

УДК 621.395.74

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ВЕЛИКИХ ДАНИХ В СИСТЕМАХ ВІДЕОНАГЛЯДУ

DOI 10.36994/2788-5518-2021-01-01-03³

Климаш М.М., д.т.н., проф. Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна. mklimash@polynet.lviv.ua

Гордійчук – Бублівська О.В., аспірант. Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна. obublivska@gmail.com

Мрак В.Б., аспірант. Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна. vasyi.b.mrak@lpnu.ua

Браницький А.В., аспірант. Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна. andrii.v.branytskyi@lpnu.ua

Анотація. В роботі представлений огляд методів інтелектуальної обробки даних в системах охоронного відеонагляду. Наведено порівняння методів для контролю руху в сучасних системах. Запропоновано використовувати для опрацювання великих даних розподілені системи. В роботі розроблено програмну модель для розподіленої обробки даних в системах відеонагляду. Проведено аналіз основних технологій обробки даних: Hadoop і Spark. В роботі експериментально доведено ефективність використання технології розподіленої технології обробки даних Spark. Дана технологія застосовує оперативну пам'ять для зберігання даних на обчислювальних пристроях і швидше опрацьовувати інформацію в системах відеонагляду та проводити аналіз даних з відеокамер. Такий підхід відкриває можливості для подальших досліджень систем відеонагляду, покращення їх характеристик для більш якісної та точної обробки даних.

Ключові слова: Системи відеонагляду, Big Data, Інформаційні системи.

STUDY OF THE EFFICIENCY OF PROCESSING BIG DATA IN VIDEO SURVEILLANCE SYSTEMS

Mykhajlo Klymash, Dr.habil., Prof. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. mklimash@polynet.lviv.ua

Olena Hordiichuk - Bublivska, Ph.D student. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. obublivska@gmail.com

Vasyl Mrak, Ph.D student. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. vasyi.b.mrak@lpnu.ua

Andrii Branytskyi, Ph.D student. Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine. andrii.v.branytskyi@lpnu.ua

Abstract. The paper presents an overview of methods of intelligent data processing in security video surveillance systems. For efficient operation of such systems should use modern data processing technologies and algorithms for information mining. An important task in video surveillance systems is the processing of moving images. It is also

³ Климаш М.М., Гордійчук – Бублівська О.В., Мрак В.Б., Браницький А.В.
Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології, № 1 (01), 2021

increasingly necessary to perform statistical analysis of data obtained from video cameras, to determine the exact location of objects of observation, their number, to determine the characteristics of the obtained data for security, marketing, analytics, etc. A comparison of methods for traffic control in modern video surveillance systems is given. It is proposed to use distributed systems for big data processing where all the data that need to be processed are distributed between different computing devices in the system, processed in parallel, and sent to the main device, where all parts of the tasks are collected and the final result is obtained. The software model for distributed data processing in video surveillance systems is developed in the work. An analysis of the main data processing technologies: Hadoop and Spark. In Hadoop, data processed by devices in a distributed system is stored in non-volatile memory. After processing, the data is deleted from the non-volatile memory of the computing device. The process of recording and deleting data takes some time and significantly slows down data processing systems. The paper experimentally proves the efficiency of using Spark distributed data processing technology. This technology uses RAM to store data on computing devices. This allows faster processing of information in video surveillance systems and analysis of data from video cameras. This approach opens opportunities for further research of video surveillance systems, improving their characteristics for better and more accurate data processing.

Keywords: Video Surveillance Systems, Big Data, Information Systems.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Климаш Н.Н., д.т.н., проф., Национальный университет "Львовская политехника", Украина. mklimash@polynet.lviv.ua

Гордийчук - Бубливска А.В., аспирант., Национальный университет "Львовская политехника", Украина. obublivska@gmail.com

Мрак В.Б., аспирант., Национальный университет "Львовская политехника", Украина. vasyl.b.mrak@lpnu.ua

Браницкий А.В., аспирант., Национальный университет "Львовская политехника", Украина. andrii.v.branytskyi@lpnu.ua

Аннотация. В работе представлен обзор методов интеллектуальной обработки данных в системах охранного видеонаблюдения. Приведено сравнение методов для контроля движения в современных системах. Предложено использовать для обработки больших данных распределенные системы. В работе разработаны программную модель для распределенной обработки данных в системах видеонаблюдения. В работе экспериментально доказана эффективность использования технологии распределенной технологии обработки данных Spark. Данная технология применяет оперативную память для хранения данных на вычислительных устройствах и быстрее обрабатывать информацию в системах видеонаблюдения и проводить анализ данных с видеокамер.

