

УДК 621.397

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕТЕКТОРІВ РУХУ НА БАЗІ SAD-АЛГОРИТМУ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДЕОАНАЛІТИКИ

БАЛЯР В. Б., МАЗУРКЕВИЧ О.Ф., ФОКІН Р.Ю., ПИРОГ О.Г., ГРИЩЕНКО А.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова  
ДП "Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення"  
65029, Україна, м. Одеса, вул. Кузнечна, 1.  
balyar.vb@gmail.com; balyar.vb@onat.edu.ua*

## ESTIMATION OF MOTION DETECTION EFFICIENCY BASED ON SAD-ALGORITHM IN VIDEO ANALYTICS AND VIDEO SURVEILLANCE INTELLECTUAL SYSTEM

BALIAR V. B., MAZURKIEWICZ O.F., FOKIN R., PIROG E.G., GRISHENKO A. V.

*O.S. Popov Odessa National Academy of Telecommunications  
SE "Ukrainian scientific-research institute of radio and television"  
1 Kuznechna st., Odessa, 65029, Ukraine  
balyar.vb@gmail.com; balyar.vb@onat.edu.ua*

**Анотація.** Проаналізовано вимоги до інтелектуальних систем відеоспостереження на основі Рекомендацій МСЕ та операційної практики. Надано кількісні та якісні оцінки систем детектування руху на базі алгоритму SAD за різних умов спостереження. Надано рекомендації із застосування побічних систем для вирішення задач відеоаналітики та відеоброблення.

**Ключові слова:** відеоаналітика, відеоспостереження, детектор руху, SAD, ITU-T H.626, Matlab.

**Abstract.** Requirements for intelligent video surveillance systems based on ITU Recommendations and operational practices are analyzed. Quantitative and qualitative estimates of performance for motion detection systems based on the SAD algorithm under different observation conditions are obtained. Recommendations on the use of relevant systems for video analytics and video processing tasks are provided.

**Key words:** video analytics, CCTV, motion detector, SAD, ITU-T H.626, Matlab.

### 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ВІДЕОАНАЛІТИКИ

Системи автоматизованого відеоспостереження із можливістю аналізу сцени, що їх часто називають інтелектуальні системи відеоспостереження або відеоаналітики, застосовують у місцях які потребують постійного нагляду: місця великого скупчення людей, транспортних засобів тощо.

З серед сценаріїв застосування інтелектуального відеоспостереження можна виділити подальші типові випадки:

–*розпізнавання об'єктів.* Відокремлення області зображення від фону зображення, використовуючи деяке значення функції зображення для досягнення класифікації цільового типу; характеристики цільової класифікації включають атрибути простору та часу.

–*розпізнавання події та інтелектуальна сигналізація.* Визначення цільових об'єктів (наприклад, особи або транспортні засоби) в ключових областях, визначених віртуальним кордоном або віртуальною областю попередження.

–*аналіз даних.* Використовуючи інтелектуальні алгоритми відстеження та розпізнавання, система аналізу трафіку/пішохідного потоку може точно отримувати дані про пішохідний потік/транспортний потік на основі відео рухомої цілі, аналізу руху та класифікації особливостей у визначеній одній або декількох областях відеоспостереження

–*інтелектуальна відеодіагностика та відеопошук.* Інтелектуальна система відео пошуку витягує інформацію про об'єкт, що рухається, наприклад розмір, колір і напрямок руху, і встановлює індекс об'єкту у базі даних. Ця база даних перетворює неструктуроване

відео в структурований опис індексу. Використовуючи розбиті цільові підказки, підозрілі об'єкти у відео можуть бути швидко знайдені.

На рисунку 1 представлена загальна функціональна схема інтелектуальної системи відеоспостереження на основі архітектури визначеної в Рекомендації ITU-T H.626 [3].

В таблицях 1 та 2 надано вимоги до технічних характеристик таких систем на основі аналізу Рекомендацій [1-2]. Дані вимоги відповідають загальній архітектурі інтелектуальної системи відеоспостереження, представленої на рисунку 1.

