

УДК 004

В.Топчій, магістр гр. КН-23М

Центральноукраїнський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗБОРУ, ПРЕДСТАВЛЕННЯ, ОБРОБКИ, ЗБЕРІГАННЯ, ПЕРЕДАЧІ ТА ДОСТУПУ ДО ІНФОРМАЦІЇ МЕРЕЖЕВОЇ ВІДЕОАНАЛІТИКИ

У статті розроблено програмне забезпечення, яке призначено для системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики. Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики. Об'єктом дослідження є процес збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики. Предметом дослідження є методи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики. Методи дослідження базуються на методах обробки великих даних, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення. Результат роботи – програмна реалізація системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики. В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Постановка проблеми. Аналітики очікують, що в найближчі роки середньорічні темпи росту світового ринку ІР-відеоспостереження перевищать 20%, причому сегмент послуг відеоспостереження й відеоаналітики буде розвиватися випереджальними темпами. В Україні основними користувачами технологій відеоспостереження й відеоаналітики є організації державного сектора, банки, а також підприємства зі сфер транспорту, роздрібною торгівлі й керування нерухомістю. В інших країнах спостерігається схожа картина.

У числі основних тенденцій цього ринку – «інтелектуальне» відеоспостереження, розвиток можливостей убудованої й серверної відеоаналітики. Причому майбутнє – за інтеграцією й тих і інших засобів, за широким поширенням «розумних» камер і Інтернету речей, хмарних технологій відеоаналітики, у тому числі в реальному часі, а також за обробкою Больших Дані відеоспостереження.

Убудована відеоаналітика – оснащення камер аналітичними функціями – допомагає постійно контролювати ситуацію й швидко приймати рішення. А завдяки зниженим вимогам до каналів зв'язку «розумну» камеру можна встановлювати в таких місцях, де звичайна ІР-камера працювати не буде. Більше того, при необхідності замість відео вона просто відправляє повідомлення про інцидент, що вимагає реагування.

Попит на подібні рішення вже існує, а технічні можливості дозволяють реалізувати «на борті» камер розвинені аналітичні функції. Явних лідерів ринку поки немає, і у вендорів є гарні шанси зайняти своє місце в цьому сегменті, що розвивається.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При аналізі останніх досліджень і публікацій [1-10] було виявлено певні прогалини у забезпеченні системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

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

- Огляд існуючих систем збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

- Дослідження системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

- Програмна реалізація системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

Об'єктом дослідження є процес збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

Предметом дослідження є методи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

Методи дослідження базуються на методах обробки великих даних, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. За прогнозами, у найближчі роки світовий ринок відеоаналітики буде рости приблизно на 30% щорічно, що в 2,5 рази перевершує темпи росту ринку відеоспостереження в цілому. А в Україні можна чекати й перевищення цих показників. Його стимулом стануть вертикальні ринки. Так, наприклад, фінансування державою проєктів по безпеці дозволяє здійснювати масштабні розробки й швидке впровадження подібних систем.

Найчастіше відеоаналітика ототожнюється із засобами розпізнавання осіб і автомобільних номерів, однак область її застосування набагато ширше. У числі найбільш затребуваних функцій – детектування руху й залишених предметів, відстеження траєкторій руху, багатокамерний трекінг, класифікація й ідентифікація об'єктів, розпізнавання ситуацій, аналіз поведінки людей і т.д. Якщо з першими із двох перерахованих завдань звичайна відеоаналітика справляється досить успішно, з рішенням третьої також більш-менш усе в порядку, то з багатокамерним трекінгом об'єктів виникають певні труднощі: ідентифікація об'єктів в одних випадках виконується задовільно, в інші – погано. А останні два завдання толком ще не вирішені.

Пошук об'єктів і виявлення людей

Попередня обробка зображень – перший етап аналітики. Це може бути вирахування одного кадру з іншого для детектування руху, виявлення змін в оптичному потоці, знаходження контурів і т.д. Другий етап – визначення місцезнаходження об'єкта, третій – його класифікація. На наступній стадії може аналізуватися поведінка об'єкта або виконуватися його ідентифікація, наприклад розпізнавання особи людини або номеру автомобіля.

Завдання ідентифікації осіб і автомобільних номерів і критерії успішного досягнення бажаних результатів у цьому випадку досить чітко формулюються й добре вирішуються. Із цими завданнями, завдяки убудованим функціям відеоаналітики, цілком можуть упоратися самі камери. Так, наприклад, в IP-камерах Sony шостого покоління з'явилася функція ідентифікації осіб. Уже найближчим часом у перспективних камерах сьомого покоління можна чекати подальшого вдосконалювання функції розпізнавання осіб (зменшення кількості помилкових спрацьовувань) для підвищення надійності й швидкості наступної ідентифікації особистості при роботі з базами даних (наприклад, у бюро пропусків).

Одними з основних цілей застосування відеоаналітики є виявлення й трекінг людей. Традиційний підхід складається в побудові моделі тла, після чого поточна картинка віднімається з моделі (або навпаки). Результати сегментуються на об'єкти для подальшої обробки – трекінга, детектування руху й т.д. Тим часом поряд з побудовою моделі тла вдосконалюються й методи простежування. Перший метод – простежування областей об'єктів, що рухаються, другий – виділення на зображенні людей за даними декількох спостережень. Зараз він модифікований і називається «фільтром часток».

На техніку нагромадження й вирахування тла заснована більшість методів виділення об'єктів, що рухаються. Найбільш популярні – Mixture Of Gaussians (MOG), Kernel Density Estimator (KDE) і Autoregressive Pseudospectrums (ARP). З їхньою допомогою можна сегментувати області, де спостерігається рух, однак їм властиві й недоліки: виявлення всіх без винятку областей, що рухаються (у маску руху попадають хвилі, вітки, відблиски й т.д.), висока чутливість до рухливого тла й шуму (тряска камери, поворот) і недостатня сприйнятливості однотонних об'єктів.

Метод фільтра часток, що відрізняється більшою інтелектуальністю, ґрунтується на пророкуванні положення об'єкта по траєкторії і яскраво-колірним характеристикам: нові області зіставляються з поточними для побудови імовірнісної моделі, що дозволяє спрогнозувати, чи виявиться той або інший об'єкт у даній області.