Ключевые слова: Системы видеонаблюдения, Big Data, Информационные системы.

Вступ. Системи відеонагляду в сьогодишньому світі дуже широко використовуються. Їх необхідно використовувати в навчальних і медичних установах, банківських організаціях, спортивних змаганнях, торгових центрах.

Такі обставини вимагають ефективної організації та експлуатації систем відеонагляду. В першу чергу, необхідно здійснити ефективне розташування камер. Також доцільно визначитися з обладнанням, на яке збиратимуться дані з відеокамер.

Після накопичення даних в системах відеоспостереження необхідно використовувати сучасні методи обробки інформації. Оскільки дуже часто в подібних системах інформація зберігається недовгий проміжок часу, доцільно використовувати інтелектуальний аналіз отриманої інформації. Для вирішення подібних завдань використовуються алгоритми обробки та оптимізації великих даних і методи машинного навчання.

В статті розглянуті основні принципи функціонування систем відеонагляду і запропоновано технологію Spark, що дозволяє швидко обробляти великі дані, які отримуються в подібних системах.

Принципи побудови та функціонування систем відеонагляду

Для сучасної людини відеоспостереження є звичною справою. Його встановлюють на вулицях, в робочих приміщеннях, торгових центрах і вдома. Зазвичай метою встановлення відеокамер є безпека. Проте, досить часто системи відеонагляду розглядають як потенційні джерела для надання великого обсягу аналітичних даних.

В системах відеоспостереження щомиті передаються значні обсяги даних. Для ефективного аналізу інформації з таких систем використовуються спеціальні методи аналітики.

В такому випадку, дані з камер відеонагляду можна застосувати як засіб для покращення ефективності функціонування комерційних підприємств. При цьому можна використовувати дані, що надходять онлайн та архівні відео.

В наступному пункті розглянемо детальніше переваги інтелектуальної обробки даних в системах відеонагляду.

Керування інформацією. Найчастіше дані з систем відеонагляду використовують для збору та подальшого аналізу поведінки людей. Методи такого аналізу є найпростішими. Наприклад, можна використовувати дані з систем для визначення кількості людей, інтенсивності транспортного потоку тощо.

Проведення класифікації. Для того, щоб надавати персональні пропозиції щодо нових товарів для своїх клієнтів, великим компаніям необхідно аналізувати значні обсяги даних, зокрема ті, що отримуються з камер відеонагляду. Таті методи дозволяють дуже швидко отримувати інформацію про клієнтів і майже одразу надавати рекомендації. До прикладу, в магазині можна транслювати на великих екранах статистику про найпопулярніші товари для різних категорій товарів, яка отримана внаслідок аналізу даних з відеокамер.

Покращення якості надання послуг. Для підприємств велике значення має обслуговування своїх клієнтів з максимальною ефективністю. Для вирішення таких завдань важливу роль відіграє обробка великих обсягів

інформації. Наприклад, за допомогою відеокамер можна визначити і повідомити користувача про його номер в черзі за товаром. Такий метод вважається одним з найпростіших. Також можна одразу проводити аналіз покупок клієнта і надавати пропозиції нових, які можуть йому сподобатися, на основі інтелектуального аналізу отриманої інформації. Також за допомогою систем відеонагляду, які аналізують місцезнаходження покупців і їхні погляди, можна проводити більш ефективно розміщення стендів з товарами.

Безпека. Зараз системи відеонагляду стрімко впроваджуються в різноманітних галузях. Внаслідок використання потужних центрів обробки даних та новітніх, високоінтелектуальних алгоритмів аналізу інформації, можна проводити значно складніші методи обробки даних. Отже, можна визначати досить складні дії користувачів, розпізнавати різноманітні предмети та значно покращувати якість надання послуг. Проте, системи відеонагляду також застосовуються і на підприємствах для контролю поведінки власних працівників. Це допомагає запобігати правопорушенням на робочому місці, покращити ефективність навчання працівників і раціональніше розподіляти робочий час. Це стало можливим після стрімкого покращення технологій обробки даних з відеокамер.

