

УДК 004

О.Риба, магістр гр. КІ-23М,

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВІДЕОАНАЛІТИКИ НА ОСНОВІ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗОРУ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи відеоаналітики на основі систем машинного зору. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи відеоаналітики на основі систем машинного зору. Об'єктом дослідження є процес відеоаналітики на основі систем машинного зору. Предметом дослідження є методи відеоаналітики на основі систем машинного зору. Методи дослідження базуються на методах теорії розпізнання образів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи відеоаналітики на основі систем машинного зору. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Відеоспостереження й відеоаналітика сьогодні використовуються не тільки для забезпечення безпеки. Все частіше вони позиціонуються в якості сучасних і ефективних інструментів для бізнесу, при цьому поряд із традиційними ІР-камерами для рішення певного кола завдань застосовуються системи машинного зору. Технології, які ще недавно здавалися дорогими і складними, поступово стають усе більше масовими й доступними. Камери машинного зору й відеоаналітичні функції вже широко інтегруються в різні додатки, а області їхнього застосування виходять за рамки нішевих, спеціалізованих сегментів. Недорогі камери машинного зору можуть істотно поліпшити відеоспостереження на транспорті, у торгівлі й у ряді інших областей. Нові технології CMOS дозволяють одержати зображення кращої якості й підвищити пропускну здатність системи. Пропонуються платформи з убудованим програмним забезпеченням для розробки різних вертикальних рішень – зокрема, для потреб медицини, біології, роздрібно́ї торгівлі, для застосування в банкоматах і на транспорті. Нерідко в таких додатках потрібно ідентифікувати дрібні деталі, і на виторг приходять камери машинного зору. Причому вартість такого рішення, включаючи друковану плату, камеру й оптику до неї, часом не перевищує 200 євро. Наприклад, у роздрібній торгівлі системи машинного зору (у тому числі стерео – 3D) застосовуються в торговельних автоматах для спрощення процесу продажів (ними навіть можна управляти за допомогою жестів), для підрахунку відвідувачів, їхнього профілювання й класифікації (визначення підлоги, віку й т.д.), а також для трекінгу й розпізнавання (у біометричних системах).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Для досягнення поставленої мети визначена програма дослідження, що складається з наступних завдань:

- Огляд існуючих систем відеоаналітики на основі систем машинного зору.
- Дослідження системи відеоаналітики на основі систем машинного зору.
- Програмна реалізація системи відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Об'єктом дослідження є процес відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Предметом дослідження є методи відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Методи дослідження базуються на методах теорії розпізнання образів, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Реалізація підтримки HEVC у різних поколіннях процесорів

Споживачі очікують від розроблювачів оптимізації мультимедіа додатків для всіх типів пристроїв, тому важливо знати про можливості сучасних поколінь процесорів Intel.

– Процесори Intel Core 4-го покоління (Haswell), 2-3,5 ГГц, 4 ядра: підтримують програмний декодер HEVC, здатний декодувати потоки HEVC 4K у реальному часі.

– Процесори Intel Core 5-го покоління (Broadwell) підтримують гібридне 8-бітне програмно-апаратне кодування HEVC.

– Процесори Intel Core 6-го покоління (Skylake) підтримують 8-бітне кодування й декодування HEVC з апаратним прискоренням.

Стиск HEVC у порівнянні зі стиском AVC (H.264) (значне зниження швидкості даних)

Алгоритм стиску HEVC використовується головним чином постачальниками рішень для обробки відео й постачальниками потокового відео, оскільки цей алгоритм дозволяє набагато краще стискати відеодані. В алгоритмі AVC використовувалися блоки 16x16 пікселів, тоді як в HEVC використовуються блоки аж до 64x64 пікселів. В H.264 підтримувалося 8 напрямків пророкування, тоді як в H.265 підтримується 35 напрямків пророкування між кадрами.

Крім того, алгоритм H.265 здатний ефективніше виявляти області кадру, що залишаються незмінними протягом декількох кадрів (наприклад, тло в сцені з діалогом). Такі області кодуються тільки в початковому кадрі, після цього кодування не повторюється до виявлення змін. Кодувальник HEVC також може змінювати розмір незмінного блоку, якщо змінюється лише частина незмінної області, або збільшувати розмір блоків, якщо в наступних кадрах незмінна область стає крупніше. За рахунок цього підвищується ефективність і знижується навантаження на процесор.

Засоби розробки Intel, що підтримують HEVC

Корпорація Intel пропонує інструменти й ресурси, що допомагають розроблювачам додатків працювати із графічними процесорами. Існує два основних пакети Intel SDK, що допомагають оптимізувати програми для ГП, на додаток до Intel® Media Server Studio. Їхній вибір залежить від платформ, пристроїв і моделей роботи, для яких призначене розроблювальний додаток.

– Використовуйте Intel® Media SDK для оптимізації декодування відео й для кодування відеоматеріалів для мультимедіа додатків, що працюють на клієнтських і мобільних пристроях. У цьому пакеті задіяні апаратне прискорення й досягається найвища продуктивність безлічі самих популярних кодеків, об'єднаних в одному високорівневому API. За рахунок цього додатка будуть готові до майбутнього: код, розроблений для більше ранніх поколінь процесорів Intel, буде автоматично й найбільш оптимальним образом працювати на новому обладнанні без додаткової доробки й налаштування. Крім того, можна буде з легкістю додавати доступ до нових можливостей, які будуть підтримуватися перспективним устаткуванням.