Таблиця 1 - Вимоги користувача до інтелектуальної системи відеоспостереження

№ ВИМОГИ	ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ
USR-001	класифікація користувачів на кілька рівнів. Користувачі різних рівнів мають різні експлуатаційні права; користувачі високого рівня мають більше привілеїв експлуатації, ніж низькорівневі.
USR-002	система повинна мати можливість отримувати стандартні відеопотоки, що передаються або розповсюджуються платформою, аналізувати зображення та відправляти результат назад у вихідну систему
USR-003	система повинна мати можливість прямого доступу до платформи за допомогою вбудованих пристроїв з інтелектуальними функціями аналізу. Пристрій аналізує зображення та відсилає результат назад системі для завершення процесу розпізнавання, а також медіапотоку в реальному часі
USR-004	система повинна мати можливість визначати певну ділянку для знімків зображень за допомогою елементів управління, а також повинна підтримувати креслення ліній, їх відключення та визначення координат для позначення (необов'язково)
USR-005	система повинна мати можливість призначити всю або частину області для інтелектуального виявлення
USR-006	система повинна мати можливість фільтрувати зайву інформацію з зображення, включаючи тремтіння та погодні фактори
	<b>СИГНАЛИ ПЕРИМЕТРУ</b>
USR-007	система повинна мати можливість малювати одну або кілька ліній відключення на відеозображенні
USR-008	система повинна мати можливість підтримувати / виводити двостороннє виявлення вторгнень як у закритих, так і в незамкнених областях, а також підтримувати двостороннє виявлення вторгнень для кожної лінії попередження. Система генерує сигнал тривоги, коли цільовий об'єкт рухається з області виявлення об'єкта
USR-009	система повинна мати можливість автоматично визначати особливості цільового об'єкта на основі виявленого типу
USR-010	система повинна мати можливість встановлювати період виявлення; мінімальна одиниця - хвилина. Сигналізацію можна вмикати в певні періоди тривоги або встановлені часові інтервали впродовж дня або тижня

## Кінець таблиці 1

№ ВИМОГИ	ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ
USR-011	Результат тривоги повинен містити інформацію про тривогу та одне або більше зображень
	АНАЛІЗ ПАСАЖИРОПОТОКУ
USR-012	система повинна мати можливість встановлювати кількість областей на знімку за допомогою елементів управління
USR-013	Функція пасажиропотоку повинна мати можливість встановлюватись одностороннє або двостороннє виявлення напрямку та статистики руху пасажирів
USR-014	система повинна мати можливість встановлювати поріг щільності, який спрацьовує сигналізацією, коли щільність пасажирів перевищує поріг
	РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ
USR-015	система повинна мати можливість класифікувати об'єкти на осіб, транспортні засоби та інші об'єкти, виходячи з цільової форми, співвідношення сторін та особливостей текстури
USR-016	система повинна мати можливість розпізнавати колір, швидкість, напрямок руху та інші особливості цілі
	ПОШУК У ВІДЕО
USR-20	система повинна мати можливість пошуку цілей у відео, намалювавши коло на зразковому малюнку, всередині якого є цільовий зразок
USR-021	система повинна мати можливість відображати результати пошуку у вигляді ключових кадрів та відео сегментів, відсортованих за відповідністю подібності або за порядком появи
	РОЗШИРЕНІ ВИМОГИ
USR-023	система повинна мати можливість розробляти нові алгоритми, такі як виявлення покинутих предметів (для виявлення небезпечних або підозрілих предметів у певній області), збереження предметів (для захисту від переміщення певних предметів)
USR-024	повинна мати можливість встановлювати щільність концентрації в режимі реального часу під час відтворення детального відео

USR-026	Система IVS повинна мати можливість відстежувати рухомі цілі в межах зображення
---------	---

