

УДК 621.397'06

Д.І. Мусієнко

ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВІДЕОАНАЛІТИКИ

У статті викладено основи роботи сучасних систем відеоаналітики. Узагальнено результати аналізу проблемних ситуацій роботи систем відеоаналітики. Показано переваги та недоліки різних типів архітектур побудови систем відеоспостереження з елементами відеоаналітики. Наведено результати експлуатаційних випробувань модулів відеоаналітики однієї з відомих систем відеоспостереження.

Ключові слова: відеоаналітика, піксель, відеопотік.

В статье изложены основы работы современных систем видеoaнaлитики. Обобщены результаты анализа проблемных ситуаций работы систем видеoaнaлитики. Показаны преимущества и недостатки различных типов архитектур построения систем видеонаблюдения с элементами видеoaнaлитики. Приведены результаты эксплуатационных испытаний модулей видеoaнaлитики одной из известных систем видеонаблюдения.

Ключевые слова: видеoaнaлитика, пиксель, видеопоток.

Bases of work of modern systems of videoanalytics are stated. Results of the analysis of problem situations of work of the systems of videoanalytics are generalised. Advantages and shortcomings of various types of the architecture of the creation of systems of video surveillance with video analytics elements are shown. The results of operational tests of the modules of videoanalytics of one of the known systems of video surveillance are given.

Keywords: videoanalytics, pixel, videostream.

Відеоаналітика (videoanalytics) – апаратно-програмне забезпечення або технологія, що використовує методи комп'ютерного зору для автоматизованого збору даних на підставі аналізу потокового відео (відеоаналізу). Відеоаналітика спирається на алгоритми обробки зображення і розпізнавання образів, що дозволяють аналізувати відео без прямої участі людини. Відеоаналітика використовується у складі інтелектуальних систем відеоспостереження (ССТV, охоронного телебачення), управління бізнесом (business intelligence, BI), відеопошуку та ін.

Базові функції

У цілому можна виділити такі базові функції відеоаналітики, на основі яких будуються усі інші функції її роботи.

1. Виявлення об'єктів (object detection). Як правило, виявлення об'єктів у полі зору камери проводиться за допомогою відеодетекторів руху. Основна відмінність відеоаналітики від ІЧ-датчиків руху полягає в можливості локалізації (виділенні) і незалежному аналізі відразу декількох об'єктів. Якщо рух не є достатньою ознакою для локалізації об'єкта в кадрі, то виявлення може проводитися

за допомогою шаблонів. Наприклад, виявлення облич людей, номерних знаків автомобілів або виявлення малорухомих морських цілей може бути реалізоване за допомогою ознак Хаара.

2. Стеження за об'єктами (object tracking). Алгоритми стеження (супроводи) дозволяють отримати окрему траєкторію руху об'єкта як у полі зору однієї камери, так і узагальнену траєкторію за даними відразу декількох камер. Стеження потрібне, щоб проаналізувати поведінку об'єкта за його траєкторією, наприклад, визначити рух людини проти потоку або рух із підвищеною швидкістю. Окрім цього, стеження потрібне для виключення повторних спрацьовувань систем відеоаналітики на одні і ті ж об'єкти. Професійні системи працюють за правилом “один тривожний об'єкт – одне спрацьовування” для досягнення високої продуктивності оператора.

3. Класифікація об'єктів (object classification). Деякі системи відеоаналітики класифікують об'єкти для фільтрації оперативних повідомлень або результатів пошуку. Наприклад, типовий класифікатор об'єктів, використовуючи ознаки форми і абсолютні розміри, розподіляє об'єкти на групи: людина, група людей, транспортний засіб. Складніші класифікатори в системах відеоаналітики можуть визначити навіть стать або вікову групу людини.

4. Ідентифікація об'єктів (object identification). Ідентифікація об'єктів є найбільш складним компонентом систем відеоаналітики. Сучасні системи дозволяють ідентифікувати людей за біометричними ознаками особи або транспортні засоби – за номерними знаками. Ідентифікація може бути реалізована за допомогою додаткових коштів за рамками відеоаналітики: на основі відбитків пальців, банківської картки, квитка, пропуску або ідентифікатора мобільного пристрою.

5. Виявлення (розпізнавання) ситуацій. Відеоаналітика дозволяє не лише виділяти об'єкти з потокового відео, але і розпізнавати тривожні ситуації на основі аналізу поведінки цього об'єкта. Така ситуаційна відеоаналітика може автоматично детектувати перетин сигнальної лінії, падіння людей, заборонену парковку, виникнення пожежі, тощо.

