

*Савінова В. В.; Колесніков В. О., к.т.н., доц.*

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ**

*В роботі наведено деякі данні стосовно застосування різних методів комп'ютерного зору (машинного зору), що стосуються автомобільної індустрії. Зокрема наголошено, що серед найбільш перспективних впроваджень різних методик комп'ютерного зору є трьохмірний друк (3D принтери), застосування систем віртуальної реальності для поліпшення процесів керування автомобілем, безпілотні автомобілі*

Машинний зір – це науковий напрямок в області штучного інтелекту, зокрема робототехніки, і пов'язані з ним технології отримання зображень об'єктів реального світу, їх обробки і використання отриманих даних для вирішення різного роду прикладних задач без участі (повного або часткового) людини.

Метою роботи було зробити стислий огляд існуючої інформації стосовно розвитку та перспектив застосування методів комп'ютерного зору в галузях пов'язаних з автомобільною індустрією.

У 1990-х роках з'явилися перші комерційні системи автоматичної навігації автомобілів. Ефективний комп'ютерний аналіз руху вдалося реалізувати у кінці ХХ століття.

Нині існує чітка межа між так званим монокулярним і бінокулярним комп'ютерним зором. До першої області ставляться дослідження й розробки у сфері комп'ютерного зору, пов'язані з туристичною інформацією, яка надходить від однієї камери чи то з кожної камери окремо. До другої області ставляться дослідження і розробки, що мають працювати з інформацією, одночасно котра надходить від двох і більше камер. Кілька камер в системах йдуть на виміру глибини спостереження. Ці системи називають стереосистемами.

На сьогодні теорія комп'ютерного зору повністю склалася як розділ кібернетики, спирається на наукову і практичну базу знань. Слід визначити, що ця галузь буде широко торкатись систем віртуальної реальності та штучного інтелекту.

З завдань, які вирішує машинний зір, можна назвати безліч областей. Однак слід зазначити, що сьогоднішня структура попиту визначається поки що обмеженими можливостями сучасних систем машинного зору.

50% всіх систем машинного зору експлуатуються в завданнях контролю за якістю, тобто вирішують інспекційні завдання машинного зору. Це насамперед візуальний контроль над процесом складання, кольором і якістю поверхні продукції, зовнішнім виглядом і чистотою упаковки, правильністю і розбірливістю етикеток, рівнем рідини у різноманітній тарі і т. д. Приблизно 10% з завдань виконуються системами тривимірного зору. Окрема область використання систем машинного зору виробництві - проведення різноманітних візуальних вимірів параметрів технологічних процесів і зокрема, визначення розмірів предметів, тобто вирішення завдань виміру.

20% попиту посідає системи машинного зору проєктів автоматизації виробництва та впровадження промислових роботів. Такі системи машинного зору спрощують найрізноманітніші види високоточної діяльності (складання і розбирання, фасування, фарбування, зварювання, утилізація), полегшують транспортування вантажів, застосовують у системах обліку, маркування, реєстрацію ЗМІ й сортування продукції. Також інспекційні завдання й завдання розташування для правильної роботи робота.

17% усього продажу систем машинного зору становлять які працюють OCR/OCV-системи розпізнавання друкованих символів і штрих-кодів. Рішення завдань ідентифікації.

Ринок систем машинного зору не виробничих (розважальних, побутових, дослідницьких) роботів становить 13%.

У статті Бобровського «Коли машини прозріють» представлена наступна статистика областей, у яких затребувані системи машинного зору:

Невеликий відсоток ринку на системи віртуальної реальності, які пропонують якісно новий інтерфейс "людина-комп'ютер", заснований на розпізнаванні осіб і жестів, на системи, щоб забезпечити виконання завдань безпеки, значний аналіз мультимедійних даних, і т. д.

Затребувані системи машинного зору й у робототехніці. Експерти вважають, що технології машинного зору – найпростіший спосіб навчити апарати автономним діям у природному світі.