– Використовуйте Intel® SDK для додатків OpenCL, щоб використовувати апаратне прискорення ГП загального призначення. OpenCL працює головним чином з виконуються блоками, що. Проте в процесори Intel додаються нові розширення, що дозволяють скористатися в додатках OpenCL перевагами апаратних блоків Intel з фіксованими функціями.

– Використовуйте пакет Intel® Media Server Studio Professional Edition, до складу якого входить Intel Media SDK, для швидкого перекодування мультимедіа й для оптимізації серверних додатків для обробки мультимедіа, інфраструктури зв'язку (обробка відео й відеоконференції, цифрові системи відеоспостереження), хмарних відеосистем і центрів

обробки даних, а також для убудованих систем. Цей пакет включає потужні засоби оптимізації й аналізу продуктивності обробки відео, а також засобу, що прискорюють перехід на HEVC, що дозволяє прискорити розробку й знизити ресурсоемність додатків.

В обох SDK для доступу до апаратних можливостей Intel використовується той самий драйвер. В Windows* всі бібліотеки, необхідні для запуску Media SDK і додатків OpenCL, автоматично встановлюються разом із графічним драйвером, тому немає необхідності впаковувати додаткові бібліотеки часу виконання разом з додатками.

Підведемо підсумки. Відео використовується повсюдно, обсяги відеоданих постійно ростуть. Обробка таких даних має найважливіше значення, оскільки багато споживачів відмовляються від спеціалізованих пристроїв, таких як DVD-програвачі, на користь потокової передачі відеоданих для фільмів і ігор. Формат кодування відео HEVC (H.265), апаратна підтримка якого вперше реалізована в процесорах Intel 6-го покоління, забезпечує найбільш ефективний стиск і дає можливість працювати з відео надвисокої чіткості, що особливо важливо у зв'язку з появою на ринку все більшого числа пристроїв, що підтримують дозвіл UHD. Щоб оптимізувати код і скористатися можливостями декодування й кодування HEVC, можна використовувати Intel Media SDK і Intel SDK для додатків OpenCL або завантажити безкоштовну ознайомлювальну версію Intel Media Server Studio.

Платформи для AI Video Analytics

Висока складність комп'ютерного зору з машинним навчанням викликає потребу в новій інфраструктурі та обчислювальних методах, таких як Edge AI. Такі розподілені концепції Edge Computing покращують надійність, масштабованість і ефективність аналізу відео за допомогою машинного навчання. Таким чином, були представлені платформи комп'ютерного бачення, які дозволяють підприємствам розробляти та постачати спеціальні програми відеоаналітики, які інтегруються з існуючими камерами та VMS.

Архітектура, керована моделями, абстрагує камери та моделі штучного інтелекту всіх типів для розробки високопродуктивних додатків із будівельними блоками. Програми зору можна розгортати в масштабі на крайніх пристроях і обробляти велику кількість потоків камери в режимі реального часу.

Відеоаналітика III в різних галузях

Найбільші додатки на ринку відеоаналітики включають безпеку: виявлення інцидентів, керування вторгненнями, підрахунок людей, моніторинг дорожнього руху, автоматичне розпізнавання номерних знаків (ANPR), розпізнавання облич, AR та оцінка руху епо. Крім того, відеоаналітика була корисною для таких галузей, як виробництво, безпека, роздрібна торгівля, охорона здоров'я та готельний бізнес тощо.

AI Video Analytics у безпеці

Відеоаналітика працює над наданням рішень для спостереження та безпеки, створюючи загальні засоби ідентифікації та виявлення різних об'єктів у відеопотоках. Така технологія корисна для відстеження людей або об'єктів, які цікавлять відео, або ідентифікації та виявлення зловмисників. Використання відеоаналітики AI для цих цілей дозволяє позначати певні об'єкти та подавати сигнали про підозрілу поведінку.

Виявлення вертикального руху

Конкретним прикладом відеоаналітики для безпеки може бути система виявлення підйому на паркан. Персонал служби безпеки, як правило, навчений знати, що люди, які ходять поза огорожею, вважаються регулярними, але підніматися на вершину огорожі або боротися з нею – нерегулярно.

Програмне забезпечення відеоаналітики, навчене розпізнавати тонкі відмінності в напрямку руху між звичайною та нерегулярною поведінкою, пов'язаною з огорожею, можна пов'язати з відео в реальному часі з камер спостереження.

Якби хтось почав лазити по паркану, програмне забезпечення розпізнало б вертикальний рух як ненормальне явище та створило б певний сигнал тривоги. Для порівняння, якби хтось проходив поряд із парканом, він створював би горизонтальний рух, який не класифікується системою виявлення як підозріла діяльність.

Існує кілька програм відеоаналітики в різних варіантах. Наприклад, виявлення людини з відстеженням об'єктів можна використовувати для виявлення людини, яка піднімається на паркан у зоні огляду. У цій програмі можливості відеоаналітики базуються на інтегрованих алгоритмах виявлення об'єктів, які працюють безпосередньо на пристрої, а не на зовнішньому сервері, щоб виконувати виявлення в реальному часі (граничні обчислення).

Різноманітність правил можна запускати одночасно та надсилати сповіщення безпосередньо з камери за допомогою текстового повідомлення, електронної пошти або до системи керування відео.