Передбачення атак. Через використання аналізу даних з відеокамер можна визначати можливі загрози для конфіденційності даних користувачів, коштів підприємств тощо. Також дані з систем відеонагляду аналізують спільно з даними з комп'ютерів підприємства, для формування більш повної картини стану системи інформаційної безпеки. Для аналізу даних з відеокамер та зручного відображення статистики зараз є чимало програмного забезпечення. Воно розроблено як для користування спеціалістами в галузі маркетингу, інформаційної безпеки, так і для звичайних користувачів, які хочуть на власному телефоні отримувати звіти з системи відеонагляду.

Для систем відеонагляду дуже важливим елементом є дуже важливим забезпечення ефективної структури мережі та якісних її компонентів. Для передачі сигналів в системі використовують як провідні, так і безпроводні середовища передавання інформації. Останнім часом як провідне середовище застосовують мідні та оптичні кабелі. Для безпроводних середовищ використовують технологію Wi-Fi.

Обробка та аналіз даних в системах відеонагляду

Забезпечення зручної архітектури систем відеонагляду відіграє важливу роль у зборі та аналізі даних. Необхідно забезпечити швидке передавання інформації з відеокамер на обчислювальний пристрій, що проводитиме аналіз даних і передаватиме користувачам у зрозумілому та інформативному вигляді.

Також слід впроваджувати потужні програмні засоби для обробки великих потоків даних з відеокамер. Для цього зараз використовують різноманітні алгоритми аналізу даних та методи машинного навчання. На вхід цих алгоритмів надходить величезна кількість навчальних даних, на основі яких

відбувається тренування системи та навчання алгоритму. Через певний час алгоритми машинного навчання здатні самостійно збирати дані та обробляти певним чином. Такий підхід забезпечує значно більшу ефективність опрацювання інформації великих обсягів.

Від належної якості елементів систем відеонагляду та коректної експлуатації залежить можливість ефективного використання даних і отримання максимально корисної інформації.

Необхідно при проектуванні систем врахувати те, що з кожними роком необхідно збільшувати пропускну здатність середовищ передавання даних, оскільки обсяг трафіку невпинно зростає. Також необхідно передбачити резервні лінії зв'язку і пристрої обробки даних у разі збою в роботі частини системи.

Архітектура систем відеоспостереження наведена на Рис.1.

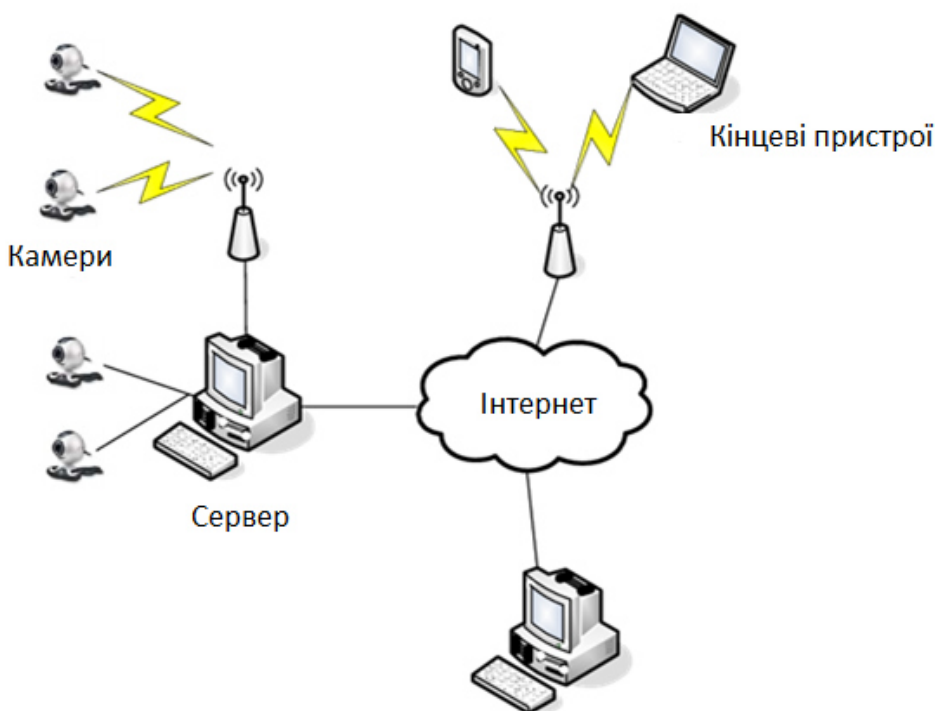


Рис.1. Архітектура систем відеоспостереження

На Рис.1 можна побачити основні компоненти системи відео нагляду. Це:

- відеокамери, які фіксують відеодані;
- Сервер системи відео нагляду;
- Середовища передавання даних;
- Кінцеві пристрої, за допомогою яких користувачі отримують опрацьовані дані;

- Інтернет мережа, яка забезпечує комунікацію між елементами системи.

Аналіз рухомих об'єктів. Для сучасних інформаційних систем необхідно проводити фіксацію та обробку даних про рухомі об'єкти, часто в режимі реального часу. Для вирішення таких задач раніше з даними працювали спеціалісти, які самостійно аналізували рух в кадрі. Тепер для цього застосовують спеціальні алгоритми обробки даних.

В системах відео нагляду для визначення загрози використовують декілька методів. Усі вони ґрунтуються на принципі порівняння двох сусідніх кадрів та знаходження відмінностей між їхніми характеристиками.

На початку розробки подібних алгоритмів оцінку характеристик проводили не для цілого кадру, а тільки для деякої частини. До прикладу, на зображенні визначалися контрольні точки і фіксувалися зміни яскравості кольору в них у різних кадрах. Коли ці зміни ставали більшими за певне встановлене порогове значення, вважалося, що відбувся рух.

Іншим методом в визначенні руху за допомогою відеокамер є розподіл кадрів на менші підкадри, що складаються з певної кількості пікселів. Цих частин є певна кількість K .

Наступним етапом є обчислення в кожному підкадрі середнього значення яскравості. При цьому немає значення, які параметри в сусідніх підкадрах.

Після обчислення значень яскравості порівнюють отримані K результати з тими, що були отримані на попередньому кадрі. Якщо розбіжності більші за встановлений поріг рівень, фіксують рух.

Великими перевагами таких методів є пристосованість до роботи на різних пристроях обчислення та простота проектування подібних систем. Тому такі алгоритми застосовувалися в найпростіших системах аналізу відеоданих.

Проте ці методи мають свої недоліки. Вони піддаються впливу завад і мають погану масштабованість. Такі системи також мають чутливість до зміни атмосферних умов, освітлення, вологості повітря тощо, що призводить до помилок в детектуванні об'єктів.

Алгоритм міжкадрової різниці. Це один з найпопулярніших сучасних методів обробки відеоданих. Його запровадження стало можливим після збільшення потужностей обчислювальних пристроїв.

Алгоритм працює за принципом порівняння кожного пікселя кадрів. Тобто обчислюється т. зв. "міжкадрова різниця".

Такий алгоритм зарекомендував себе як ефективний, його часто використовують в системах безпеки. Працює алгоритм наступним чином:

Для перевірки обираються два сусідні кадри;

Порівнюється порівняння кожної пари однакових за пікселів в двох кадрах;

- Для кожного пікселя проводиться обчислення середнього значення яскравості головних кольорів;

- Проводиться порівняння отриманого значення зі встановленим пороговим;

- Після цього встановлюються двійкові маркери на тих ділянках, де зафіксований рух;

- Після закінчення роботи даного алгоритму отримуються двійкові маркери, що відповідають трьом компонентам основних кольорів для кожного пікселя двох сусідніх кадрів.

Якщо на певній ділянці різниця значна, маркер встановлюється в одиницю. В цьому методі можливі і помилкові визначення розбіжностей для окремих маркерів.

Варто зазначити, що не завжди проводиться порівняння двох сусідніх кадрів. Деколи обираються два кадри, що розташовані з певним часовим інтервалом один від одного. Зі збільшенням значення цього часового інтервалу невелика зміна між різними елементами за один кадр може стати більшою, що дозволяє точніше зробити висновки про наявність руху. При порівнянні сусідніх кадрів такі незначні зміни часто відкидаються, вважаючи впливами шуму.