Основним сучасним підходом до виявлення об'єктів у сцені є розпізнавання образів по наборі відібраних ознак. В основному використовуються методи HOG, Edgelet і група методів локальних шаблонів (Local Binary Patterns, LBP; Local Ternary Patterns, LTP; Scale Invariant LBP, SILBP; Scale Invariant LTP, SILTP). Метод, у рамках якого використовуються гістограми орієнтованих градієнтів (Histogram of Oriented Gradients, HOG), ґрунтується на контурі об'єкта й побудові градієнтів, що дозволяє відрізнити людини від інших об'єктів. Edgelet розроблений спеціально для детектування людей: за допомогою фільтрів будується контур об'єкта, із цього контуру витягає гістограмно-орієнтований градієнт, потім гістограми нормалізуються й використовуються для створення вектора ознак.

HOG – самий популярний метод виявлення людей на зображенні – у різноконтрастних сценах працює погано. У цій ситуації на виторг приходить тривимірна розмітка сцени із сегментацією, що допомагає виявляти об'єкти в конкретних областях. Поліпшити якість роботи HOG можна за рахунок навчання системи розпізнаванню людини по окремих частинах тіла (руки, ноги, тулуб, голова), що зменшує число помилкових спрацьовувань. Крім того, можлива побудова тривимірної моделі людини.

У методах, заснованих на еджлетах (Edgelet – відрізок прямий або кривий лінії), теж використовується навчання, що при розпізнаванні людей виробляється по плечовому поясі й тулубу. Еджлети розміром 4–12 пікселів – відрізки прямих, дуги окружностей, симетричні відрізки прямих і симетричні дуги окружностей – зіставляються з контурами на зображенні. При належному навчанні забезпечуються досить гарні результати розпізнавання. Для підвищення точності застосовується модифікація еджлетів на основі LBP, що дозволяє розширити вектор ознак. У результаті ймовірність розпізнавання людини по його плечовому поясі збільшується на 20-25%. Ці методи продовжують розвиватися.

Підходи до виявлення людей на зображеннях методами машинного зору імітують сприйняття сцени людиною. Такі алгоритми вимагають значних обчислювальних ресурсів, тому мають потребу в істотній доробці й більше твердому відборі ознак при прийнятній імовірності розпізнавання. Їх можна застосовувати не тільки в системах безпеки, але й для підрахунку людей у групі/черги (для цього потрібний окремий детектор тулуба, плечового пояса й голови), а також при дослідженні потоків руху людей.

У масштабних системах відеоспостереження затребувані технології пошуку по відеоконтенту для спрощення формування запитів. Такі рішення створюють не тільки великі закордонні вендори, але й українські розроблювачі. У запитах можна вказувати різні параметри: місце об'єкта в кадрі, його розмір (з урахуванням перспективи), пропорції, вхід у задану зону, перетинання лінії, трекінг (ведення об'єкта в кадрі й побудова його траєкторії). Наприклад, трекінг дозволяє встановити людей, що направляються в потрібну сторону, або відокремити машини, що в'їжджають, від що виїжджають. По такому принципі можна вести підрахунок відвідувачів.

Наприклад, можна знайти всіх людей у світлих штанах і синіх куртках, що перетинають якусь лінію в заданому напрямку. У компанії працюють над тим, щоб запити можна було задавати природною мовою (голосові запити з розпізнаванням мови). Пошук по прикметах застосуємо не тільки до архівів, але й дозволяє перехоплювати об'єкти в

реальному часі – наприклад, відслідковувати автомобілі червоного кольору заданого розміру. У системах масштабу міста дана функція може бути дуже корисною.

Багатокамерна відеоаналітика й міжкамерний трекінг

Багатокамерна аналітика із супроводом об'єкта декількома камерами дозволяє знизити загальне число тривожних сигналів (особливо в місці перекриття зон, контрольованих різними пристроями), а також прив'язати подія до карти місцевості, допомагаючи операторові краще орієнтуватися в що відбувається. Однак для цього потрібні висока якість калібрування й ретельна прив'язка камер до місцевості, інакше можливі більші погрішності у визначенні положення об'єктів. Стельова камера досить точно визначає позицію об'єктів, але при горизонтальному спостереженні ступінь погрішності може скласти 50%.

Багатокамерна відеоаналітика покликана визначати глобальні координати об'єкта виходячи з його екранних координат, поєднувати траєкторії від різних камер по їх просторовій і тимчасовій кореляції, згладжувати й екстраполювати отримані траєкторії, однак при інтерпретації розмірів об'єкта виникають складності (стельова й настінна камери визначають їх по-різному). Для стельових камер точність досягає 75%, для вуличних – 50%, при цьому результати залежать від розташування камер (ступеня перекриття їхніх зон видимості). Для ідентифікації людини на різних камерах, виявлення й трекінга людей можна використовувати методи машинного зору.

Стельова камера дозволяє вірогідно розпізнати людини (у тому числі нерухливого), його положення, траєкторію й швидкість руху, але розмір контрольованої зони обмежений висотою підвісу камери. Для ідентифікації використовується обмежений набір ознак, а при утворенні щільних скупчень людей можливі помилки. Ще один недолік – незручність візуального контролю з боку оператора.

На відміну від стельової, оглядова (настінна або вулична) камера забезпечує досить велику зону спостереження й велика кількість ідентифікуючих ознак, робить візуальне сприйняття більше зручним, але виділення окремої людини може бути ускладнене через перекриття об'єктів, труднощів багатокамерного трекінга, помилкового визначення положення в кадрі.

У розробці Macroscop при міжкамерном трекінгу система класифікує об'єкт, виявляючи його особливості, і намагається знайти на сусідніх камерах об'єкти з аналогічними прикметами. Це ще не автоматичний, а всього лише автоматизований режим: оператор повинен підтвердити правильність виділення об'єкта, оскільки ризик помилки, особливо при великій кількості об'єктів (наприклад, людей), досить великий. Такі можливості корисні не тільки в системах безпеки. Наприклад, це дозволяє зрозуміти, як покупець переміщається по торговельному залі магазину, і виявити шаблони його поведінки. Для аналізу не потрібно повністю декодувати відео, що знижує вимоги до ресурсів. Комп'ютер із процесором Intel Core i5 може обробляти відео, передане сотнею камер з дозволом 1,3 Мпікс при 12 кадрах у секунду.

У масштабних і розподілених системах якості роботи камер відеоспостереження необхідно ретельно контролювати.

Підрахунок людей

Підрахунок числа людей необхідний не тільки з метою суспільної безпеки. Його можна використовувати для оцінки числа відвідувачів, регулювання кількості відкритих кас, планування місць установки рекламних носіїв. Системи підрахунку людей всі частіше застосовуються організаціями роздрібної торгівлі – на зміну колишнім інфрачервоним горизонтальним або термокамерам приходять відеолічильники, які у корені поміняли ринок систем підрахунку відвідувачів, витісняючи всі інші рішення.