Таблиця 2 - Технічні вимоги до інтелектуальної системи відеоспостереження

№ ВИМОГИ	ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ
SRV-001	система зобов'язана забезпечити принаймні два типи управління конфігурацією параметрів алгоритму: один для адміністратора та інший для звичайних користувачів. IVU/PIV також вимагає від адміністратора закінчити вивчення початкової сцени, розширене налаштування параметрів та інші професійні операції
SRV-002	потрібно, щоб користувачі мали можливість встановлювати правила тривоги за допомогою елементів керування, коли фонові сцена залишається такою ж, але область попередження змінюється
SRV-003	система повинна мати можливість надавати послугу синхронізації тактових годин протоколу мережі (NTP) до керованого ним IVM
SRV-004	Стратегії аналізу тривоги (включаючи тип алгоритму та період виявлення) вимагають налаштування і зберігаються на платформі. Платформа несе відповідальність за запуск або зупинку аналізу
SRV-005	центральна система управління необхідна для створення тимчасового ключа, дійсного впродовж певного періоду. Це може бути у вигляді тимчасового імені користувача та пароля
SRV-006	необхідно вести журнал користувачів, включаючи час входу користувача, час виходу з ладу та параметри роботи системи
SRV-008	система повинна мати можливість керувати повноваженнями користувача, встановлюючи роль користувача. Він може додавати, видаляти та змінювати користувачів; крім того, система може налаштувати ролі користувача, встановити повноваження для кожного типу ролей та класифікувати користувачів на відповідний тип
	РОЗШИРЕНІ ВИМОГИ
SRV-009	система IVS повинна мати можливість вести облік всіх стратегій синапсу, встановлених користувачами. Він повинен підтримувати стратегію запиту та експорту

## 2 ПРИНЦИП РОБОТИ ВІДЕОСИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ РУХУ НА БАЗІ SAD-АЛГОРИТМУ

Огляд літератури показав (див. [4]-[6]), що більшість публікацій та книг з теми відеоаналітики не містять опису алгоритмів виявлення та обробки інформації, а в більшості випадків описують експлуатаційні аспекти (яким чином обрати камеру, яким чином її розташувати, тощо). Саме тому метою цієї статті є аналіз алгоритмів, що використовують в

системі відеоаналітики з визначенням особливостей їх використання та впливу умов спостереження (освітлення та інших) на ефективність алгоритму. В рамках цієї статті розглядався алгоритм виявлення (детекції) руху на відеозображенні на базі алгоритму Sum of Absolute Differences, SAD.