Класифікація відеооб'єктів III

Класифікація об'єктів відеоканалу передбачає виявлення небезпечних об'єктів у прямому ефірі з камери чи заданому відео. Невеликі відмінності між об'єктами, які іноді навіть важко побачити охоронцям перед камерою, можуть бути виявлені програмами відеоаналітики, навченими знаходити незначні відмінності, які можуть відрізнити небезпечний об'єкт від безпечного.

Наприклад, рентгенівська перевірка безпеки може використовувати програми відеоаналітики, навчені класифікувати об'єкти на подачах багажу в режимі реального часу під час реєстрації безпеки, щоб ідентифікувати конкретні об'єкти, що представляють інтерес, наприклад гострі інструменти чи зброю. Така технологія вже впроваджена в усьому світі, оскільки її точність зростає. Управління транспортної безпеки (TSA) запровадило сканери комп'ютерної томографії (КТ) із найсучаснішою 3-D технологією на контрольно-пропускних пунктах аеропортів США (перегляньте більше додатків відеоаналітики в авіації).

Відеотехнологія штучного інтелекту зараз удосконалюється, щоб підвищити точність виявлення об'єктів у відеокадрах у широкому діапазоні реальних додатків комп'ютерного бачення.

Відстеження поведінки відео AI

Подібно до виявлення руху, розглянутого у прикладі огорожі, інші типи поведінки також є відповідними підставами для класифікації відеоаналітики. Наприклад, відстеження поведінки включає поведінку людини по відношенню як до себе, так і до більших об'єктів, наприклад транспортних засобів, і до того, що це означає для безпеки загальної території. Нижче наведено два менших приклади відстеження поведінки, реалізованого у відеоаналітиці.

- **Виявлення тиняння:** у розумних містах відеоаналітика навчена помічати, коли люди чи транспортні засоби залишаються у визначеній зоні довше, ніж дозволяє визначений користувачем час. Для безпеки території, залежно від уподобань виконавця програми, може бути активована сигналізація. Така поведінка ефективна для сповіщення в режимі реального часу про підозрілу поведінку в аптечних відділах, банкоматах, наркодиспансерах та інших місцях.
- **Виявлення зупиненого транспортного засобу:** ця частина відеоаналітики корисна для запобігання простою або зупинці транспортних засобів у недозволеному місці протягом тривалого часу. Виявляються транспортні засоби, які зупинилися поблизу чутливої зони довше, ніж це дозволяє користувач. Така поведінка ідеально підходить для того, щоб зупинити транспортні засоби, які перешкоджають завантажувально-приймальним докам, забезпечити дотримання правил паркування та зменшити час очікування транспортних засобів біля паркувальних служб або воріт паркування. Зупинені транспортні засоби на дорозі, що рухається, також можуть вказувати на незареєстровані аварії або проблеми з транспортними засобами, і така технологія може попередити відповідні органи про такі випадки.
- **Саботаж камери:** розширене виявлення втрати відео може розпізнавати, коли пряме відеопотік було зламано або підроблено. Наприклад, якщо вандал фарбує або закриває

об'єктив або тягнеться, щоб відсунути фіксовану камеру від наміченої сцени, спрацьовує тривога.

AI Video Analytics в роздрібній торгівлі

Індустрія роздрібною торгівлі може запровадити аналітику AI для відеопотоків у багатьох ситуаціях. Ці компоненти управління роздрібною торгівлею допомагають оптимізувати операції та створити кращий досвід клієнтів без збільшення людської відповідальності чи додаткових операційних витрат, пов'язаних із дорогим обладнанням. Ознайомтеся з нашою великою статтею про візуальний штучний інтелект у роздрібній торгівлі.

Інтелектуальне керування чергами

Відеоаналітика надає інформацію про кращу політику для кас і навіть може налаштувати магазини на можливості без каси. Це дозволяє магазинам здійснювати самоконтроль і дотримуватись кодексу честі, не боячись крадіжки чи інших нечесних порушень. Керування чергами також може надати інформацію про те, що працює, а що ні, щоб керувати розміром черг у магазинах. Під час пандемії, наприклад, керування чергами може бути важливим для запобігання поширенню.

Підрахунок людей

Підрахунок людей можна проводити за допомогою відеоаналітики. Роздрібна торгівля передбачає багато експериментів із дисплеями та маркетинговими стратегіями. Спостерігати або мати доступ до того, скільки клієнтів приходить і коли, корисно для магазинів, щоб знати, що працює з точки зору маркетингу та огляду продукту.

Крім того, помічати, скільки клієнтів проводять тривалий час біля вітрин, корисно для магазину, оскільки це покращує взаємодію з клієнтами та покращує бізнес магазину. З точки зору підрахунку людей, відеоаналітика надає оперативну інформацію та інформацію про бренд, а також розкриває безліч інших аспектів відносин із клієнтами.

AI Video Analytics в охороні здоров'я

Заклади охорони здоров'я завжди надавали пріоритет сучасним технологіям для оптимізації витрат і забезпечення безпеки своєї практики, оскільки охорона здоров'я як галузь контролюється суворим державним і корпоративним законодавством. Реалізації відеоаналітики AI можуть бути корисними в охороні здоров'я для психічного здоров'я, точності діагностики та спостереження за літніми чи молодими пацієнтами в лікарнях. Ознайомтеся з іншими відеопрограмами ШІ для охорони здоров'я.

Моніторинг пацієнтів на дому

Технологія спостереження робить спостереження за літніми пацієнтами в будинках престарілих можливим і зручним для опікунів. Падіння є основною причиною травм і смерті людей похилого віку, тому моніторинг вдома корисний для виявлення незвичних положень або періодів, коли людина знаходиться на підлозі або є недієздатною.