Їхнього достоїнства – малий обсяг монтажних робіт, відсутність перешкод для персоналу й покупців, максимальний фізичний захист від навмисного перекручування даних, простота в налаштуванні, можливості використання в суміжних областях (безпека, відеоаналітика). У кожному сегменті роздрібної торгівлі (магазини, торговельні мережі та ін.) застосовуються свої системи відеопідрахунку. Вони можуть використовувати аналітичне

ПЗ й програми для налаштування встаткування, передбачати інтеграцію зі стороннім програмним забезпеченням і впровадження додаткових функцій («траєкторія руху», поводження покупців, «гарячі» і «холодні» зони, оптимальне викладення товару). Однак у багатьох випадках досить дороге аналітичне ПЗ не потрібно, а можливість самостійної установки системи дозволяє заощадити значні засоби.

Залежно від ракурсу зйомки й щільності юрби можуть використовуватися різні сценарії підрахунку людей. Перший – щільна юрба. Така ситуація характерна для заходів (мітингів, концертів), а також годин пік, коли формуються щільні людські потоки. У цьому випадку застосовуються методи підрахунку на основі займаною юрбою площі з урахуванням перспективи й «строкатості» текстури. При достатній величині об'єктів і їхньому русі можна задіяти методи на основі кластеризації траєкторій точок, що відслідковуються незалежно (синхронні траєкторії з високим ступенем імовірності ставляться до одного об'єкта).

Останні методи дозволяють визначати людей з точністю до 94%. При цьому допускаються різні ракурси й конфігурації сцени. За допомогою даного методу можна оцінювати кількість минаючих людей, але він погано працює з малорухомими людьми, до того ж для нього характерна низька швидкість – для обробки одного кадру потрібно більше 10 сек. Якщо розмір особи занадто малий, а об'єкти значно перекриваються, аналіз утрудняється, та і юрба вже не розбивається на кілька невеликих груп.

Другий сценарій – розріджений потік людей, наприклад на вулицях або у великих магазинах. Для даної ситуації характерні занадто малі зображення осіб, нещільні групи людей і великих перекриттів усередині груп. У цьому випадку застосовуються методи на основі вирахування тла, які при невисокій швидкості характеризуються можливістю роботи з нерухливими й малорухомими компонентами об'єктів (їх повинне бути не більше 10). Середня помилка становить 1,2 чоловік (у сцені від 11 до 45 чоловік).

Якщо в зображення високий дозвіл, а перекриття невеликі, підрахунок людей може вестися шляхом виявлення із супроводом між кадрами. Такий сценарій використовується в магазинах при оцінці кількості покупців і довжини черги, коли камеру можна розмістити у входу в приміщення або в каси, однак його точність (достатня для даного застосування) залежить від ракурсу і якості трекінга.

Зенітне (стельове) розташування камери сприяє більшій точності, підвищує швидкість обробки інформації, спрощує методи підрахунку. У цьому випадку можна застосовувати методи на основі оптичного потоку, а також пошуку й супроводу голови людини. Їхня заявлена точність перевищує 95%, а помилка (коли за людей приймаються інші об'єкти) становить близько 10-20% (убік завищення). Це досить гарна точність. Проблеми можуть виникнути, якщо істотну частину минаючих у контрольованій зоні людей становить персонал або відвідувачі з візками, великими сумками або коробками, а крім того, якщо поруч із камерою стоїть охоронець, хтось курить, говорить по телефоні або чекає когось.

Виявлення асоціального поводження

Ще одне застосування відеоаналітики – виявлення асоціального поводження. Бійки, хуліганське поводження можна виявляти по сплесках активності. Для цього проводиться аналіз історії руху об'єктів (людей), виявлення загального рівня сплесків і нерівномірностей руху, перегони. На основі зібраної статистики виносяться рішення про нестандартне поводження. При цьому для зменшення числа помилкових спрацьовувань необхідна фільтрація подій. Для навчання системи використовуються відеоролики.

Аналіз поводження звичайно починається з відстеження траєкторії об'єкта, наприклад декількох осіб у кадрі. Потім аналізується допустимість цієї траєкторії для даного об'єкта. Можна спробувати ідентифікувати об'єкт. Однак «детектор бійок» практично не має успішних реалізацій, оскільки таке завдання складно сформулювати: те саме поводження людей може в одній ситуації означати бійку, в іншій – зустріну старих друзів. До того ж система повинна враховувати контекст поводження, щоб визначити його адекватність. Однак вирішити подібне завдання засобами відеоаналітики все-таки можна – необхідно її сегментувати.

Виявлення асоціального поведіння засобами відеоаналітики поки що залишається проблематичним. Хоча система автоматично підбудовується до загального рівня руху в кадрі, для її якісної роботи воно повинне бути досить рівномірним (без наявності автомобілів і великих об'єктів, що рухаються), а при відсутності різких рухів виявити тривожну ситуацію складно. Проте при використанні стельових камер точність виявлення асоціального поведіння становить приблизно 90% (10% – помилкові спрацьовування), а для вуличних камер – 80%.

У будь-якій системі відеоспостереження важливі не тільки точність виявлення подій, але й відсоток помилкових спрацьовувань. Наприклад, при 10-процентному показнику на 10 тис. подій буде доводитися тисяча помилкових спрацьовувань. Користуватися такою системою неможливо, особливо при великій кількості камер, тому завжди потрібно брати до уваги ймовірність помилкового спрацьовування.

Віддалене відеоспостереження

Щоб бути в курсі того, що відбувається на контрольованому об'єкті, можна застосовувати й більш прості методи. Усе більше популярним стає відеоспостереження з використанням мобільних пристроїв, однак користувачів не завжди влаштовує «живе відео». Спрацьовування тривоги при будь-якому русі в кадрі тільки дратує.

Весь запис розбивається на події, тому відео, що не представляє інтересу, можна ігнорувати. Та й обсяг відеоархіву зменшується в десятки тисяч разів. Добовий архів можна переглянути за п'ять хвилин у зручний час. Для цього компанія розробила мобільний додаток зі зручним інтерфейсом. Відео автоматично завантажується на пристрій, а тривожні події супроводжуються звуковим сигналом і/або вібрацією. При такому варіанті відеоспостереження людина може переглянути відео не тоді, коли на контрольованому об'єкті щось відбувається, а коли може це зробити.