Технологія та концепція інтелектуальних систем відеоспостереження

Системи інтелектуальної відеоаналітики (Intelligent Video System – IVS) класифікують за рівнем їх складності. Продукти, які є на ринку, можуть запропонувати виявлення (детектування) низького рівня, що використовує один принцип, або можуть об'єднувати декілька разом для забезпечення більш високого рівня виявлення.

В дуже старих аналогових системах відеоспостереження фактично було прикріплено “зрячий” пристрій виявлення до скла екрану монітору, який спостерігав за візуалізацією зображень. Більш пізні технології аналізували оцифровані пікселі за допомогою програмного забезпечення.

Всі сучасні IVS використовують аналіз пікселів відеозображень, що вибираються в кадрах відеоряду (пікселі – це графічні кольорові точки або точки в градаціях сірого, які використовуються для того, щоб відобразити зображення на моніторі).

У багатьох системах оцифровані зображення перетворюються в стандартний для мультимедіа формат, відомий як MPEG-4, використовуючи різні методи

дискретизації та стиснення картинки, як, наприклад, DCT (дискретне косинусне перетворення) стиснення. Алгоритми стиснення із втратами, такі як ця, є компромісним рішенням – для досягнення більш високої швидкості передачі потоку відео знижують якість зображення та вимоги до обробки. Стиснення з втратами MPEG-4 – це свідоме видалення частини інформації, з метою зменшення об'єму інформації – передаються тільки зміни від кадру до кадру. При програванні відеоряду таке видалення інформації, при вдалих параметрах алгоритму стиснення, людським оком не буде сприйняте як спотворення або зниження якості зображення.

Щоб швидше виявити рух, багато технологій IVS використовують обробку відеоряду MPEG-4, що має менший об'єм інформації. Однак через зниження якості зображення (зображення спотворюється) знижується якість роботи функції детекції і зростає похибка роботи в складних сценаріях, наприклад, у сутінках. З іншого боку, використання формату MPEG-4 призводить до зменшення витрат на кабельне господарство, оскільки відео може бути передане по IP-мережі (в т.ч. і по безпроводовій) замість високовартісної аналогової проводки.

Кращі технології використовують відеоряд до того, як він буде стиснутий в MPEG-4. Це означає більш якісну картинку зображення і ширший діапазон вибору об'єкта для детекції. Це також означає більший об'єм пам'яті, що використовується, за умови якщо технологія IVS не знизить частоту дискретизації або відсоток пікселів, що використовуються. Використання не стиснених у формат MPEG-4 зображень вимагає підвищення вимог до кабельного господарства, безумовно, якщо обробка не здійснюється локально у відеокамері до стиснення у формат MPEG-4.

Технології IVS, які пропускають кадри та проводять вибірку рідше, зменшують вимоги до об'єму використовуваної пам'яті. Однак для детекції потрібен більший час, оскільки кадри розміщені в часі далі один від одного (висновок: для ефективного аналізу та виявлення потрібна якась мінімальна кількість кадрів). Це неприйнятно для виявлення у високошвидкісних сценаріях, де час, протягом якого об'єкт знаходиться в потрібній зоні, є надзвичайно обмеженим.

Тільки кілька систем, які вважаються топовими, працюють з відеорядом до стиснення з використанням усіх пікселів та високою частотою кадрів.

Наведемо деякі основи (концепти), котрі можуть використовуватися в доступних комерційних продуктах IVS:

– детекція локалізованих змін пікселя – поняття дуже просте. Цифрові зображення представлені в пікселях. Ці пікселі перетворюються в шкалу яскравості, а потім області пікселів перевіряються на зміни, які перевищують заданий поріг яскравості. На більшості систем ці установки, як правило, статичні, більш складні системи дозволяють зробити певні налаштування цих порогів, і тільки найбільш передові технології забезпечують декілька форм автоматичних порогів регулювання;

– повний розподіл пікселів: просте за задумом й обмежене поняття, забезпечує повне обчислення (всієї картини) в градаціях шкали сірого, використовується для того, щоб підрахувати розподіл коефіцієнтів і таким чином спостерігати за змінами, які відбуваються в межах градаційної шкали сірого. Якщо в підсумку виявлено значні зміни, сигнал тривоги генерується незалежно від події, буде це зміна зображення чи локальні або глобальні зміни в освітленні;

– зразки руху: виявляє зразок (шаблон) області в шкалі яскравості картинки, який переміщується в низці картинок;

– визначення розмірів об'єкта: технологія більш передова ніж локалізована зміна зображення. Намагається ідентифікувати і класифікувати форму і область в шкалі сірого – зміни в пікселях від зображення до зображення. Користуючись інструментами виміру, системи можуть виключити хибні аварійні сигнали, якщо вони належним чином класифіковані як об'єкт.