Персональні медичні пристрої можуть ефективно виявляти падіння, але для ефективності їх потрібно носити постійно. Відеоаналітика для виявлення падінь штучним інтелектом забезпечує більш вільне використання рук і може бути модифікована, щоб не просто виявляти падіння. Наприклад, така система може також визначити, чи літня людина прийняла певні ліки, коли мала.

Аналіз психічного здоров'я

Поєднання розширеної відеоаналітики та машинного навчання з аналізом обличчя та досвідом клініцистів-людей може покращити здатність медичного працівника робити правильний висновок про стан психічного здоров'я пацієнта. Помітний підхід включає аналіз емоцій обличчя за допомогою ШІ. Відеоаналітику можна навчити точно виявляти відмінності в нормальній і ненормальній поведінці обличчя чи фізичній поведінці.

Медичні працівники часто записують ці невербальні комунікації як частину свого прогнозу, але досить суб'єктивно і лише якщо вони їх помічають. Відеоаналітика в програмах для психічного здоров'я гарантує, що тонкі натяки в поведінці пацієнта не залишаться непоміченими.

Біотехнологія

Ранній скринінг хвороботворних мікроорганізмів харчового походження є ключем до забезпечення безпеки харчових продуктів. В даний час досліджуються біосенсиори, спрямовані на виявлення сальмонели за допомогою обробки відео на смартфоні та флуоресцентного маркування. Відеоаналітика також може аналізувати живі корми бактерій і ідентифікувати одні бактерії від інших, що робить її корисною для визначення відмінностей у складі бактерій.

AI Video Analytics в розумних містах

Аналіз відео в режимі реального часу з алгоритмами глибокого навчання має відомі приклади використання в розумних містах. Прочитайте нашу статтю про сучасний список найкращих і найцінніших програм комп'ютерного зору в розумних містах.

Кілька компаній, які займаються відеоаналітикою, намагаються розробити більш інтегровані рішення, пов'язані з містами. На viso.ai надайте технології бачення містам і постачальникам державних послуг по всьому світу, від Гренландії до Швейцарії, Сполучених Штатів і Австралії. Різноманітні розподілені камери різних типів можна інтегрувати, щоб забезпечувати міським операторам постійний зворотний зв'язок для прийняття обґрунтованих рішень.

Міські агенції можуть посилити залучення громадян і оптимізувати роботу за допомогою аналізу даних у режимі реального часу та співпраці між відомствами. З економічної точки зору сприяння розумним містам стимулює нові потоки доходів і економічний розвиток шляхом підвищення активності клієнтів і їх поведінки.

Відеоаналітика корисна для міст, які керують натовпом людей і є частиною моделі розумного міста. Автоматичне розпізнавання номерних знаків і моніторинг дорожнього руху є двома прикладами відеоаналітики, яка використовується в містах. Ці програми оптимізують громіздкі процеси, які вимагають достатнього втручання людини.

Розпізнавання номерних знаків транспортних засобів

Автоматичне розпізнавання номерних знаків (ANPR) складається з точних систем, здатних зчитувати номерні знаки автомобіля без втручання людини. Використання високошвидкісного захоплення зображення з підтримкою освітлення дає можливість системам відеоаналітики виявляти та зчитувати номерні знаки майже в реальному часі.

Таким чином, символи номерних знаків розпізнаються за допомогою оптичного розпізнавання символів (OCR), перетворюючи зображення на рядки цифрового тексту. Це дає змогу відеоаналітичним системам виявляти та записувати номерні знаки. Сучасні програми ANPR створюють набори метаданих для кожного виявленого номерного знака для повторного використання органами в інших системах. ANPR корисний для запису автомобілів, що проїжджають на червоне світло, дорожніх аварій тощо.

Інтелектуальний моніторинг дорожнього руху

Відеоаналітика може надати інформацію, корисну для аналізу дорожнього руху та моніторингу заторів. На додаток до виявлення небезпечних аварій і ситуацій, моніторинг дорожнього руху дає кількісну інформацію про кількість транспортних засобів у певних областях у певний час і моделі руху.

У разі аварії ці аналітичні системи, що включають аналіз дорожнього руху, пізніше надають поліції допомогу для збору доказів у разі судового розгляду.

Підрахунок транспортних засобів

Цей аспект відеоаналітики передбачає розрізнення автомобілів, вантажівок, автобусів і таксі для створення корисної статистики, яка використовується для отримання інформації про трафік. Мережеві камери можуть фіксувати концентрацію автомобілів, що швидко рухаються, в одному районі порівняно з іншим, що може бути корисним для міста, щоб знати, які впровадження контролю руху є ефективними. Підрахунок транспортних засобів також дає зрозуміти, коли в майбутньому потрібно проводити ремонт доріг.

Розробка структурної схеми

Нове покоління IP-камер з розв'язною здатністю HD і вище, високою частотою зміни кадрів і швидкісних інтерфейсів висуває серйозні вимоги до систем передачі й обробки даних. А для рішення завдань машинного зору, таких як комп'ютерна графіка (у кіноіндустрії), відеоспостереження, медичні дослідження або операції й інші, необхідно працювати з незжатыми даними, одержуваними безпосередньо від оптичного сенсора. Як правило, для обробки такого обсягу інформації необхідні значні обчислювальні ресурси, можливі й інші підходи.