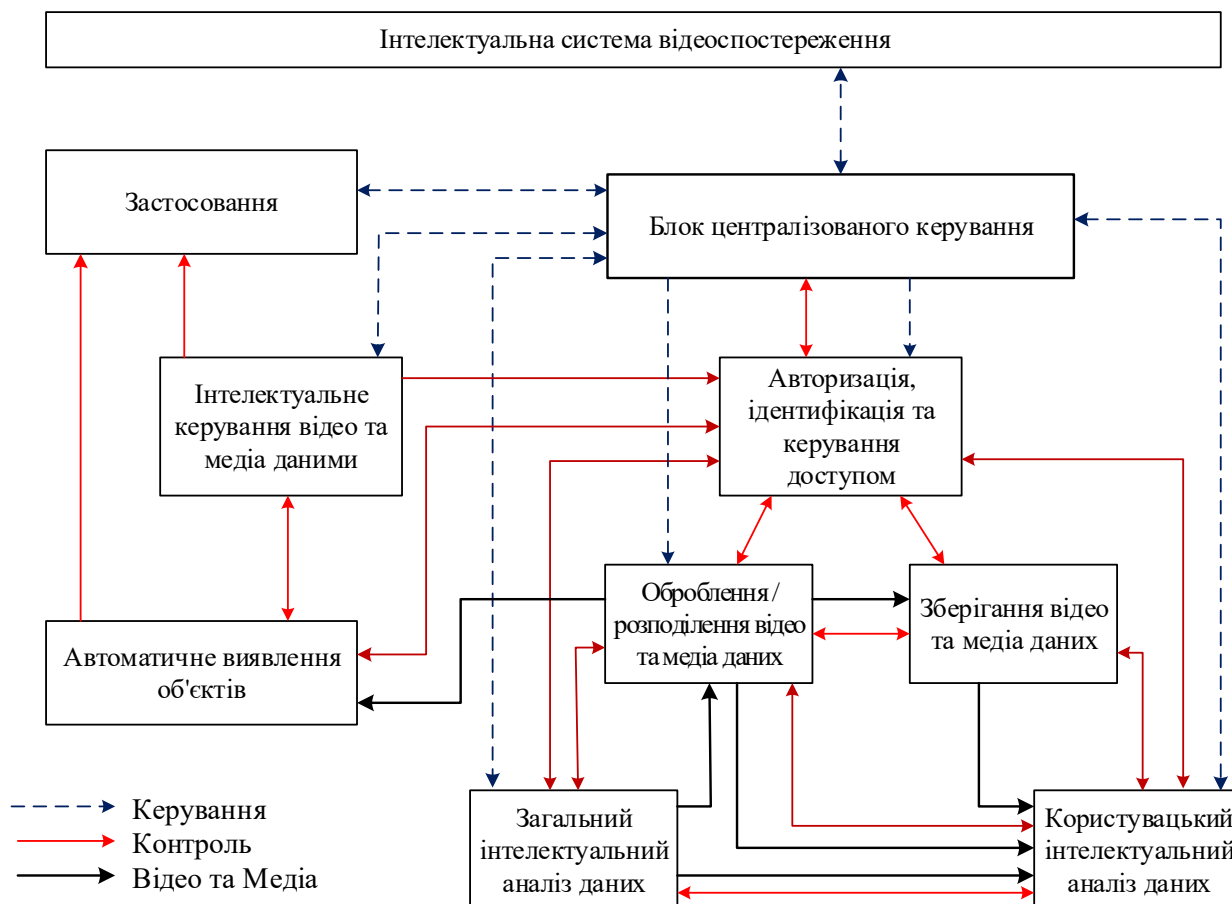


Рисунок 1 – Функціональна схема системи інтелектуального відеоспостереження

При обробці цифрового зображення сума абсолютних різниць (SAD) є мірою подібності між блоками зображення. Вона обчислюється шляхом знаходження абсолютної різниці між кожним елементом зображення у вихідному блоці і відповідним елементом зображення в блоці, який використовується для порівняння. Ці відмінності підсумовуються для створення простої метрики подібності блоків.

Сума абсолютних різниць може бути використана для різних цілей, таких як розпізнавання об'єктів, генерація карт невідповідності для стереозображень і оцінка руху для стиснення відео.

Блок-схема алгоритму пошуку руху на базі алгоритму SAD показана на рисунку 2.

Обробка в схемі проводиться над сигналом яскравості так як розпізнавання по кольору не передбачено. В зв'язку з цим відбувається перетворення RGB до сигналу яскравості.

Відеокадр поступає на блок затримки на 1 кадр для того щоб порівнювати поточний кадр з попереднім (для виявлення змін у кадрі). Для кожного блоку зображення розмірам  $i \times j$  кадру  $k$  та попереднього кадру  $k-1$  розраховується значення метрики SAD (Sum of Absolute Differences):

$$SAD = \sum_i \sum_j |I_k(i, j) - I_{k-1}(i, j)| \quad (1)$$

де  $I_k(i, j)$  - значення елемента зображення з індексами  $i, j$  у кадрі  $I$  з індексом  $k$

$I_{k-1}(i, j)$  - значення елемента зображення з індексами  $i, j$  у кадрі  $I$  з індексом  $k-1$

Результат розрахунку фактично являє собою так звану «енергію руху» - тобто результат змінення у зображенні внаслідок руху в порівнянні з зображенням, на якому рух відсутній. Результат розрахунку SAD подають на пороговий пристрій (компаратор), на другий вхід якого подається значення порогу.