Суттєвий попит з боку сільськогосподарських організацій, де необхідна автоматизація діяльності з візуального контролю і сортування продуктів, які поки що системи машинного зору показують: у цій галузі незадовільні результати.

Зазначається зростання інтересу до систем машинного зору із боку нанотехнологічних фірм, біотехнологічних компаній, і у сфері медицини (автоматичний аналіз медичних зображень – рентген, томографія, УЗД).

Затребуваний машинний зір й у області охоронних систем (ідентифікація особистості, детектори руху, розпізнавання і відстеження рухомих об'єктів, розпізнавання автомобільних номерів тощо.);

Системи машинного зору затребувані у сфері контролю і інспекції продуктів (нині оцінка якості бісквітів на кондитерській лінії здійснюється зі швидкістю 60 тістечок в секунду), соціальній та області візуального контролю та управління (облік, зчитування штрих-кодів).

Машинний зір застосовується у системах розпізнавання рукописного і друкованого тексту.

Серед областей застосування КЗ можна продовжити:

- медицина (автоматичний аналіз медичних зображень рентген, томографія, УЗД);
- охоронні системи (ідентифікація особистості, детектори руху, розпізнавання і відстеження рухомих об'єктів, розпізнавання автомобільних номерів і т. д.);
- природний інтерфейс людина-комп'ютер, заснований на жестах, міміці і голосових командах користувача, не обтяжений пристроями "зручними комп'ютера" (клавіатурою, мишею);
- мультимедіа-програми, ігри (реальний приклад - автоматичне створення моделі гравця для Quake3), розширена реальність (комбінація віртуального оточення і реальних об'єктів);
- системи розпізнавання рукописного і друкованого тексту;
- стиснення відео з урахуванням вмісту передається відеопотоку;
- промисловість (дефектоскопія, контроль якості, промислові роботи): автомобілебудування, електроніка, машинобудування.

Поняття «машинний зір» на сьогоднішній день включає в себе: комп'ютерний зір, розпізнавання зорових образів, аналіз і обробка зображень і т. д.

У галузі машинного зору отримані вражаючі результати і вирішено багато поставлених завдань. Системи машинного зору виходять із автоматизацією виробництва, відеоспостереження, аналізу медичних знімків. З іншого боку, на сучасному етапі машинному зору досі далеко до людського. Тому існує два погляду розвиток машинного зору. Перший, це коли машини, випередять людини. Другий, що машини ніколи не перевершать чоловіка й машинний зір і залишиться непридатним до розв'язання окремих проблем, де буде необхідне втручання людини.

Недосконалість машинного зору зумовлено технічними причинами, проте йде бурхливий розвиток інформаційних технологій, який дозволить поліпшити й вдосконалити системи.

Системи машинного зору стають дедалі більш актуальні, оскільки покликані вирішувати найактуальніші проблеми людства, такі як безпеку, медичні питання, питання якості продукції та інші.

З метою класифікації методів і підходів, що використовуються в системах технічного зору, зір слід розбити на три основних підкласи:

- зір низького,
- середнього;
- високого рівней.

Системи технічного зору низького рівня призначені для обробки інформації з датчиків почуття.

Ці системи можна віднести до класу «інтелектуальних» машин, якщо вони володіють наступними ознаками (ознаками і інтелектуальної поведінки):

- 1) можливістю виділення суттєвої інформації з безлічі незалежних ознак;
- 2) здатністю до навчання на прикладах і узагальнення цих знань з метою їх застосування в нових ситуаціях;
- 3) можливістю відновлення подій за неповною інформації;
- 4) здатністю визначати цілі і формулювати плани для досягнення цих цілей.