– поведінка: інноваційні інтелектуальні відеодетектори, що налаштовуються за допомогою аналізу зміни сірого від кадру до кадру. Поєднують декілька основ (концептів) із детектування аномалій та відхилень в об'єктах сцени, забезпечуючи свободу для фонові активності, підтримуючи встановлені обмеження та подолання перешкод. Використовує різні ідентифікатори руху і поведінки об'єкта для побудови складної логіки на основі аналізу та кваліфікації послідовностей виявлених сценаріїв поведінки.

Є різні типи інтелектуального відео у сфері IVS. Спектр починається від простих пристроїв, які реєструють будь-який рух взагалі, наприклад, такі, які вбудовані в нижній щабель цифрових фотоапаратів, до сучасних систем, котрі класифікують об'єкти та їх поведінку, компенсуючи помилкові тривоги та ілюзорні дії.

Тільки деякі системи пропонують гнучкість для складних сценаріїв детектування в реальному часі. Більшість із них обмежується спеціалізованим детектором з конфігурацією “один розмір підходить для всіх”, пропонують один тип детекції за один раз. Наприклад, залишений без догляду багаж виявлено, але не виявлено незаконно припаркований автомобіль. Крім того, виявляється, що детектор виявлення не може впоратися з численними сценаріями, які б людина відразу помітила, наприклад, предмет, викинутий з автотранспорту, що проїжджає, на відміну від сценарію, коли предмет вноситься в кадр або впав зверху (наприклад, із балкону).

Однотипні методи виявлення або “одне детектування в один момент часу”, як правило, залишають лазівки для порушення безпеки.

Проблемні сценарії для інтелектуальної відеоаналітики

І в закритому приміщенні, і на відкритому просторі існує велика кількість факторів, котрі можуть привести до змін в пікселях зображення або викликати помилкову тривогу. Спроможність сортування загроз та ігнорування безпечних подій, які людське око сприймає як належне, є однією з найбільших проблем для послідовного та візуально точного виявлення руху.

У поданій нижче таблиці описані проблемні сценарії, які технології IVS часто не в змозі подолати, та в результаті перекомпенсації створюють помилкові сигнали тривоги або “дірки” в системі безпеки (таблиця 1).

Проблемні сценарії в системах IVS

Проблемні сценарії	Результати впливу
Зміна освітлення	Поступове згасання світла, наближення вечора призводить до зміни пікселів відеозображення
Незначні рухи на передньому та задньому планах	Об'єкти фауни, що рухаються, змінюють пікселі відеозображення, детектується як рух
Перешкоди, фальшиві об'єкти	Пересування тварин, птахів, хмар і т.д. змінюють пікселі зображення, детектується як рух
Панорамування відеокамер	Пересування зображення по пікселях детектується як рух. Часто через це у простих системах камери PTZ не використовуються
Проблемні відеокамери	Будь-яка камера має індивідуальні особливості, наприклад, низьку чутливість, цифровий шум, обмежену кількість градацій сірого і т. ін.
Глибина представлення перспективи	Муха на склі об'єктива буде мати таку ж кількість пікселів, як реактивний лайнер на фоні неба. Таким чином, система помилково розпізнає невеликий об'єкт як великий і буде генерувати фальшиву тривогу
Фальшива класифікація об'єктів	Рух об'єкта локалізовано некоректно та ігноровано, оскільки переміщувалась тільки частина об'єкта, наприклад, рука. Позаяк об'єкт занадто маленький, він може бути відхилений системою аналізу.
Тіні та засвітлення	Зловмисники використовують зони тіні або яскравого засвітлення, щоб уникнути виявлення. Через нерівномірне виявлення зловмисники губляться або в тіні, або в яскравому засвітленні.
Погодні умови	Снігопад, дощ, туман та ін. призводять до зміни відеопікселів, детектується як рух
Загальні активні та неактивні області	Занадто багато помилкових тривог із зон, що не становлять інтересу, наприклад, рух поруч із дорогою
Вікна та інші поверхні, що відбивають світло	Вносять рух, що відбувається за межами контрольованої зони, в зону бачення камери
Низька контрастність границь	Низька різниця в шкалі яскравості об'єкта та фону роблять виявлення руху дуже складним, наприклад, порушник у білому камуфляжі повзе по снігу
Глобальний аналіз всього в FOV (у полі зору без винятків)	Така установка на все поле огляду застосовується дуже широко й не може компенсувати локальні відмінності в змішаних сценах (наприклад, світло/тінь)
Особливості ландшафту	Об'єкт, що знаходиться близько на підвищенні, здається більшим ніж об'єкт такого ж розміру, який знаходиться безпосередньо на землі. Таким чином, програма може помилково розпізнати невеликий об'єкт як великий і навпаки
Надлишкові/ одночасні тривоги	Детектор може виявити більше тривог ніж є, але в змозі виявити в один момент часу тільки одне порушення. Через погане групування пікселів один об'єкт може здатися декількома об'єктами
Дії, що перериваються	Загальнопоширені переривчасті рухи можуть викликати зміни у відеопікселях, що для системи буде виглядати як рух, наприклад, світло світлофора або фар автомобіля
Високошвидкісний рух	Здійснення вибірки відбувається занадто повільно і зловмисник перетинає контрольовану область, перш ніж мине відрізок часу, необхідний системі для ідентифікації безперервного руху. Таким чином, система не буде генерувати сигнал тривоги