У деяких випадках проблеми передачі й прийому більших обсягів даних вирішуються шляхом локалізації обробки відео й балансування навантаження, а зберігання більших обсягів різнорідних даних здійснюється за допомогою спеціалізованих гібридних сховищ, що підтримують роботу із зображеннями й відео, структурованими й метаданими.

При проектуванні систем безпеки доводиться враховувати значний перелік погроз і діючі нормативні документи. Відеомоніторинг припускає як роботу з архівом, так і оперативне відеоспостереження.

При проектуванні таких систем необхідно погодити з усіма користувачами об'єкта план розміщення відеокамер і зони огляду, скласти графік робіт, передбачити технічне обслуговування систем, провести аналіз умов їхнього функціонування протягом тривалого строку експлуатації, забезпечити відстеження строків впровадження інженерної інфраструктури, а також виділити місце для установки активного встаткування. Найчастіше на великих транспортних об'єктах згодом монтуються конструкції, що загороджують огляд, і ймовірність такої події варто враховувати при проектуванні будь-якої відеосистеми.

Звичайно за допомогою системи відеорозпізнавання вдається оперативно розпізнати скупчення людей, а також ідентифікувати й зафіксувати факти їхнього неадекватного руху (бійки, падіння, хаотичний рух, різке прискорення, перетинання забороненої зони), виявити в контрольованій зоні залишені або зниклі предмети, виявити задимлення або відкритий вогонь.

При цьому важливо зрозуміти, які завдання потрібно вирішити замовникові, щоб допомогти йому визначити реальні цілі, оскільки можливості відеодетекторів звичайно переоцінюються. Найчастіше корисно проводити техніко-економічне обґрунтування впровадження кожної підсистеми. Неодмінна умова – пілотні випробування системи в умовах реального застосування.

При виборі системи відеоаналітики варто керуватися умовами її використання, видом застосовуваного обчислювача й типом самої відеоаналітики. Функції обчислювача, «мозку» системи, можуть бути передані камері, винесеним промисловим блокам або серверам. Кожний з варіантів має свої переваги й недоліки. Більше дешеві рішення, як правило, функціонально слабкіше.

У реальних умовах відеоаналітика нерідко забезпечує зовсім не той результат, що обіцяє виробник. Для її ефективного застосування дуже важливий ракурс зйомки, а також стабільність тла й висвітлення – поява тіней і засвітлення. Залежно від цих умов різні детектори й алгоритми поведуться по-різному.

Відеоаналітика звичайно ґрунтується на вирахуванні тла, детектуванні руху й наступної класифікації об'єкта (у цьому випадку важливо правильне застосування масштабної сітки) або на алгоритмах машинного зору з використанням навчених класифікаторів (формування ознак, що класифікують). Обидва варіанти мають свої недоліки. Перший більше розповсюджений – таке рішення дешевше. Алгоритми машинного зору працюють точніше, але для них потрібно більше обчислювальних ресурсів.

Цікаві перспективи відкриваються у випадку застосування камер машинного зору для класифікації й підрахунку відвідувачів у роздрібній торгівлі. Їх можна використовувати для оптимізації продажів на основі збирається статистики, що, – розпізнавання й підрахунку відвідувачів, їхньої класифікації й трекінгу, побудови «теплових карт».

Ще одна область застосування камер машинного зору – розпізнавання осіб (див. рис. 1).

Завдання розпізнавання осіб можна вирішити за допомогою обробки незжатого відео на локальній відеокарті, змонтованій безпосередньо на камері. У цьому випадку зображення не передається в мережу – на сервер відправляються тільки статистичні дані

Відеоідентифікація може виконуватися оператором або в автоматичному режимі, коли використовується біометричне розпізнавання. В обох випадках потрібні створення зон контролю, розміщення серверів і АРМ для оперативного реагування.

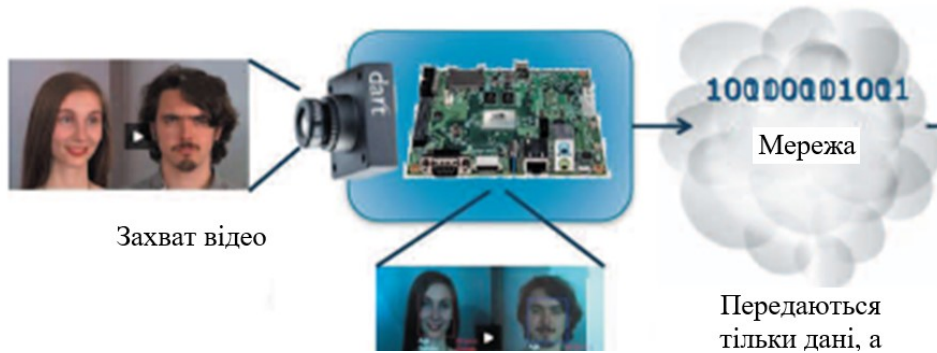


Рисунок 1 – Структурна схема системи

На результат відеоідентифікації впливає якість зображень у пошуковій базі даних і «картинок на вході» (у свою чергу, воно залежить від можливостей пристроїв і умов реєстрації), а також самі алгоритми (різні алгоритми висувають різні вимоги до характеристик використовуваних зображень). Нерідко заявлені виробником параметри отримані на основі бази даних з високоякісними зображеннями, і реальні результати роботи системи можуть сильно відрізнятись від очікуваних. Тому важливо, щоб база даних була наповнена якісними зображеннями.