Створення систем технічного зору з такими властивостями для обмежених видів робочого простору в принципі можливий, але характеристики таких систем далекі від можливостей людського зору. В основі технічного зору лежить аналітична формалізація, спрямована на рішення конкретних завдань. Машини з сенсорними характеристиками, близькими до можливостей людини, мабуть, з'являться ще не скоро. Однак зазначимо, що копіювання природи не є лише одним вирішенням цієї проблеми. Для прикладу відомі ранні експериментальні зразки аеропланів, що можуть махати і відображають інші особливості польоту птахів. Сучасне рішення задачі про політ у просторі в корені відрізняється від рішень, підказаних природою. За швидкістю і досягання висоти літаки набагато перевершують можливості птахів.

Системи технічного зору середнього рівня пов'язані з завданнями сегментації, опису та розпізнавання окремих об'єктів. Ці завдання охоплюють безліч підходів, основаних на аналітичних поданнях.

Системи технічного зору високого рівня вирішують проблеми, розглянуті вище.

На сучасному стані розвитку науки про комп'ютерний зір основна увага приділена поняттям і методам технічного зору, що застосовуються в промислових додатках. Сегментація є одним з найбільш важливих процесів на ранній стадії розпізнавання образів системою технічного зору. Наступним завданням системи технічного зору є утворення набору дескрипторів, який повністю ідентифікує об'єкти певного класу. Зазвичай прагнуть вибирати дескриптори, найменш залежні від розмірів об'єкта, його орієнтації і розташування. Хоча зір і є тривимірним завданням, більшість сучасних промислових систем працює з даними, які часто спрощуються за допомогою методів спеціального освітлення або чітко визначеної геометрії спостереження. Складнощі виникають, коли ці обмеження послаблюються.

По суті зір є тривимірною проблемою, тому в основі розробки багатфункціональних систем технічного зору, придатних для роботи в різних середовищах, лежить процес обробки інформації в тривимірних сценах. Хоча дослідження в цій області мають більш ніж 10-річну історію, такі фактори, як вартість, швидкість і складність, гальмують впровадження обробки тривимірної зорової інформації в промислових додатках. Потужність системи технічного зору визначається її здатністю виділяти зі сцени значиму інформацію при різних умовах спостереження і використанні мінімальних знань про об'єкти сцени. По ряду причин (нерівномірне висвітлення, наявність тіл, що загороджують об'єкти, геометрії спостереження) цей тип обробки представляє важку задачу. До цих труднощів відносяться тіньові афекти, що ускладнюють процес визначення контурів, і неоднорідності на гладких поверхнях. Це часто призводить до того, що вони розпізнаються як окремі об'єкти.

Очевидно, багато хто з цих проблем обумовлені тим, що відносно мало відомо про моделювання властивостей освітлення і відображення тривимірних сцен. Методи розмітки ліній і з'єднань є деякі спроби в цьому напрямку, але вони не в змозі кількісно пояснити ефекти взаємодії освітлення і відображення. Більш перспективний підхід заснований на математичних моделях, що описують найбільш важливі зв'язки між освітленням, відображенням і характеристиками поверхні, такими, як орієнтація.

Проблема загороджування одних об'єктів іншими має місце, коли розглядається велика кількість об'єктів в реальному робочому просторі. Навіть якби система була здатна ідеально виділити групу об'єктів з фону, то всі раніше розглянуті двовимірні процедури опису та розпізнавання дали б поганий результат для більшості загороджених об'єктів. Застосування тривимірних дескрипторів було б більш успішним, але навіть вони дали б неповну інформацію.

Розробка методів обробки тривимірної зорової інформації в роботизованих і автоматизованих системах в даний час дуже актуальне завдання, так як такі чинники, як вартість, швидкість, складність обчислень, складність реалізації алгоритмів роблять неприйнятними багато вже існуючих методів.

Системи комп'ютерного зору постійно вдосконалюються. Так наприклад, американська корпорація Intel придбає компанію Itseez Inc, яка є розробником систем комп'ютерного зору, в тому числі для нової моделі автомобіля. Це придбання сприятиме перемозі Intel в боротьбі за сегменти ринку "інтернету речей", таких як автомобільна промисловість і відео, де здатність розпізнавати і сприймати зображення - це шлях до інновацій і можливостей.