Клієнтський додаток авторизується на віддаленому сервері, де здійснюється відбір відеофрагментів за допомогою відеосемантики – розбивки того, що відбувається в поле зору камер, на логічні сюжети з вибором ключових кадрів, що пояснюють зміст цих сюжетів. Відеосемантика, на відміну від цілого ряду функцій відеоаналітики, реально працює навіть у юрбі. Система фіксує нестандартне поведіння людей перед камерами й залишає ключові кадри на екрані до старіння інформації. Важливі події не зникають із екрана, якщо на них ще не звернули уваги.

Тим часом є цілий ряд завдань, де й складних методів відеоаналітики недостатньо – доводиться звертатися до алгоритмів (про їх уже говорилося вище) і системам машинного зору.

Машинний зір і промислові камери

Система машинного (технічного) зору – це набір програмно-апаратних засобів для захвату, обробки й зберігання зображення об'єктів або відеоряду, отриманого у видимому або невидимому (ІЧ) спектрі або іншому способі. Система ІР-відеоспостереження – окремий випадок системи машинного зору. По способах обробки інформації вони практично не відрізняються. Однак камери машинного зору дозволяють вивести відеоаналіз на новий рівень. Як правило, вони застосовуються в промисловості для візуального контролю якості й комплектації, керування машинами.

Найцікавіша область використання інтеграції з ІР-відеосистемами – ідентифікація й облік. «Одне з основних відмінностей систем машинного зору полягає в тому, що сцена, як правило, фіксована. Ми знаємо, що шукаємо, і націлені на визначення параметрів об'єкта, його геометричних і цифрових характеристик. Тому ідентифікація й облік – саме та область, де придадуться переваги машинного зору. Ці системи надають на порядок більше докладну інформацію про об'єкт, чим ІР-камери. Можна одержувати чисельні оцінки й застосовувати класичні методи ідентифікації об'єктів».

У машинному зорі будь-яка встановлена камера вимагає калібрування, а дозвіл камер може досягати 70 Мпкс. Дозвіл і швидкість (сотні кадрів у секунду з дозволом HD) – ключові параметри, по яких камери машинного зору перевершують ІР-камери. Перші не

заміняють других, а надають більше даних і можливостей для аналізу. Це дозволяє використовувати камери машинного зору в краш-тестах, для аналізу швидко, що протікають процесів, у спорті та ін. У них застосовується широкий спектр матриць і інтерфейсів. Лінійні камери машинного зору дозволяють одержувати лінійну «розгорнення» об'єктів.

Для камер машинного зору є широкий вибір засобів розробки ПЗ (це не «коробковий продукт»). З їхньою допомогою можна вимірювати й ідентифікувати об'єкти самих складних форм, підраховувати виробу із заданими параметрами, збирати статистику.

Матричні камери забезпечують зйомку з дозволом 71 Мпікс зі швидкістю 3 кадри в секунду, з дозволом HD (1920×1080) – більше 340 кадрів у секунду, VGA (640×480) – 600 кадрів у секунду. Лінійні камери мають дозвіл 2-12 тис. пікселів і швидкість до 140 тис. кадрів у секунду. Інакше кажучи, по своїх можливостях камери машинного зору на 1-2 порядки перевершують IP-камери, але вони значно дорожче й використовують дорогу оптику.

Технології машинного зору дозволяють гнучко маніпулювати дозволом і швидкістю. Та сама камера дає можливість вибирати ці параметри. Вибір оптики значний, але корекція оптичних перекучувань вимагає складних алгоритмів. Камери машинного зору можна з вигодою використовувати для розпізнавання осіб, малих об'єктів або об'єктів, що перебувають у широкому полі зору, – для рішення тих завдань, з якими погано справляються камери IP-відеоспостереження. Вони передають на порядок більше інформації, що висуває особливі вимоги до інтерфейсів камер і мережам передачі даних, тому IP-камери не можуть їх замінити. Ще один цікавий напрямок, що дозволяє одержати більше інформації про спостережуваний об'єкт, – відеоаналітика 3D.

Від 2d до 3d

При спостереженні за тривимірним миром за допомогою 2D-камери губиться інформація, необхідна для відеоаналізу. «Причина невдач 2D-аналітики в тому, що мир тривимірний, а одержуване зображення двовірне. Недолік інформації заповнює гіпотезами й припущеннями, які, як підтверджують відомі оптичні ілюзії, не завжди виправдуються. Опис тривимірних об'єктів у термінах двовірних проєкцій складно й громіздко, тому двовірна відеоаналітика найчастіше із працею справляється навіть із відносно простими завданнями, наприклад з ідентифікацією об'єктів».

Природний крок – перехід до тривимірного відеоспостереження. Відомо кілька способів одержання тривимірного зображення. Один з них, лазерне сканування, займає досить тривалий час – десятки хвилин, тому для відеоспостереження за людьми не підходить. Інший метод – структуроване підсвічування у вигляді горизонтальних ліній і аналіз скривлення цих ліній (як у приставці Kinect). Недоліки – мала дальність і неможливість роботи на сонці. Третій спосіб заснований на факті кінцівки швидкості світла – вимірюється час відбиття світла від об'єктів на різній відстані. Цей перспективний метод зараз активно розвивається, але в нього є серйозні обмеження, насамперед пов'язані з невеликою відстанню до об'єкта, що повинен висвітлюватися активним підсвічуванням.

Джерела проблеми розпізнавання осіб – невірний ракурс (при ракурсі 15% жоден з існуючих алгоритмів не здатний розпізнати особа), міміка, макіяж, вуси й борода, окуляри. Тривимірний машинний зір допомагає вирішити багато хто з перерахованих проблем. Для відеоаналітики використовуються 3D-Моделі об'єктів реального миру. Знання абсолютних координат і розмірів об'єктів спрощує їхню сегментацію й виділення, дає можливість, наприклад, відокремити об'єкт від тла або розділити два об'єкти в кадрі. Ефективніше вирішується завдання ідентифікації об'єктів і підвищується вірогідність розпізнавання осіб (по 3D-Моделі особи) у різних ракурсах. За даними тривимірної траєкторії можна зробити виводи про поведінку об'єкта.

3D-система дозволяє побудувати об'ємну модель особи й розгорнути це синтетичне зображення для точного розпізнавання з використанням бази 2D-осіб. Для роботи системи потрібно ПК із процесором Intel Core i7 і двома графічними прискорювачами. Цикл обробки займає 2–3 сек. Така система може стати, наприклад, ефективним помічником у боротьбі із

правопорушеннями. 2D-відеоаналіз наближається до границь своїх фізичних можливостей. Наступний великий крок у відеоаналізі – перехід до 3D

У відеоаналітики поки ще багато обмежень, не завжди зрозумілих замовникам. Звідси й помилкові очікування. Тим часом з'являється усе більше потужних і гнучких систем відеоаналітики, що дозволяють вирішувати різні завдання. Вони орієнтовані на різні сегменти ринку й можуть не тільки забезпечувати безпеку, але й підвищувати ефективність роботи організацій – наприклад, підраховуючи число відвідувачів і/або віддалено контролюючи операції на об'єктах. А обробка й аналіз відеоархівів дають можливість швидко витягати необхідну інформацію й допомагають у розслідуванні інцидентів. З удосконалюванням аналітичних алгоритмів і збільшенням обчислювальних потужностей процесорів, застосовуваних у серверах і камерах відеоспостереження, можливості таких інструментів значно розширюються.