Якщо така система застосовується на транспорті, то при її впровадженні варто враховувати, що технологія досить ресурсномістка, вимагає додаткового висвітлення й правильної організації пасажиропотоків. Частина обчислень можна винести із сервера на саму камеру або на локальний блок. Це дозволяє застосовувати камери машинного зору й аналізувати незжаті відео. Камеру варто підбирати під завдання – це загальний принцип. Подібні системи можна додатково оснащувати аналоговими й IP-камерами.

Системи розпізнавання осіб можуть із успіхом використовуватися, наприклад, в аеропортах або на митниці. Однак 100-процентна точність розпізнавання недосяжна, хоча в кращих рішень такого класу вона перевищує 90%. Таке біометричне встановлення здатне замінити застарілі СКУД і доповнити системи доступу по ключі-карті. В останньому випадку виходять так звані СКУД з гібридною авторизацією. Звичайні IP-камери занадто повільні. В Smilart застосовуються відеокарти NVidia і камери машинного зору Basler, що відрізняються малою затримкою й високою швидкістю функціонування (50 кадрів/с), а обробка незжатого зображення дозволяє підвищити точність результату.

У системах біометрії автентифікація здійснюється не тільки по геометрії особи, але й по райдужній оболонці ока: у кожної людини вона має свої унікальні характеристики, які не можуть бути загублені, украдені або скопійовані. Можливість створення цих рішень з'явилася завдяки синергії систем машинного зору й аналітичних алгоритмів. У такі системи високі експлуатаційні характеристики – стійкість до підробки й зовнішніх умов (світло, температура й ін.), стабільність біометричних параметрів, висока швидкодія. Ще одне достоїнство – простота використання (без контакту, при русі людини).

Якщо в класичній (2D) технології розпізнавання особи використовується 20 точок, а ймовірності помилок першого й другого роду становлять відповідно 0,1 і 2,5%, то в системах автентифікації по райдужній оболонці ока порівняння відбувається по 260 точкам, а ймовірності помилок першого й другого роду не перевищують 0,000011 і 0,016%. За

вартістю такі системи зовсім незабаром будуть порівнянні із системами розпізнавання відбитка пальця.

В Україні ринок біометрії перебуває в зародковому стані (його обсяг не більше 50-60 млн доларів). Однак, згідно із прогнозами, у найближчій перспективі середньорічні темпи росту даного сегмента складуть 35%, і до 2020 року його оберт збільшиться до 500 млн доларів. Основні драйвери росту – держсектор, банківський сектор, електронна комерція, СКУД.

Камери з інтелектом

У децентралізованих системах відеоспостереження «інтелектом» оснащується сама камера. Зовнішнього сервера для керування не потрібно, оскільки камера підтримує необхідні функції налаштування й відеоаналітики. Економія на серверах, мережній інфраструктурі й програмних ліцензіях дозволяє знизити вартість рішення в цілому.

ІР-камери для відеоспостереження на транспорті з розв'язною здатністю 6 Мпкс і кутом огляду 1800 виготовляються з армованого скловолокна й споживають усього 4 Вт. У числі убудованих аналітичних функцій – підрахунок об'єктів, фіксація перетинання заданого коридору, виявлення нестандартного поведінки, статистика по об'єктах.

Значна частина обробки відео виконується самою камерою, тому вимоги до каналів передачі даних знижуються. До того ж відео обсягом до 256 Гбайт можна зберігати на SD-карті. Для контролю швидко, що рухаються об'єкти, замість стандартного кодеку H.264 можуть знадобитися спеціальні кодекси. ІР-камери з оглядом 1800 успішно застосовуються й у торгівлі.

Популярним рішенням стають «здвоєні» пристрої, у яких камера денного відеоспостереження доповнена тепловізором. Така камера може сполучати два зображення й оснащуватися убудованим датчиком руху. Вона здатна виявити порушника навіть у повній темряві. Інше можливе застосування – контроль температури об'єкта.

Ще одне швидко, що розвивається напрямок, – використання камер у дронах, такі дрони можуть застосовуватися як для захисту об'єктів, так і для нападу. Не виключено, що через кілька років нас очікує війна дронів.

Поряд з підвищенням «рівня інтелекту» ІР-камер, актуальною тенденцією стало збільшення їхнього дозволу. У минулому році цілий ряд виробників систем відеоспостереження випустили ІР-камери з розв'язною здатністю 4К (Ultra HD). Де можуть застосовуватися такі продукти? Один з додатків – відеоспостереження на стадіонах, коли потрібно контролювати більші площі й тисячі глядачів.

Основні труднощі при організації системи відеоспостереження на стадіоні пов'язані з більшою кількістю камер відеоспостереження, зберіганням величезного масиву даних, значними витратами на ПЗ.

Системи з розв'язною здатністю 4К можуть стати ефективним рішенням для великих об'єктів, забезпечити спостереження за значним скупченням людей і великих просторів. За допомогою відео-камери 4К можна вести широкий огляд і розрізнити навіть самі дрібні деталі. Використання всього однієї відеокамери означає зменшення витрат на установку, економію на обслуговуванні системи й ліцензуванні ПЗ.