Itseez є одним з розробників OpenCV – бібліотеки алгоритмів комп'ютерного зору. Itseez по веде діяльність восьми напрямках: системи автомобільної безпеки на основі комп'ютерного зору; 3D (стерео, реконструкція, структурна підсвічування); розпізнавання сцен, детекція / класифікація об'єктів; доповнена реальність; розпізнавання жестів; реконструкція скелета; глибоке / машинне навчання; згорткові нейронні мережі.

Серед продуктів Itseez - система допомоги (Система Advanced Driver допомоги). Система, що включає в себе камери, відеоконтролер і дисплей, вміє розпізнавати дистанцію до іншого автомобіля, визначати відхилення машини від смуги руху і читати деякі дорожні знаки.

Комп'ютерний зор буде широко використовуватись в робототехніці. Вже зараз існує багато методів та способів, що будуть включати в себе елементи штучного інтелекту та нові алгоритми.

Робота фахівця в галузі комп'ютерного зору досить творча. Його основне завдання створити такий алгоритм дій для машини, щоб вона могла на підставі завантажених в її пам'ять даних (картинок, фотографій) правильно розпізнавати «побачені», а точніше зафіксовані за допомогою датчиків і камер, об'єкти. Вся робота фахівця побудована навколо написання алгоритму, його налагодження, пошуку можливих варіантів алгоритмів в роботах інших фахівців. Це трудомістка і непроста робота. Знайти потрібний варіант алгоритму вдається не завжди відразу, проте ця професія перебуває на передовій сучасних технологій.

Одним з методів подальшого використання комп'ютерного зору є застосування нейронних мереж.

Нейромережі ставлять нові рекорди майже на всіх змаганнях з комп'ютерного зору, а також все ширше використовуються в інших додатках штучного інтелекту. Один з ключових компонентів такої неймовірної ефективності нейромереж – доступність великих наборів даних для їх навчання і оцінки. Наприклад, для оцінки сучасних нейромереж використовується Imagenet Великомасштабна візуального розпізнавання Challenge (ILSVRC) з більш ніж 1 мільйоном зображень. Але судячи з останніх результатів (RESNET показує результат всього лише 3,57% помилок), скоро дослідникам доведеться скласти більш великі набори даних. А потім – ще більші. Між іншим, анотування таких фотографій – чимала робота, частина якої доводиться робити вручну.

Цього року відразу дві групи дослідників перевірили на практиці, чи можна використовувати для навчання нейромереж машинного зору згенеровані кадри з комп'ютерних ігор. Група дослідників з факультету інформатики Університету Британської Колумбії (Канада) опублікувала наукову статтю, для якої зібрали більше 60 000 кадрів з комп'ютерної гри з дорожніми видами, схожими з наборами даних CamVid і Cityscapes. Дослідникам вдалося довести, що нейромережа після тренування на синтетичних зображеннях демонструє схожий рівень помилок, що і після тренування на справжніх фотографіях. Більш того, тренування на синтезованих зображеннях з використанням реальних фотографій демонструє ще кращий результат.

Усі 60 000 кадрів зроблені в віртуальну сонячну погоду, в віртуальний час 11:00, з роздільною здатністю  $1024 \times 768$  і максимальними налаштуваннями графіки (назва гри не розголошується через побоювання, пов'язаних з копірайтом). Безпілотний автомобіль випадково їздив по ігровим вулицях, дотримуючись правил дорожнього руху. Кадри знімалися 1 раз в секунду. Кожен з них супроводжувався автоматичною семантичною сегментацією (небо, пішохід, автомобілі, дерева, фон - сегментація абсолютно точна і взята з гри), глибинним зображенням (глибина зображення, карта з розміткою об'єктів), а також нормаллями до поверхні.