Розробка структурної схеми

Основні об'єкти відеоаналітики – люди й автомобілі. Саме їм розроблювачі відповідних рішень приділяють основну увагу. Однак сучасні технології дозволяють знайти аналізу відео більше широке застосування – як у системах охоронного відеоспостереження, так і в інших додатках.

Ринок відеоспостереження сильно фрагментований: на ньому представлені різноманітні технології й напрямки, а оскільки ця фрагментація тільки підсилюється, до остаточного його становлення ще далеко. На його формування впливають такі глобальні тенденції, як поширення хмарних технологій, Більші Дані, мобільні додатки, стандартизація (ONVIF) і, звичайно ж, що триває перехід на IP-системи. Всі ці фактори враховуються при розробці нових продуктів.

Однак, з погляду оператора системи відеоспостереження, розвиток IP-технологій не привело до значних змін його роботи, хіба що воно дозволило одержувати зображення з камер, що перебувають на великому видаленні. Кардинальні зміни може принести розвиток відеоаналітики, у тому числі убудованої, адже сучасні IP-камери фактично являють собою комп'ютер, здатний не тільки стискати відео, але й реалізовувати функції, що істотно підвищують ефективність системи. Відеоаналітика змінить ринок відеоспостереження в ще більшому ступені, чим перехід на IP.

Перехід з аналогової технології на IP привів до зміни технічної складової, але не змінив суті відеоспостереження: воно так і залишилося «спостереженням». З появою відеоаналітики фокус зміщається до аналітичної обробки подій. Це дозволить у найближчому майбутньому аналізувати картину того, що відбувається в місті або на об'єкті з різних точок зору й відповідно до конкретних завдань різних груп користувачів – від правоохоронних органів до приватних осіб.

За прогнозами TechNavio, у найближчі чотири роки світовий ринок відеоаналітики буде рости випереджальними темпами – у середньому на 30% щорічно, і до 2025 року його оберт досягне 1,2 млрд доларів. При цьому середньорічні темпи росту всього ринку відеоспостереження складуть 13%. В Україні цей сегмент здатний рости на 37% у рік, але економічна й політична ситуація може внести корективи в настільки оптимістичні прогнози.

Інтелектуальні ресурси розроблювачів будуть спрямовані на ті вертикальні ринки, які одержують або стануть одержувати фінансування. Наприклад, регіони підтримують різні програми «безпечне місто». І розроблювачі пропонують пакети відеоаналітики, орієнтовані на завдання глобального моніторингу – наприклад, по визначенню автомобільних номерів, контролю швидкісного режиму, виявленню загорянь, аналізу звуку й т.д.».

Відеоаналітика ділиться на спеціалізовану (рішення для сил забезпечення правопорядку, транспортної галузі й т.д.) і «аналітикові для всіх» (рішення для масового ринку). Відповідно, ринкові гравці фокусуються на різних напрямках.

Прогрес в області відеоаналітики відбувається за рахунок спеціалізованих систем. Це дорогі, не «коробкові» рішення, що вимагають грамотного налаштування. Але поступово передові технології відеоспостереження проникають у масовий сегмент: камери

оснащуються усе могутнішими процесорами, що дозволяє вирішувати досить складні завдання. Наприклад, камера Bosch формує потік метаданих на основі аналізу того, що відбувається в полі її зору. В остаточному підсумку це дозволяє сформувати базу даних всіх фіксуємих подій, що повинне значно спростити завдання пошуку у відеоархіві й оптимізувати зберігання даних.

Це одна з головних тенденцій. Наприклад, колись детектор руху був окремим пристроєм, а зараз ця функція убудована в більшість камер. Те ж буде відбуватися й з формуванням метаданих. Камери Bosch, Sony, Samsung і ряду інших вендорів уже мають такі можливості. Метадані пропонується збирати й використовувати відповідно до налаштовуваних користувача сценаріями.

Всім вже знайома технологія розпізнавання номерів автомобілів. Раніше для її використання було потрібно встановлювати спеціальним образом камери. Після того як дозвіл камер збільшилося, необхідність у цьому відпала. Цю технологію можна застосовувати в масових рішеннях, зокрема для пошуку автомобілів. У свою чергу, системи для розпізнавання осіб можуть мати як спеціальне, так і широке застосування – наприклад, для пошуку в архівах.

Типовим завданням відеоаналітики залишається швидкий пошук в архівах, наприклад при розслідуванні інцидентів. Ще одна цікава функція – спостереження за об'єктом за допомогою оглядової камери з одночасним керуванням поворотною камерою (трекінг). Мегапіксельні оглядові камери, що відрізняються високим дозволом, дозволяють контролювати величезні території, завдяки чому досягається істотна економія. Наприклад, камера може відслідковувати перетинання людиною віртуальної лінії й автоматично перемикається між всіма об'єктами, що рухаються, охоплюючи велику територію. І це лише один із прикладів використання відеоаналітики.

Виділяють наступні найважливіші завдання, у рішенні яких допомагає відеоаналітика:

- первинна обробка відеоархіву з виділенням ключових подій, наприклад, щоб заощадити час оператора, що займається пошуком потрібної події;
- оптимізація відеоархіву шляхом запису на пристрій зберігання тільки ключових подій, що дозволяє істотно зменшити обсяг даних, що зберігаються;
- контроль за переміщенням об'єктів у кадрі, коли по відеозаписі можна визначити порушення порядку або правил руху;
- верифікація тривожних подій при активізації функцій «детектор черг», «детектор бійок», «детектор залишених предметів» і ін.;
- оперативне реагування на тривожні події, що виявляються завдяки використанню на об'єкті відеокамер.