Алгоритм базових кадрів або віднімання фону. Даний метод використовується для того, щоб провести розподіл пікселів кадру на дві групи. Одна група належить пікселям, що відповідні об'єктам переднього плану, друга – заднього.

При описі в попередньому пункті алгоритму міжкадрової різниці та встановлення маркерів руху опрацьовувалося два кадри, які могли бути сусідніми або мати рознесення на певний проміжок часу.

Проте також можна шукати відмінність між поточним кадром і тим, в якому руху немає, тобто початковим або еталонним. За допомогою такого підходу можна точніше знаходити відмінності між нерухомими та рухомими об'єктами та визначати їхнє поточне розташування.

Такий метод носить назву алгоритмом віднімання фону. Метод схожий до методу знаходження між кадрової різниці. Проте відмінності шукаються між кадром в поточному часі та певним еталонним кадром.

Основною складністю даного алгоритму є вибір такого еталонного кадру. За умови, що в якості еталонного кадру використовується реальний, він має мати мінімальне відставання в часі від поточного. Якщо еталонний кадр виготовляється штучним чином, в ньому повинно бути якомога менше рухомих об'єктів. В іншому випадку можливі неправильні результати роботи алгоритму через опрацювання об'єктів, що вже відсутні на поточному кадрі, а на еталонному вони ще є. Такі явища вносять шум в приймач зображення, тому необхідно проводити фільтрацію еталонних кадрів та очищати їх від непотрібних елементів.

Обробка великих даних в системах відеонагляду. Як було зазначено в попередніх пунктах, в системах відеонагляду постійно обробляються великі потоки даних.

Для ефективної обробки даних необхідно використовувати спеціальні алгоритми та технології.

Розподілені системи обробки даних. В інформаційних системах обробкою даних займаються спеціальні пристрої, що виконують роль збору й аналізу інформації та подальшого надання її користувачеві. Проте, на сьогоднішній день, в системах відеонагляду обсяг даних значно зріс і навіть найпотужніші пристрої не здатні в режимі реального часу опрацювати потік відеоданих.

Приріст обсягів великих даних в системах відеоспостереження зображено на Рис.2.

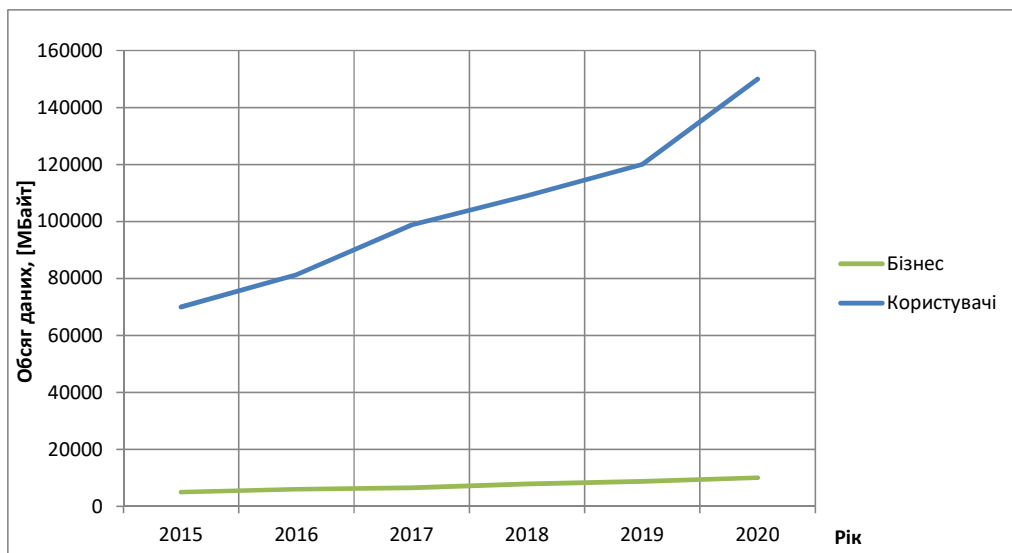


Рис.2. Приріст обсягів великих даних в системах відеоспостереження

На Рис.2 можна побачити стрімке зростання об'єму даних в системах відеоспостереження останніми роками. Для покращення ефективності обробки даних застосовують розподілені системи. Це кластери обчислювальних пристроїв, між якими розподіляються дані, що потребують обробки. Потім опрацьовані дані збираються на центральному сервері. Такий підхід дозволяє значно скоротити час обробки інформації та зменшити навантаження на обчислювальні пристрої.