Однак все більша деталізація зображення спричиняє ріст вимог до швидкості передачі даних (бітрейту). Наприклад, при стиску кодеком H.264 бітрейт камери з розв'язною здатністю 8 Мп@25 кадрах/с дорівнює 16 Мбіт/с. Рішення проблеми – ефективний стиск відео за допомогою кодеку H.265. Стандарт H.265, прийнятий ITU/ISO в 2013 році, забезпечує зворотну сумісність із H.264. Кодек H.265 на 50% ефективніше H.264, і при однаковому бітрейті якість відео з використанням H.265 вище, ніж для H.264. До того ж навантаження на канали передачі даних нижче; додатково можна заощадити на ємності систем зберігання.

Таким чином, спільне використання відеокамер 4К і стиск H.265 дозволить без значних витрат ефективно впровадити відеоспостереження надвисокої чіткості в існуючу

систему безпеки. І цілком імовірно, що через два-три роки деякі системи відеоспостереження вже будуть переведені на 4К з кодеком H.265.

Відеоспостереження й хмари

Для рішення завдань відеоаналітики можна використовувати й хмарні сервіси. Сервіс консолідує метадані, що збираються із установлених у замовника IP-камер Smartec Neugo і лічильників, а потім здійснює їхню обробку засобами відеоаналітики VCA Technology. З його допомогою можна генерувати різноманітні звіти (статистику й графіки відвідувань за зазначений період), будувати теплові карти й навіть переглядати «живе відео», передане з торговельної точки.

Послуги відеоспостереження по сервісній моделі відмінно підходять для малого й середнього бізнесу, до 15% малих і середніх підприємств готові скористатися послугами хмарного відеоспостереження, хоча в 85% таких клієнтів ті або інші рішення вже встановлені. І число потенційних замовників із сегмента СМБ росте. Причин декілька: часті переїзди з офісу в офіс у зв'язку зі зміною ставок оренди, небажання нести капітальні витрати на власне відеоспостереження, відсутність підготовлених фахівців для монтажу й експлуатації своєї системи відеоспостереження.

Останнім часом усе більше компаній звертають увагу не тільки на охоронну функцію відеоспостереження – вони починають сприймати відеоспостереження як додатковий інструмент для здійснення своєї діяльності й контролю за станом бізнесу. Поступово стали мінятися й потреби: з автономного програмно-апаратного комплексу відеоспостереження перетворюється в хмарну послугу, що забезпечує доступ до перегляду зображення з відеокамер з будь-якої точки миру, що надає можливості для рольового доступу до такого перегляду й до архівних записів, а крім того, що гарантує схоронність архівних записів.

Основні споживачі сервісу відеоспостереження – це малі підприємства зі сфери обслуговування: юридичні компанії, салони краси, будівельні організації, кафе й ресторани, магазини. Відеоспостереження в цьому випадку не стільки виконує охоронну функцію, скільки стає ефективним інструментом для бізнесу. Камери, звичайно, допомагають підсилити міри безпеки, але разом з тим забезпечують спостереження за торговельним залом і касовою зоною, приміщенням для прийому відвідувачів, зоною розвантаження товару, роботою персоналу – тобто дозволяють стежити за дотриманням трудової дисципліни й рівнем надаваного сервісу.

Установка камер над касами й у торговельних приміщеннях дозволяє виявляти позаштатні ситуації й здійснювати їхній розбір. На складі й у виробничих цехах можна стежити за переміщеннями товарів і зайнятістю робітників. За допомогою камер зручно спостерігати за всією територією підприємства, навіть якщо це кілька об'єктів, розташованих у різних місцях.

Таким чином, постачальникам послуг відеоспостереження вдається запропонувати малим підприємствам привабливі рішення для тих проблем, з якими сьогодні вони зіштовхуються найбільше часто. Однак перешкоди залишаються: це висока вартість зберігання відео й значне навантаження на канали передачі даних у випадку потокового відео HD-Якості. Трохи знизити вартість зберігання можна за допомогою дискових масивів спеціальної конфігурації, оптимізованих під відеоархіви.

Послуга оператора припускає не тільки обслуговування, але й установку встаткування. А наявність бібліотеки проектів, використання типових елементів для швидкого конструювання проекту й відпрацьована практика мережних обстежень спрощують розгортання системи.

Згодом у користувачів з'являються потреби в додаткових послугах, де потрібна складна відеоаналітика, – наприклад, для організації пасивної охорони території (віртуальний периметр, проникнення в контрольовану зону, повідомлення про рух у кадрі за розкладом) або при застосуванні відеоаналітики як маркетинговий інструмент, що дозволяє управляти продажами (лічильник відвідувачів, теплові й кінетичні карти, контроль порожніх прилавоків, відкриття й закриття точок продажів).

У результаті розвитку подібних сервісів відеоспостереження й відеоаналітика стають сучасними й ефективними інструментами для бізнесу. Установка камер сприяє підвищенню рівня безпеки в торговельному й іншому приміщеннях, а також дозволяє підсилити контроль за роботою співробітників і поліпшити обслуговування.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем відеоаналітики на основі систем машинного зору.
- Досліджена система відеоаналітики на основі систем машинного зору.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи відеоаналітики на основі систем машинного зору.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання відеоаналітики на основі систем машинного зору. Проведено аналіз предметної галузі в ході якого були виявлені об'єкти, взаємодія яких носить істотний характер для функціональної діяльності предметної галузі, і їхні основні характеристики; побудована алгоритм і вибраний середовище розробки.

