

під конкретний проект. Для розробників без знання мов програмування існують альтернативні платформи, наприклад «SimLab», яка має велику бібліотеку матеріалів, анімацію та готові до використання візуальні ефекти. Досить популярним також є «CryEngine», який був створений німецькою приватною компанією «Crytek» у 2002 році. Містить систему штучного інтелекту, що допомагає створювати цікаву поведінку персонажів. Також використовується розширена карта висот та дозволяє досить реалістично зобразити різні матеріали та природні явища. Пізніше на основі «CryEngine» було створено «Amazon Lumberyard» компанією Amazon. Завдяки інтеграції з веб-сервісами Amazon присутня можливість розміщення готових ігор на їх серверах.

Таким чином, використання технології віртуальної реальності набуло чималої популярності не лише в сфері розваг. Освіта, виробництво та ще багато галузей в які проникла дана технологія і продовжує свій розвиток. Взяти участь у популяризації програм віртуальної реальності може кожен і не лише як користувач, а і як розробник, завдяки великій кількості різноманітного програмного забезпечення. Кожен може підібрати власний інструмент для розробки відповідно до своїх навичок і вподобань.

Список використаної літератури:

1. Statista, Consumer virtual reality hardware market size worldwide from 2016 to 2022 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.statista.com/statistics/550461/virtual-reality-market-size-worldwide/> (останнє звернення 15.09.2022).
2. Forbes, Augmented And Virtual Reality After Covid-19 [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/09/14/augmented-and-virtual-reality-after-covid-19/?sh=5686d4882d97> (останнє звернення 15.09.2022).

МЕТОД ОБЧИСЛЕННЯ КІЛЬКОСТІ РОЗПІЗНАНИХ СТРУКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ ПЕВНОГО КЛАСУ

МЕЛЬНИЧЕНКО О.В. (oleksandr.melnychenko@live.com)
Хмельницький національний університет

У роботі розглядається наукова задача з виявлення та обчислення кількості структурних об'єктів певного класу. Для досягнення поставлених завдань було використано глибоке машинне навчання. Результатом роботи є розроблений удосконалений метод відстеження та обчислення кількості структурних об'єктів певного класу. Реалізацію здійснено на прикладі виявлення та обчислення кількості плодів на деревах, використовуючи відеоряди.

У природі всі об'єкти є унікальними та типізованими. Кожний структурний об'єкт характеризується певними властивостями. Характеристики цих властивостей, або їх відсутність розглядаються як ознаки об'єкта. В природі не існує двох і більше об'єктів, для яких збігаються всі ознаки, усі об'єкти є унікальними, а це дозволяє, теоретично, відрізнити один об'єкт від іншого. Часто ознаки різних об'єктів можуть збігатися, і це говорить про те, що ці об'єкти належать до одного класу, або типу. Головним завданням розпізнавання образів є побудова, на основі експериментальних та систематичних теоретичних досліджень, ефективних обчислювальних засобів, щоб виявлені дані віднести до своїх відповідних класів.

Актуальною науковою задачею, яку розв'язують дослідники, наприклад в [1-4], є розробка нових методів виявлення та обчислення кількості розпізнаних структурних об'єктів певного класу. Такі методи є затребуваними для різних сфер людської діяльності. Оскільки об'єкти не точно однакові, а схожі, тому для досягнення точності результату розпізнавання

для подальшого обчислення кількості потрібно удосконалювати відомі методи та розробляти нові.

В роботі структурними об'єктами для розпізнавання та обчислення кількості розглянуто плоди яблук на деревах. Виявлення плодів на кожному кадрі відеоряду було забезпечено використанням основи архітектури YOLOv5s. Для підрахунку плодів у відео важлива відповідність кожного фрукта на сусідніх кадрах відеоряду, який отримується за допомогою відеокамери. Однак відстежувати ті самі плоди для ідентифікації складно, оскільки розташування та зовнішній вигляд змінюються залежно від кадрів через фактори навколишнього середовища, наприклад умови освітлення, або повороти камери, або зміни траєкторії відео камери. Тому, необхідно розробити новий метод для визначення кількості структурних об'єктів, що відповідають плодам на кожному кадрі відеоряду.

Для досягнення максимального результату у розпізнаванні структурних об'єктів розмір моделі має бути максимально стиснутим, а швидкість виявлення плодів в цьому разі буде швидшим. Тому, у даному дослідженні магістральна мережа архітектури YOLOv5s була оптимізована та вдосконалена. З огляду на забезпечення точності виявлення, кількість вагових параметрів мережі та її обсяг було зменшено. Згортковий шар на мостовій гілці вихідного модуля було видалено, а вхідну карту функцій модуля BottleneckCSP було безпосередньо пов'язано з вихідною картою функцій іншої гілки в глибину, що фактично зменшило кількість параметрів у модулі. Архітектура покращеного модуля BottleneckCSP отримала назву BottleneckCSP-v4. З іншого боку, щоб компенсувати обмеження нового модуля, які можуть спричинити недолік у вилученні глибоких особливостей зображення через його легкі характеристики, чотири частини вихідної магістральної мережі, де використовувався модуль BottleneckCSP, були замінені чотирма однорідними модулями BottleneckCSP-v4. Оскільки форма і колір плодів відрізняються від фонових об'єктів на зображенні, для підвищення точності виявлення, в системі машинного зору був використаний модуль SE. Це спеціальний механізм візуальної уваги, нова стратегія якого полягає у повторному калібруванні функцій, де корисні функції сприяють, а неважливі відповідно пригнічуються і це все отримується автоматично, шляхом навчання. Обчислення цього модуля є невеликими та модуль може ефективно покращити здатність вираження моделі та оптимізувати вивчений вміст. Його було вбудовано в магістральну мережу покращеної розробленої архітектури YOLOv5s-v4. Це дало змогу покращити точність виявлення моделі.

