. Jocher, G. YOLOv10: Real-Time End-to-End Object Detection. Ultralytics, 2024.