Відеоаналітика – це виділення на відеозаписі значимих подій для подальшого реагування на них заздалегідь певним способом. Для цього застосовуються спеціальні аналітичні алгоритми. Роботу з відеозображенням можна класифікувати відповідно до трьох класів таких алгоритмів:

- Порівняння пікселів. Сюди ставляться детектори руху, детектори залишених предметів і т.д., які не є засобами відеоаналітики, але саме на цьому рівні реалізована більшість алгоритмів.
- Розпізнавання об'єктів, тобто визначення класу об'єкта по його відеозображенню й подальше порівняння з базою даних об'єктів. Сюди входить детекція осіб, розпізнавання номерних знаків і т.д. Це аналітика щодо простого рівня.
- Вивчення поведінки й трекінг об'єктів у кадрі. В основу цих рішень покладені складні алгоритми. У більшості випадків важко скласти алгоритм, що надійно описує можливе поведінки об'єкта в кадрі. Ще сутужніше здійснювати «передачу» об'єкта з однієї відеокамери на іншу.

Практичний приклад – спостереження за людьми в метро. Допустимо, одна з камер зафіксувала, що людина з відомими прикметами зайшов у метрополітен з небезпечним багажем. Коли це з'ясувалося, він уже сіл у поїзд і виїхав на іншу станцію. Як його знайти на

відеозаписах камер, установлених на інших станціях, і об'єднати ці відеозаписи? На допомогу приходить відеоаналітика, що вміє працювати з ідентифікацією й базами даних. Проблема в тому, що в даній області будь-яка високотехнологічна система створюється з урахуванням конкретних умов, тому її наступний перенос на інші об'єкти виявляється утруднений. Сьогодні попросту відсутній математичний апарат, що дозволяє ідентифікувати та або інша подія з належним рівнем надійності, без залучення величезних обчислювальних потужностей.

Однак, подібні завдання актуальні не для кожного клієнта – найчастіше користувач обмежується набором простих функцій, які дозволяють йому визначати якийсь набір подій, що не вимагають складного аналізу. У таких випадках доречна реалізація щодо простих аналітичних алгоритмів усередині відеокамер («убудована аналітика»).

Прості детектори руху – це ще не аналітика: для ухвалення рішення потрібно мати дані про напрямок переміщення об'єкта. Щоб витягти цю інформацію з відеопотоку, можна використовувати сервер зі спеціалізованим ПЗ або більше розвинені можливості камери.

Алгоритми відеоаналізу повинні бути уніфіковані, тим більше що завдання безпеки для багатьох об'єктів схожі. Використання ж ресурсів для рішення вузькоспеціалізованих завдань не буде ефективним через обмежений попит і більші витрати на розробку. Особливий інтерес представляють алгоритми для оповіщення про «нестандартне» поведінку об'єктів, що зменшують кількість фіктивних тривог.

Розповсюджені сьогодні алгоритми – детектори руху, перетинання віртуальної риси, вторгнення, залишених предметів і осіб – розроблялися для цілей охоронного відеоспостереження. Вони були призначені винятково для фіксації подій несанкціонованої або несвоечасної появи/зникнення людей або предметів зі спостережуваної зони. Не можна сказати, що за минулі роки потенційні замовники повністю розібралися в можливостях відеоспостереження й відеоаналітики, але формулювати свої вимоги до систем безпеки стали точніше. Тому сьогодні основна тенденція – адаптація прикладного програмного забезпечення до вимог замовника.

Усе більше потужних і гнучких систем відеоаналітики включається в інтегровані системи безпеки. Вони дозволяють вирішувати різні завдання – як у режимі реального часу, так і при аналізі подій у записі.

Відеоаналітика й керування підприємством

Відеоаналітикові можна використовувати не тільки для завдань безпеки й підрахунку відвідувачів магазинів. На підприємствах вона може застосовуватися для контролю за рівнем якості й строками виконання завдань, для підвищення продуктивності, навчання й мотивації персоналу. Система відеоспостереження з інтелектуальними функціями дозволяє накопичувати дані для прийняття рішень. Це можуть бути дані про покупців – їхній кількості, маршрутах і т.д. Завдання Video BI (бізнес-аналітики на основі інтелектуального відеоспостереження) – зібрати ці дані й перетворити їх у корисну інформацію для прийняття управлінських рішень. Наприклад, на будівельному майданчику Video BI допомагає заощадити засобу, фіксуючи в автоматичному режимі в'їзд техніки на об'єкт і виїзд із території. Якщо підключити дані про субпідрядників з фінансової системи, то вийде потужний інструмент для контролю витрат на будівельному об'єкті. Така система окупається вже в перший місяць будівництва й дозволяє заощадити понад 10% операційних витрат. При пошуку в архіві, увівши через Web-інтерфейс номер замовлення й атрибути виконавця, можна одержати кадри з об'єктів і переглянути відео. Це приклад того, як відео стає інструментом контролю». Рішення дозволяє стежити за ступенем готовності об'єкта, допомагає боротися зі злочинством матеріалів і встаткування, розслідувати події.

Інший приклад – логістичний центр, де система бізнес-аналітики, інтегрована зі СКУД, дозволяє вводити ідентифікатори посилок і фіксувати номери автомобілів, що під'їжджають до складу або сортувального вузла. Ці дані стають тегами для відео. За номером відправлення можна подивитися, як посилка оброблялася й куди її помістили.



Рисунок 1 – Структурна схема системи

В автосервісі відеоаналітика дозволить чітко контролювати операції по обслуговуванню клієнтів і запобігати зловживанням. На складальних виробництвах відео в сполученні з даними про технологічний процес допоможе підвищити рівень контролю якості.

Таким чином, у сучасних організаціях Video BI перетворюється в джерело інформації для керівників. Крім того, відео можна використовувати для реклами, традиційного забезпечення безпеки, показу на сайті компанії й т.д. Завдяки інтеграції з корпоративною базою дані відомості в реальному часі надходять в інформаційну систему (ERP, CRM), а при необхідності прийняття співробітниками оперативних рішень можна відправляти повідомлення на їхні користувацькі пристрої.

Тим часом ринок Video BI сильно фрагментований: розробка таких рішень вимагає детального вивчення предметної області й ситуації на стороні замовника. Ми бачимо три сегменти, суміжних з Video BI. Насамперед це ринок BI + CPM (Corporate Performance Management), що, як очікується, до 2025 року досягне 18 млрд доларів, причому очікувані аналітиками середньорічні темпи росту складуть 7%. Інший суміжний сегмент – Video Surveillance as a Service (VSaaS). Прогноз для нього – 2,4 млрд доларів при середньорічних темпах 30%. Нарешті, ринок Video Content Analytics (VCA) виросте до 1,2 млрд доларів (на 25% у рік), а сам ринок Video BI – до 1,9 млрд доларів (30% росту).