Для систем відеонагляду використання розподілених систем є особливо важливим, оскільки ключове значення відіграє швидкість надання даних. Інформація, яка обробилася з запізненням, часто вже не є актуальною, тому необхідно модифікувати систему відеонагляду і зменшувати час обробки.

До недоліків розподілених систем можна віднести складність проектування. Необхідно забезпечити координацію пристроїв в розподіленій системі та безпеку інформації, яка між ними передається. Проте, в розподілених системах можна застосовувати простіші обчислювальні пристрої, замість надпотужних комп'ютерів, які працюють в нерозподілених системах.

Важливою проблемою використання розподілених систем є питання безпеки. Дані не обробляються на одному вузлі, а передаються по середовищі

передачі на декілька інших пристроїв, там обробляються і надсилаються назад. Тому важливим є використання спеціальних протоколів шифрування, що забезпечують безпеку і цілісність інформації.

Перевагою розподілених систем є також відмовостійкість. При виході з ладу одного пристрою дані опрацьовуються на інших, на відміну від нерозподілених систем, де вихід з ладу обчислювального пристрою призводить до несправності цілої системи.

Технології розподіленої обробки даних. В розподілених системах використовують різні технології опрацювання інформації. Зокрема, найпопулярнішими зараз є Hadoop та Spark.

Технологія Hadoop працює на основі програмної моделі MapReduce, в якій дані розподіляються між робочими вузлами, опрацьовуються та надсилаються головному вузлові для отримання кінцевого результату.

Пристрої, що обробляють дані, записують їх в свою постійну пам'ять, а після опрацювання видаляють. Процес запису і зчитування триває досить довгий час, що сповільнює роботу розподіленої системи.

Для вирішення цієї проблеми було запропоновано технологію Spark, в якій дані записуються не в постійну, а в оперативну пам'ять пристрою. Внаслідок такого підходу значно підвищується швидкість обробки даних (в 10-100 разів). Слід зазначити, що використання великого обсягу оперативної пам'яті є досить економічно затратним.

Проте, технологія Spark при збільшенні обсягу даних для обробки показує значно швидші результати. Тому, при необхідності опрацьовувати швидко і надійно дуже великі масиви даних, доцільно використовувати цю технологію. Для невеликих потоків даних та менших вимог до швидкості їх обробки можна використовувати менш дорогі та простіші технології організації розподілених обчислень.

В роботі запропоновано використовувати технологію Spark для обробки даних в системах відеонагляду. Для цього було розроблено програмну модель обробки масивів даних на мові програмування Python.

На Рис.3 зображено залежність тривалості обробки даних різного обсягу з використанням Spark та в нерозподілених системах.

На Рис.3 можна побачити, що технологія Spark є більш ефективною для обробки великих обсягів даних в системах відеонагляду. Тому, при збільшенні обсягів даних, що потребують обробки, та в системах, де необхідно швидко проводити аналіз даних, доцільно використовувати розподілені системи обробки даних. Технологія Spark є доцільною для ефективності роботи таких систем і швидкого аналізу інформації, наданої відеокамерами.

Висновки

Системи відеонагляду надають дуже велику кількість інформації. Ці дані можна опрацьовувати як негайно, так і через деякий час. Для ефективного аналізу даних необхідно забезпечити високу якість пристроїв відеонагляду. Зокрема, необхідна висока роздільна здатність, оптимальна конфігурація відеокамер.