Наступним важливим етапом було удосконалення продуктивності виявлення моделі. Базуючись на вдосконаленому дизайні оригінальної архітектури YOLOv5s-v4 у поєднанні з розмірами карт функцій на виведення, злиття рівнів 4 і 15, 6 і 11, 10 і 21 оригінальної архітектури YOLOv5s, було змінено на злиття рівнів 5 і 18, 8 і 14, 13 і 24 архітектури мережі. Метою об'єднання функцій є поєднання ознак отриманих із зображень у функцію з більшою дискримінаційною здатністю, ніж функції введення.

Останнім кроком для підвищення точності ідентифікації було вдосконалення модуля початкового розміру блока прив'язки. Через те, що розпізнавання структурних об'єктів проводиться у складному середовищі, де плоди ростуть на деревах і дерева посаджені рядами, відповідно отримані зображення яблук можуть знаходитись на задньому плані, або на інших рядах та інших деревах. І це потрібно вважати не ефективними цілями для розпізнавання та підрахунку.

Для методу підрахунку структурних об'єктів припускаємо, що усі кадри відеоряду є одним багатовимірним простором. Тоді вхідними даними методу підрахунку є матриці чисел, які відображають координати обмежувальних рамок виявлених об'єктів.

На першому етапі виконується обрахування матрицею відстаней на основі функції Махаланобіса для поєднання споріднених координат виявлених об'єктів. Відстань вимірюється так, щоб прийняти до уваги дисперсію вхідних змінних і кореляцію між ними. Як наслідок, отримуємо матрицю кореляцій між сусідніми кадрами. Далі на основі

використання Угорського алгоритму виявленому об'єкту присвоюється унікальний ідентифікатор. Результатом є матриця кореляцій координатів виявленого об'єкта з координатами усіх інших об'єктів на наступному кадрі відеоряду.

В наступному етапі виконується обрахування прогностичних значень координатів виявлених об'єктів для збереження унікальних ідентифікаторів кожного об'єкта для забезпечення їхнього послідовного відстеження. Прогнозування значень координат виконується на основі фільтра Калмана. Зауважемо, що плід може бути закритий листям, або іншими сторонніми об'єктами під час відстеження. Зогляду на це було використано лінійний фільтр Калмана для прогнозування значень координат кожного виявленого об'єкта на наступному кадрі. Результатом виконання є матриці прогнозованих значень координат виявлених об'єктів на наступному кадрі відеоряду.

В останньому етапі відбувається поєднання результату виконання етапу 1 та етапу 2, а саме матриці кореляції та матриці прогнозованих значень. Операція поєднання виконується на основі алгоритму DeepSort. Результатом виконання останнього етапу є кількість збережених унікальних ідентифікаторів, кожен з яких відповідає відокремленому виявленому об'єкту з першого до останнього кадру відеоряду.

Застосування розробленого удосконаленого методу виявлення та обчислення кількості розпізнаних структурних об'єктів дає змогу за вхідними даними у вигляді координат обмежувальних рамок виявлених плодів отримувати їхні унікальні ідентифікатори за відеорядом. Сума отриманих унікальних ідентифікаторів дорівнює кількості усіх виявлених цільових структурних об'єктів під час відстеження. Порівняльний аналіз з відомими реалізаціями відображає ефективність запропонованого рішення на 4-6 % в частині розпізнавання.

Список використаної літератури

1. Ukwuoma C.C. et al. Recent advancements in fruit detection and classification using deep learning technique. *Mathematical Problems in Engineering*. 2022. Vol. 2022. Pp. 1-29. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/9210947>
2. Jia W., Tian Y., Luo R., Zhang Z., Lian J., Zheng Y. Detection and segmentation of overlapped fruits based on optimized mask R-CNN application in apple harvesting robot. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 172. Pp. 105380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105380>
3. Koirala A., Walsh K.B., Wang Z., McCarthy C. Deep learning for real-time fruit detection and orchard fruit load estimation: Benchmarking of MangoYOLO. *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20, No. 6. Pp. 1107-1135. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09642-0>
4. Kirk R., Cielniak G., Mangan M. L*a*b*Fruits: A rapid and robust outdoor fruit detection system combining bio-inspired features with one-stage deep learning networks. *Sensors*. 2020. Vol. 20, No. 1. P. 275. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20010275>

ВИКОРИСТАННЯ «РОЗУМНОГО» ОШИЙНИКА ДЛЯ ПРАВИЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З ТВАРИНОЮ У ІГРОВІЙ ФОРМІ

МИХАЙЛІВ А. П. (andrii.mykhailiv.mknssh.2021@lpnu.ua)
Національний університет «Львівська Політехніка»

Досліджені можливості розуміння стану kota за голосовим сигналом через використання «розумного» ошийника та тонкого клієнта. Також розглянуто можливості використання цієї технології для навчання правильної взаємодії з твариною, наприклад дітей у сім'ях, де уже завели kota або планують це зробити.