Дослідники провели кілька експериментів, щоб оцінити ефективність розпізнавання об'єктів нейромережею, яка навчалася на різних наборах даних. У переважній більшості випадків нейромережа, навчена на синтетичних даних, показувала кращий результат, ніж нейромережа, навчена на справжніх фотографіях. Кращий результат вона показувала навіть при перевірці на справжніх фотографіях.

Одним з прикладів застосування комп'ютерного зору являється система управління парковочними місцями, яка в режимі реального часу надає всі необхідні дані про наявність вільних місць учасникам дорожнього руху. Система аналізу зайятих місць також може бути втілена в рамках існуючої системи відеонагляду за дорожньою сіткою міста. Завданням систем комп'ютерного зору являється прийом на вході зображення та отримання на виході символічної інтерпретації. Звідси випливає ще одне важливе завдання – виявлення об'єктів на зображеннях. Це завдання зводиться до встановлення чи є знайдений об'єкт тим об'єктом, який нас цікавить. Розпізнавання об'єктів, в загальному випадку, являється некоректним завданням (легко уявити два об'єкта різної природи, які на зображеннях однакові). При тому що людина зазвичай з легкістю справляється з такою задачею, для комп'ютерної системи така задача складна. Незважаючи на активний розвиток даного напрямку в останній час, задачі комп'ютерного зору ще дуже далекі від універсальності рішень. Тобто ще не існує загальноприйнятого підходу, який дозволяє вирішувати весь спектр задач. Розглянемо основні підходи, які застосовуються для вирішення нашої задачі: аналіз кольору (добре працює при постійному освітленні, наприклад на критих парковках), виділення областей руху (виділяє будь-які зміни, пішохода або блики від сонця такі методи не зможуть відрізнити від машини), більш складні алгоритми розпізнавання об'єктів (велика складність реалізації, ресурсоємність). Тому для вирішення нашого завдання буде використано комбінований підхід. Алгоритм рішення поставленого завдання виглядає наступним чином. Програма безперервно веде опит камери (для неї задані границі парковки в кадрі, а також масив координат паркомісць). Черговий отриманий кадр оновлює модель фону. Застосовуючи оператори математичної морфології залишаємо тільки потенційні об'єкти, розміром не менше заданого. Далі порівнюємо з координатами парковочних місць, області змін зовні цих місць ми розглядати не будемо. Для кожного паркомісця застосовуємо класифікатор. Отримані дані зберігаються в пам'яті та виводяться через графічний інтерфейс.

Програмні засоби розраховані на застосування як у вигляді готового програмного забезпечення зі зручним інтерфейсом, так і в складі більш потужного програмного рішення в режимі автоматичного обміну даними з управляючими модулями. При реалізації ставилось ціль мінімізації вимог до апаратного забезпечення.

Користувачеві доступні декілька вкладок для одночасного контролю різних камер. На формі передбачений вивід відеопотоку із виділенням зайнятих і вільних місць, схематичне відображення паркомісць із можливістю виводу кожного в окремому полі. Також є індикатор загальної завантаженості парковки і поле статусних повідомлень. Також на формі є кнопки запуску/призупинки обробки, додавання/редагування списку камер та виклику форми налаштувань. В ході роботи були реалізовані та протестовані ряд методів, такі як усереднення фону, вирівнювання попереднього кадру, метод суміші нормальних розподілів.

Іншою прикладною областю комп'ютерного зору є промисловість. Тут інформацію отримують для підтримки виробничого процесу. Прикладом може слугувати контроль якості, коли деталі чи кінцевий продукт автоматично перевіряються на наявність дефектів. Іншим прикладом є вимірювання положення та орієнтація деталей, що піднімаються рукою робота. Враховуючі, що автомобільна індустрія разом з ІТ галуззю впродовж останніх десятиліть є флагманом, що сприяють розвитку багатьох інших напрямків техніки, де як не тут застосовувати та розвивати методи комп'ютерного зору для виробництва деталей автомобілів.