Список літератури

1. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Chevardin, V., Smirnov, O. «Wireless Network Encryption Stream Ciphers, Computational Modeling, and Security Analysis». Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems, 2024, pp. 379–402.
2. Kuznetsov, O., Frontoni, E., Kryvinska, N., Smirnov, O., Imoize, G.L. «Computational Modeling of Enhanced Spread Spectrum Codes for Asynchronous Wireless Communication». Computational Modeling and Simulation of Advanced Wireless Communication Systems, 2024, pp. 403–447
3. Al-Mudhafar Aqeel, A.M., Smirnova, T., Buravchenko, K., Smirnov, O. «The method of assessing and improving the user experience of subscribers in software-configured networks based on the use of machine learning». Advanced Information Systems, 2023, 7(2), pp. 49–56.
4. Smirnov, O., Sydorenko, V., Aleksander, M., Zhyharevych, O., Yenchey, S. «Simulation of the cloud IoT-based monitoring system for critical infrastructures». CEUR Workshop Proceedings, Volume 3530, 2023, pp. 256–265.
5. Smirnov, O., Odarchenko, R., Smirnova, T., Bondar, S., Volosheniuk, D. «Optimal Structure Construction of Private 5G Network for the Needs of Enterprises». Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2023, 178, pp. 208–223.
6. Smirnov, O., Neskoriadiya, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskoriadiya, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022,
7. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Drieiev O., Polishchuk L., Sheraz Khan, Yassin M. Y. Hasan, Aladdein M. Amro, Hazim S. AlRawashdeh «Method for Determining Treated Metal Surface Quality Using Computer Vision Technology». Sensors (Basel, Switzerland) Volume 22, Issue 16, 6223, 2022.
8. Smirnov O., Kuznetsov A., Kryvinska N., Kiian A., Kuznetsova K. «Full Non-Binary Constant-Weight Codes». SN Computer Science, Vol 2, 337, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00739-w>
9. Smirnov O., Kuznetsov A., Zhora V., Onikiychuk A., Pieshkova O. «Hiding Messages in Audio Files Using Direct Spread Spectrum». 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2021, Cracow, Poland, 22–25 September 2021. P. 414–418.
10. Smirnov O., Kuznetsov A., Lokotkova I., Kuznetsova T., Florov S., Lebid O. «Using Orthogonal Signals to Hide Information in Images». 4 IEEE International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT) – 2021, Lviv, Ukraine, September 21–25, 2021. P. 255–260.
11. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Potii, O., Poluyanenko, N., Stelnyk, I., Mialkovsky, D. «Combining and filtering functions in the framework of nonlinear-feedback shift register». International Journal of Computing; 2020, Volume 19, Issue 2 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2020. – P. 247–256.
12. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102–114.
13. Smirnov O., Alimseitova Zh., Adranova A., Akhmetov B., Lakhno V., Zhilkishbayeva G. «Models and algorithms for ensuring functional stability and cybersecurity of virtual cloud resources». Journal of theoretical and applied information technology Vol.98. No 21, 2020, P. 3334–3346.
14. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New technique for data hiding in cover images using adaptively generated pseudorandom sequences». CEUR Workshop Proceedings Volume 2654, 2020, Pages 1–14.

15. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudo-random sequence generation for spread spectrum image steganography». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 161-165.
16. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Cherep A., Kanabekova M., Chepurko I. «Testing of code-based pseudorandom number generators for post-quantum application». 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Ukraine, Kyiv, May 14-18. 2020. P. 172-177.
17. Smirnov O., Kuznetsov A., Pushkar'ov A., Serhiienko R., Babenko V., Kuznetsova T., «Representation of Cascade Codes in the Frequency Domain». In: Radivilova T., Ageyev D., Kryvinska N. (eds) Data-Centric Business and Applications. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 48. Springer, Cham. 2021. pp 557-587.
18. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Polishchuk, Y., Brzhanov, R., Aleksander, M. «Method of fractal traffic generation by a model of generator on the graph». CEUR Workshop Proceedings Volume 2616, 2020, Pages 366-379.
19. Smirnov, O., Drieieva, H., Drieiev, O., Simakhin, V., Bondar, S., Odarchenko, R. «Managing multifractal properties of the binary sequence generated with the Markov chains», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 633-645.
20. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Gorbacheva, L., Babenko, V., «Hiding data in images using a pseudo-random sequence», CEUR Workshop Proceedings Volume 2608, 2020, Pages 646-660.
21. Zhurakovskiy, B., Tsopa, N., Batrak, Y., Odarchenko, R., Smirnova, T «Comparative analysis of modern formats of lossy audio compression». Workshop Proceedings, 2020, 2654, стр. 315-327.
22. Smirnov O. Kuznetsov A., Zaichenko Yu., Pastukhov M., Oleshko O., Kuznetsova K., «Formation of Discrete Signals with Special Correlation Properties». International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019; Odessa; Ukraine; 9-13 September 2019. P.22-28.
23. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kolovanova, I., Kuznetsova, T., «Noise immunity of the algebraic geometric codes». International Journal of Computing; 2019, Volume 18, Issue 4 – Research Institute for Intelligent Computer Systems – 2019. – P. 393-407.
24. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Reshetniak, O., Ivko, N., Katkova, T., Kuznetsova, T., «Generators of Pseudorandom Sequence with Multilevel Function of Correlation». 2019 IEEE International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kyiv, Ukraine, 8 – 11 October 2019 . P.517-522.
25. Smirnov, O., Krasnobayev, V., Yanko, A., Kuznetsova, T. «Methods of nulling numbers in the system of residual classes». CEUR Workshop Proceedings, Vol 2588, P. 90-106, 2019.