Перспективні галузі для застосування Video BI – роздрібна торгівля, будівництво, виробництво, ПЕК, соціальні об'єкти – можуть бути цікаві постачальникам систем BI і відеоспостереження, а також стартапам. Однак, на відміну від охоронного відеоспостереження, відеоаналітика повинна враховувати відповідні бізнес-процеси. Крім того, потрібно більше чітке обґрунтування ROI.

Через різноманіття користувачів, а це практично все співробітники компанії – від інвестора/директора до виконавця, системам Video BI необхідний зручний і простий Web-інтерфейс. А для успішного розвитку даного ринку потрібні бюджетні рішення.

Як у будь-якої нової технології, ризики впровадження в Video BI високі, однак потенціал у ринку досить великий, коло потенційних користувачів широкий, а пропозицій небагато. Його ємність більше, ніж у ринку відеоспостереження в системах безпеки, а ріст може бути значнішим.

Поки головним споживачем рішень в області відеоаналітики є сфера роздрібною торгівлі. Рітейл поступово починає усвідомлювати, що потенціал, закладений у камерах відеоспостереження, не обмежується тільки запобіганням втрат. За допомогою камер можна збирати безліч корисної інформації про покупців і їхнє поведіння – від підрахунку

відвідувачів і виявлення найбільше часто відвідуваних зон магазину до оцінки ефективності викладення товару й визначення підлоги й віку відвідувачів.

Грамотний аналіз і використання отриманих даних дозволяють значно підвищити ефективність роботи як окремо взятої торговельної точки, так і всієї мережі в цілому. Так, наприклад, на підставі даних про «гарячі» і «холодних» зонах магазину, отриманих за допомогою відеоаналітики, було проведено перепланування торговельного залу, що дозволило на 20% підвищити рівень продажів окремих категорій товару.

Особливий інтерес представляють відеоаналітичні рішення, убудовані в камери відеоспостереження, – наприклад, функції підрахунку відвідувачів або визначення довжини черги. Аналітичні модулі в камерах обробляють отримане відео й видають тільки потрібну користувачеві інформацію. Ніякого центрального встаткування, ніяких проблем з каналами зв'язку – все просто, ефективно й дуже економічно.

Розумне місто

Розвитку відеоаналітики сприяє також збільшення обчислювальної потужності серверів і використання апаратних транскoderів H.264. Серверне рішення з потужною відеокартою забезпечує висока швидкодія при обробці потокового відео HD. У схемах з розподіленою обробкою сервери на площадці замовника можуть обробляти основний потік даних і передавати на верхній рівень (наприклад, у хмару) дані меншого обсягу. Вендори й інтегратори поступово накопичують досвід побудови розподілених систем відеоаналітики, у тому числі в масштабах міста.

Ще десять років тому вважалося, що ефективність системи «безпечне місто» залежить від кількості камер, однак коли їх стає досить багато, оператори перестають справлятися з оперативним спостереженням, та й знайти що-небудь у відеоархівах стає неможливо. Але ж місто – це не тільки тисячі камер, але й інші пристрої фіксації подій: детектори транспорту, пожежні та інші датчики, системи «громадянин-поліція». При цьому різні служби відповідають за різні сфери діяльності й мають потребу у візуалізації подій різних типів. Нерідко потрібно одержувати агреговану інформацію про що відбувається.

У системах відеоспостереження рівня «безпечне місто» відеоаналітика – від простих детекторів руху до спеціальних систем виявлення загорянь і інших засобів моніторингу – стає незамінним помічником оператора. Вона покликана позбавити людини від перегляду безлічі екранів, допомогти йому аналізувати обстановку й приймати правильні рішення, адже, по статистиці, один оператор може ефективно спостерігати не більш ніж за 16 камерами, а за 22 хв. роботи його ефективність падає до 5%.

Щоб упоратися із цим завданням, потрібно мати можливість описати все, що відбувається в поле зору камер, за допомогою набору метаданих, переданих в аналітичні системи.

Відеоаналітика допомагає оцінити ситуацію, зрозуміти, що відбулося, швидко знайти потрібні фрагменти у відеоархіві. У ситуаційних центрах такі інструменти підказують шляхи рішення проблеми. Системи міського рівня звичайно будуються по ієрархічному принципі: рішення, розгорнуті в будинках, виконують своє коло завдань, відтинаючи помилкові спрацьовування й передаючи на рівень вище більш значимі дані.

Системи масштабу міста генерують близько 10 млн подій у день, причому мова йде аж ніяк не про мегаполіси. Це можна зіставити із завданнями, розв'язуваними із залученням аналітики Больших Даних. Необхідний єдиний інструмент для керування всією міською інфраструктурою, щоб забезпечити можливість побудови єдиної картини того, що відбувається для поліції, транспортних служб, підприємств ЖКХ. Тим часом більшість вендорів пропонує окремі системи. Єдина система дозволяє корелювати події з різних підсистем. В IBM є продукти для таких підсистем – від програм для реалізації соціальної підтримки громадян до систем забезпечення безпеки й аналізу баз даних (BI). Флагманське рішення – Intelligent Operation Center.

Інфраструктурні підсистеми є для інформаційної системи IBM джерелом даних або приймають від її команди й вказівки, а відеоаналітика відіграє ключову роль у прийнятті

рішень. В інформаційну систему можна інтегрувати системи сторонніх вендорів і обмінюватися з ними інформацією через спеціальні шлюзи. Передбачені також інструменти для складання прогнозів і виводу звітів. У результаті ІС допомагає приймати рішення на основі максимально повних даних.

Такі рішення накладають на систему відеоаналітики певні вимоги: до числа її необхідних властивостей ставляться незалежність від типів камер і відеосерверів, мінімальна вимогливість до формату і якості відеопотоку (далеко не всі міські камери мають високий дозвіл), максимальна відкритість функцій системи й гнучкість при інтеграції, зручний інтерфейс моніторингу подій, потужні засоби пошуку й аналізу накопичених в архіві даних про події, максимальна простота розширення й доробки функцій системи для обліку специфічних вимог замовників.

Система відеоаналітики IBM Intelligent Video Analytics (IVA) являє собою надбудову до системи відеоспостереження й складається із двох рівнів. На першому підсистема обробки відео збирає відеопотоки й обробляє їх, а на другому рівні потік, що з'являється в результаті, метаданих описує події, що відбуваються. Метадані (які характеризують колір об'єкта, його тип, швидкість, траєкторію й т.д.) надходять на сервери для постобробки й записуються в сховище. Метадані й відео зберігаються окремо, але система забезпечує однозначний зв'язок між ними.