Ще в 2012 році Toyota на деяких виробничих лініях замінила ручну працю на роботизовані процеси. В результаті протягом трьох років кількість відходів при виробництві деталей скоротилося на 10%, відповідно вартість шасі і рульового вала знизилася.

Роботизація впевнено крокує по Європі, Китаю, Японії та США. У 2015 році було куплено 248 000 роботів. І це тільки початок: міжнародна федерація робототехніки заявляє, що через три роки в світі буде працювати 2,3 мільйона роботів. Уже зараз в японській компанії Fanuc цілі армії роботів збирають машини.

До 2020 року понад 80 мільярдів об'єктів, обладнані чіпами і датчиками, будуть підключені до мережі інтернет, яка буде автоматизувати велику частину виробництва на заводі.

У 2016 році на заводах Volkswagen впровадив окуляри віртуальної реальності, які вже дозволяють працівникам отримувати доступ до інформації, навіть якщо обидві руки зайняті. У 2015 року цю технологію почали використовувати на заводах Airbus. При складанні кабін для A380, модель пікселів накладається на фактичну збірку, і оператор відразу бачить, чи щільно підходять деталі.

А з 2025 року віртуальність займе чільне місце. В даний час вона використовується декількома піонерами автомобілебудування. Цей цифровий близнюк виробництва дозволяє побачити весь сценарій операції перед запуском. Результати приголомшливі: проектування складальної лінії займає всього кілька тижнів, в результаті виходить менше прорахунків і економиться сировина.

Серед пріоритетних напрямків можна визначити 3D друк за допомогою 3D принтерів. Є думка, що до 2025 року за рідкісним винятком величезні заводи припинять своє існування тому, що настане ера промислових 3D принтерів.

Військове застосування є, мабуть, найбільшою областю комп'ютерного зору. Очевидним прикладом є виявлення ворожих солдат і транспортних засобів та управління ракетами. Найбільш досконалі системи управління ракетами відправляють ракету в задану область, замість конкретної цілі, а селекція цілей відбувається тоді, коли ракета досягає заданої області, базуючись на відеоданих, що надходять. Сучасне воєнне поняття, таке як «бойова поінформованість», припускає, що різноманітні датчики, включаючи датчики зображення, надають великий набір інформації про поле битви, яка може бути використана для прийняття стратегічних рішень. В цьому випадку, автоматична обробка даних використовується, щоб зменшити складність або збільшити надійність отриманої інформації.

Одними з нових областей застосування є автономні транспортні засоби, включаючи підводні, наземні (роботи, машини), повітряні. Рівень автономності вимірюється від повністю автономних (безпілотних) до транспортних засобів, де системи, що базуються на комп'ютерному баченні, підтримують водія чи пілота в різноманітних ситуаціях. Повністю автономні транспортні засоби використовують комп'ютерне бачення для навігації, тобто для

отримання інформації про місце свого положення, для створення карти навколишнього оточення, для визначення перешкод. Вони також можуть бути використані, наприклад, для визначених задач знаходження лісових пожеж. Прикладом таких систем можуть бути система попереджувальної сигналізації про перешкоди на машинах і системи автономної посадки літаків. Деякі виробники машин демонстрували системи автономного управління автомобілем, але ця технологія все ще не досягла того рівня, коли її можна запустити в масове виробництво.

За допомогою систем комп'ютерного зору можливо відстежувати продукти зношування, що відокремились від деталі в умовах тертя машин та механізмів.

Також можна додати, що системи комп'ютерного зору разом зі штучним інтелектом можуть стежити за станом здоров'я водія та попереджувати негативні наслідки, що можуть спричиняти ДТП.

Серед останніх новин в цій галузі, це створення літаючих автомобілів. Так у Дубаї, на урядовому саміті World Government Summit БУВ було презентовано «літаючий автомобіль».