Проблемні сценарії	Результати впливу
Плоска картинка	Зображення в градаціях сірого значно обмежене для виявлення руху об'єкта, наприклад, туман, дим, погане освітлення та ін.
“Вибуховий” рух	Система здійснює пошук безперервного руху протягом якогось періоду часу. Якщо за цей час рух не буде виявлено, система відкидає оброблені дані та починає накопичувати нові. Зловмисник може обдурити систему, зупинившись, а потім знову почавши різко (вибухово) рухатись. Таким чином, система відкидає оброблені дані до генерації сигналу тривоги і порушник може пройти контрольовану зону непоміченим
Перекомпенсація	Автоматична компенсація тіней від хмар, зміни освітлення та ін. Створює низьку якість виявлення в глобальному масштабі або в частині змішаних сцен, таких як світло і тінь
Рух на низькій швидкості	Поправка на тривіальний рух, такий як коливання дерев або чагарників дозволяє зловмиснику, що повільно рухається, обдурити систему
Тимчасова перешкода для злодія (стаціонарні об'єкти, за якими він переходується)	Працює так само, як і “вибуховий” рух, тільки дозволяє зловмисникові бути видимим для системи на період, менший від періоду виявлення, при цьому система відкидає оброблені дані до генерації сигналу тривоги і зловмисник, періодично ховаючись за перешкоди, проходить контрольовану зону непоміченим

Крім проблемних сценаріїв, зазначених в таблиці 1, існують і інші. У цілому відеоаналітика повинна мати:

- здатність виявляти та сповіщати про фальсифікацію відеосигналу та/або його відсутність;
- здатність виявляти і сповіщати про умови поганої видимості;
- можливість виявлення, якщо камера була фізично переміщена;
- можливість роботи з різними типами аналогових камер;
- стабільність роботи системи в польових умовах;
- допустимий діапазон можливостей одночасного виявлення подій безпеки/небезпеки (несупроводжуваний багаж, видалення об'єкта, вторгнення, зупинка автомобіля і т.д.);
- достатню гнучкість реальних множин сценаріїв та компенсаційних налаштувань вручну для виконання поставленої задачі;
- зручність встановлення і експлуатації для повсякденної роботи.

Комерційно доступні технології IVS практично завжди мають збій на одній або декількох перешкодах. Фахівці, виконуючи поправку на одну перешкоду, створюють іншу або ж відкривають діри, що призводять до невиявлення реальних загроз та вторгнень.

Для всіх цих систем необхідне доопрацювання та ретельне налаштування. Необхідно, щоб оператори (охоронці, обслуговуючий персонал) вивчали і знали принципи роботи відеоаналітики, а також розбиралися в складнощах процедури установки та налаштувань, які здійснюються в повсякденній діяльності. Безумовно, це робить технології складновстановлюваними і підтримуваними, потребує підвищення технічного рівня обслуговуючого персоналу (операторів, охоронців) і збільшення витрат на навчання нових співробітників.

Гірше всього, що на ринку деякі системи провідних виробників сьогодні стали настільки складними, що внесення змін в їх стабільну роботу може забезпечити тільки експерт. Одна помилка може поставити систему «на коліна».

Надмірна впевненість у системі, яка не налагоджена належним чином може призвести до ситуації, коли персонал, що відповідає за безпеку, може пропустити зловмисників. І, навпаки, якщо система занадто чутлива, співробітники охорони можуть витрачати занадто багато часу на відпрацювання помилкових тривог, що може стати поштовхом до відключення системи.

Оскільки реальні об'єкти є тривимірними, відповідність об'єкта класифікації створює певні проблеми, тому що розмір і форма об'єкта з видом зверху не є те ж саме, що зі сторони або під кутом. Через це деякі IVS системи висувають суворі вимоги до місця, де буде встановлюватися камера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Дмитренко Ю.* Відеоаналітика без прикрас / Ю. Дмитренко // Бизнес и безопасность. – 2013. – № 5.
2. Дослідження функцій відеоаналітики сучасних систем відеопостереження : матеріали по результатах виконання НДР, шифр “Аналітика”. – ДНДІ МВС України, 2013.

Отримано 25.03.2014