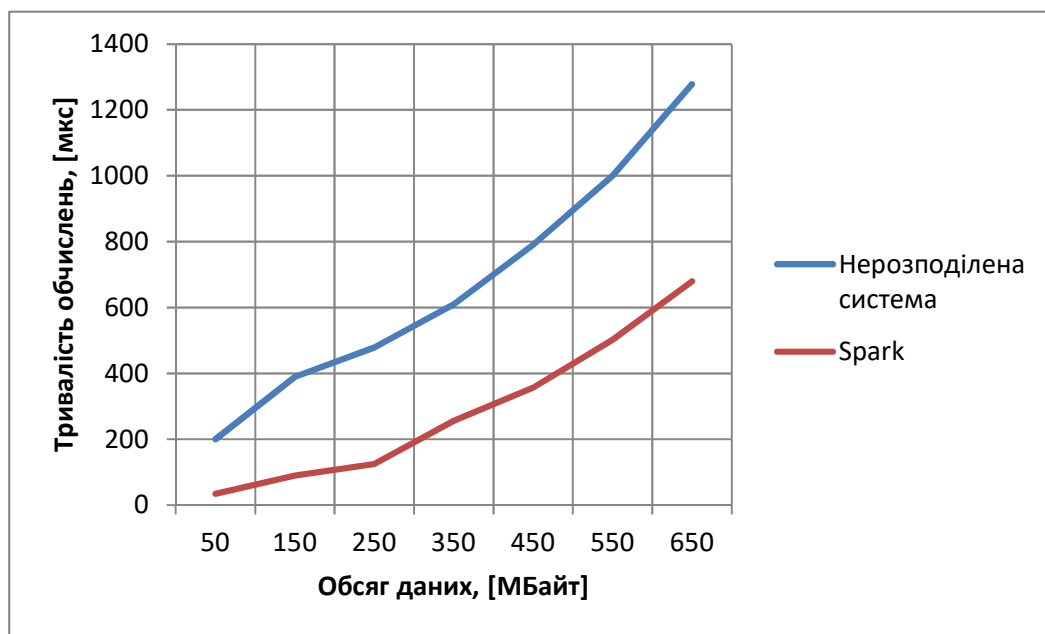


Рис.3. Ефективність обробки даних різного обсягу з та без використання технології Spark

Важливу роль в процесі відеонагляду відіграють методи обробки даних. Необхідно застосовувати алгоритми, які швидко опрацюють отриману інформацію з систем спостереження. Зокрема, проводять виявлення рухомих об'єктів, визначають кількість людей тощо. Подібні задачі ускладнюються зміною освітлення, погодніх умов. Також, при розпізнаванні людей можливі фактори, що ускладнюють розпізнавання, через зміну одягу і зовнішності. Це вимагає запровадження алгоритмів інтелектуального аналізу даних.

Для ефективнішої роботи систем відеонагляду використовують розподілені системи, в яких дані розподіляються між декількома пристроями. Це призводить до швидшого і ефективнішого аналізу інформації. В роботі розроблено програмну модель обробки даних в системах відеонагляду. Доведено ефективність використання при цьому технології Spark. Ця технологія забезпечує швидку роботу алгоритмів навіть при збільшенні обсягів даних через оптимальну організацію обчислень.

Література

1. Piza, E.L., Caplan, J.M., Kennedy, L.W. "Analyzing the influence of micro-level factors on CCTV camera effect", J. Quant. Criminol, vol. 4, no. 30, 2013, P. 237–264.
2. G. John, M. Christos, "A Bluetooth user positioning system for locating, informing, and extracting information using data mining techniques", International Journal of Advanced Pervasive and Ubiquitous Computing, vol. 1, no. 2, 2009, P. 68-88.
3. McLean, S. Worden, R., Kim, M., "Here's looking at you: An evaluation of public CCTV cameras and their effects on crime and disorder", Crim. Justice Rev., vol. 7, no. 38, 2013, P. 303–334.
4. Lim, H., Wilcox, P., "Crime-reduction effects of open-street CCTV: Conditionality considerations", Justice Q., vol. 2, no. 7, 2016, P. 1–30.

5. Idrees, H., Shah, M., Surette, R., "Enhancing camera surveillance using computer vision: A research note", *Policing Int. J.*, vol. 3, no. 44, 2018, P. 292–307
6. Piza, E.L., Welsh, B.C., Farrington, D.P., Thomas, A.L., "CCTV surveillance for crime prevention. A 40-year systematic review with meta-analysis", *Criminol. Public Policy*, vol. 1, no. 18, 2018, P. 135–159
7. Gerell, M., "Hot spot policing with actively monitored CCTV cameras: Does It reduce assaults in public places?", *Int. Crim. Justice Rev.*, vol. 3, no. 26, 2016, P. 187–201.