Нерідко помилкові спрацьовування в системах відеоаналітики зводять нанівець всю користь від них. Система повинна генерувати мінімальну кількість помилкових спрацьовувань і пропусків, інакше її використання виявляється не вигідним з економічної точки зору. Оцінювати ефективність рішення потрібно в реальних умовах, тому пілотні проекти обов'язкові. Бажано відкрите порівняльне випробування систем. Корисні функції – багаторівневі карти ГІС, побудова панорам і аналітика на них. Одна поворотна камера з підтримкою аналітики дозволяє замінити кілька фіксованих камер.

Майбутнє – за великими інтегрованими й розподіленими аналітичними мережами. Адже чим ширше охопт територія, тим більше глибоко кожний користувач може поринути в контекст що відбувається. Наприклад, зараз багато роздрібних магазинів цікавляться можливістю аналізувати топологію потоків покупців на своїх торговельних площах за допомогою внутрішніх камер і відповідних засобів відеоаналітики. Зв'язавши свою систему із загальноміським, вони одержать можливість не тільки аналізувати потоки усередині магазину, але й визначати, звідки приходять покупці, на якому транспорті приїжджають. Виграш і для маркетингу, і для повсякденної операційної діяльності очевидний. Крім того, було б надзвичайно цікаво інтегрувати системи відеоаналітики з іншими джерелами подій – від різних датчиків і турнікетів до, наприклад, повідомлень у соціальних мережах, – створюючи тим самим єдиний пул подій.

Моніторинг і контроль якості

У масштабних розподілених системах відеоспостереження дуже актуальної стає завдання моніторингу й контролю якості.

Необхідно було розділити відповідальність між власниками камер і каналів зв'язку. Його можна використовувати для керування конфліктами в будь-якій великій системі відеоспостереження. Якщо кількість камер перевищує кілька сотень, то ймовірність виникнення розбіжностей різко зростає. Цьому сприяє й число учасників проекту (звичайно їх більше трьох). Моніторинг якості допомагає прийти до конструктивного діалогу між сторонами й дозволяти протиріччя.

Говорити про революцію, що зробить використання відеоаналітики в системах відеоспостереження. Є безліч стримуючих факторів: недосконалість аналітичних алгоритмів, потреба у великій обчислювальній потужності, висока вартість реалізації, наявність систем безпеки й СКУД, які найчастіше дають більше інформації для аналізу, чим відеозображення.

За останні 10–15 років продуктивність комп'ютерної техніки зросла на порядок, однак і системи відеоспостереження не стояли на місці. Більше вимогливими стали користувачі: тепер їм необхідно відео з дозволом не менш 1–2 мегапікселів із частотою 25 кадрів у

секунду. Крім того, сьогодні є рішення аж до десятків мегапікселів – наприклад, 29-мегапіксельна камера Avigilon Pro дозволяє спостерігати за цілим сектором стадіону й має можливість цифрового збільшення до дозволів, придатних для розпізнавання осіб.

Найбільш перспективні напрямки розвитку відеоаналітики: універсалізація аналітичних інструментів; створення комплексних систем, що поєднують безліч інструментів усередині одного програмного комплексу; перенос частини аналітичних функцій у відеокамери для розвантаження серверів; перенос частини аналітичних функцій у хмару; оптимізація алгоритмів; підвищення зручності й ергономічності керування аналітичними системами.

У першу чергу будуть розвиватися засоби відеоаналітики для розпізнавання порушень правил дорожнього руху (перевищення швидкості, проїзд на червоне світло, порушення правил паркування та ін.) – реалізація цих проектів швидко приносить значні засоби в місцеві бюджети, а їхня окупність становить кілька місяців. Підтвердженням може служити достаток камер на дорогах. Інша активно впроваджувана технологія – розпізнавання осіб для цілей безпеки й для запобігання розкрадань у банківських офісах і банкоматах. Фінансування державою проектів по безпеці дозволяє проводити масштабні розробки й швидке впровадження.

Висновки. У статті наведені теоретичне узагальнення й рішення наукового завдання дослідження методів збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

Рішення даного завдання полягало у вирішенні наступних задач:

- Був проведений огляд існуючих систем збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.
- Досліджена система збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.
- На основі отриманих результатів досліджень створена програмна реалізація системи збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики.

Розроблені під час виконання випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти алгоритми дозволяють успішно вирішувати завдання збору, представлення, обробки, зберігання, передачі та доступу до інформації мережевої відеоаналітики. 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. Smirnov, O., Neskorodieva, T., Fedorov, E., Rudakov, K., Neskorodieva, A. «Method Detection Audit Data Anomalies on Basis Restricted Cauchy Machine» CEUR Workshop Proceedings, Volume 3187, 2022,
2. Smirnov O., Smirnova T., Anas M. Al-Oraiqat, Driciev O., Polishchuk L., Sheroz 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.
3. 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>
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Smirnov O., Kuznetsov A., Kiian A., Kuznetsova T. «Non-binary constant weight coding technique». CEUR Workshop Proceedings. Volume 2740, 2020, Pages 102-114.

8. 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.
9. 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.
10. Smirnov O., Kuznetsov A., Onikiychuk A., Makushenko T., Anisimova O., Arischenko A. «Adaptive pseudorandom 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Averchev, A., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., «Formation of Pseudorandom Sequences with Special Correlation Properties», *2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT -2019/ Lviv, Ukraine, 2-6 July, 2019*, P. 395-399.
22. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kavun, S., Babenko, B., Nakisko, O., Kuznetsova, K., «Malware Correlation Monitoring in Computer Networks of Promising Smart Grids», *2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS)*, Kyiv, Ukraine April 17-19, 2019 P. 347-352.
23. Smirnov, O., Kuznetsov, A., Kovalchuk, D., Pastukhov, M., Kuznetsova, K., Prokopovych-Tkachenko, D., «Discrete Signals with Special Correlation Properties», *CEUR Workshop Proceedings Volume 2353*, *CEUR Workshop Proceedings 2019*, Pages 618-629.
24. Smirnov A.A., Kuznetsov A.A., Danilenko D.A., Berezovsky A., «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», *Telecommunications and Radio Engineering. – Volume 74, Issue 1. – Begel House Inc. – 2015. – P. 61-78*.
25. Smirnov O., Kuznetsov A., Kovalchuk D., Kuznetsova T. «New Technique for Hiding Data in Cover Images Using Adaptively Generated Pseudorandom Sequences». *CEUR Workshop Proceedings Volume 2732*, 2020, Pages 214-227.
26. Батрак О., Смірнова Т., Гнатюк В., Одарченко Р., Смірнов О. «Дослідження показників ефективності функціонування та перспектив розвитку систем IP-телефонії». *Підводні технології*, 2024, № 13, с. 28-35.