Інноваційно-екологічний "автономний літальний апарат" (AAV) був створений компанією Ehang з Китаю. Цей вид транспорту може перевозити пасажирів на короткі дистанції, минаючи дорожні затори. Кожна машина має свій ключ доступу. Також вона оснащена вбудованою навігаційною системою, через яку людина зможе задати потрібний пункт призначення, ввівши його на сенсорному екрані. Як запевняють творці, політ буде максимально безпечним і плавним.

Одним із лідерів галузі безпілотних автомобілів вважається Google. Система компанії використовує інформацію, зібрану сервісом Google Street View, відеокамери, датчик LIDAR, встановлений на даху, радар в передній частині авто і датчик, підключений до одного з задніх коліс.

Більшість компаній говорять, що для автолюбителів такі авто стануть доступними до 2020 року. Що зміниться з їх появою? Перш за все, роботизовані машини будуть рятувати життя. Комп'ютер, який змінив за кермом людини, зможе одночасно відстежувати всі об'єкти на дорозі і миттєво реагувати на аварійні ситуації.

Завданням систем комп'ютерного зору являється прийом на вході зображення та отримання на виході символічної інтерпретації. Звідси випливає ще одне важливе завдання – виявлення об'єктів на зображеннях. Це завдання зводиться до встановлення чи є знайдений об'єкт тим об'єктом, який нас цікавить. Розпізнавання об'єктів, в загальному випадку, являється некоректним завданням (легко уявити два об'єкта різної природи, які на зображеннях однакові). При тому що людина зазвичай з легкістю справляється з такою задачею, для комп'ютерної системи така задача складна. Незважаючи на активний розвиток даного напрямку в останній час, задачі комп'ютерного зору ще дуже далекі від універсальності рішень. Тобто ще не існує загальноприйнятого підходу, який дозволяє вирішувати весь спектр задач.

**Висновки.** Область комп'ютерного зору є дійсно інноваційно привабливою. Інтерес до неї виник на зорі спроб створення штучного інтелекту. В даний час кількість нових рішень і актуальних додатків для комп'ютерного зору продовжує зростати.

Ми розглянули лише найбільш поширені приклади комп'ютерного зору для масового користувача. Однак існує і безліч інших, менш типових програм. Серед найбільш перспективних є застосування методів комп'ютерного зору в області 3D друку, безпосередньо при створенні деталей автомобілів.

Застосування систем штучного інтелекту та комп'ютерного зору для створення безпілотних автомобілів.

### Список літературних джерел

1. Зуева Е. Ю. «Комп'ютерне зір в ІПМ ім. В. М. Келдиша РАН – історія розвитку». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://keldysh/papers/2009/art04/Zueva\\_09.htm](https://keldysh/papers/2009/art04/Zueva_09.htm)

2. Бобровський З. «Коли машини прозріють» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://pcweek/themes/detail.php?ID=66663&spphrase\\_id=12198](https://pcweek/themes/detail.php?ID=66663&spphrase_id=12198).
3. Bouwmans, T. Background Modeling using Mixture of Gaussians for Foreground Detection / T. Bouwmans, F. El Baf, B. Vachon // Recent Patents on Computer Science. – 2008. – P. 219-237.
4. Computer Vision: A Modern Approach by D. A. Forsyth and J. Ponce, Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 2002/
5. Computer Vision. L. Shapiro and G. Stockman, Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J., 2000/
6. Искусственный интеллект. Современный подход. Стюарт Рассел, Питер Норвиг. Москва/Санкт-Петербург/Киев, 2006.
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: Пат. 108524 Україна, МПК G01N3/56, G 01N15/10 Спосіб визначення форми поверхні частинок після сухого та водневого зношування системного комп'ютерного зору / Балицький О. О., Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Погорелов О. О., Колеснікова Е. Б.; Власник Фізико-механічний інститут. - № u 2015 12575; заявл. 21.12.2015; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14.

**Савінова Вікторія Віталіївна** – бакалавр кафедри технологія виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., м.н.с. сумісник лабораторії водневої стійкості конструкційних сплавів відділу фізичних основ руйнування та міцності матеріалів в агресивних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