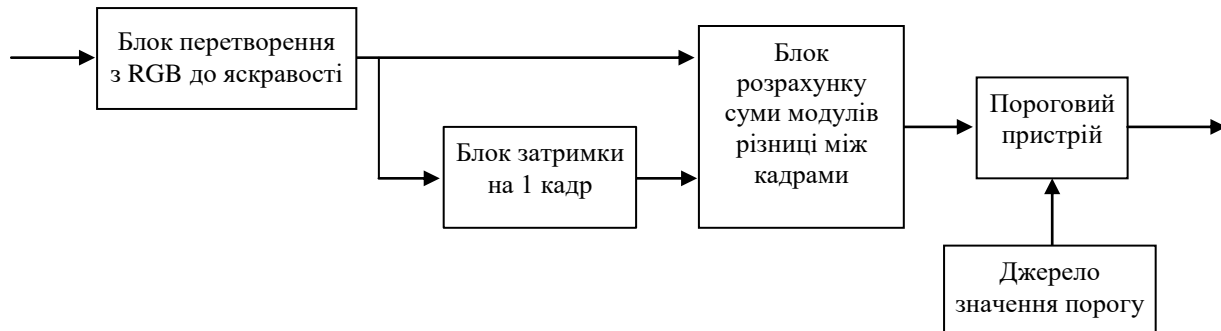


Рисунок 2 – Схема блоку виявлення руху на базі алгоритму SAD

Така порогова обробка дозволяє усунути шуми на зображенні, що викликані ні рухом, а особливостями обробки (наприклад, це можуть бути шуми, що виникають при стисненні, чи незначний рух (наприклад, проліт комахи), або тінь). Після цього виносяться рішення щодо наявності або відсутності руху.

**Опис дослідження.** При побудові моделі використовувався алгоритм SAD для виявлення руху та проведено дослідження ефективності алгоритму при виявленні руху в кадрі за різних умов освітленості (яскравості та контрасту) та значень порогу виявлення. Схема моделі показана на рисунку 4.1.

Кожен з впливаючих факторів досліджувався окремо (окремо яскравість, окремо контраст зображення) для виявлення їх впливу у незалежний спосіб.

Ефективність системи оцінювалась як ймовірність правильного виявлення та пропуску руху в кадрі, яка розраховувалась як порівняння номерів кадрів з рухом за ідеальних умов з номерами кадрів з рухом, отриманими під час змінення контрасту або яскравості кадру.

Під час дослідження використовувалось стандартне відео Matlab з двома людьми, що йдуть назустріч друг другу (рисунок 3).

Стандартна відеопослідовність містить всього 297 кадрів, що при кількості 30 кадрів в секунду становить 9,9 секунд. При цьому рух відбувається не в усіх 297 кадрах, а тільки у 245 кадрах (тобто протягом 8 секунд).



Рисунок 3 – Тестова відеопослідовність

Окрім того, в моделі відбувається фіксація кадрів, в яких вперше з'явився рух у відеопослідовності. Фактично це імітує початок запису відео у разі появи руху на зображенні. Також на кадрі фіксується номер записаного кадру (абсолютний та відносний).

### **3 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ РУХУ НА БАЗІ АЛГОРИТМУ SAD ЗА ЗМІННЯ ВІДНОСНОЇ ЯСКРАВОСТІ**

За результатами дослідження було побудовано залежності, що їх надано на рисунках 4-74.

На рисунку 4 приведено залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння загальної яскравості зображення.

Відносною яскравістю будемо вважати яскравість, на величину якої змінено значення яскравості оригінального зображення. Зміння здійснювалось в двох напрямках – в сторону зменшення (від 0 до -255) й в сторону збільшення (від 0 до 255). Окремі кадри такого відео показано на рисунках 57-73.

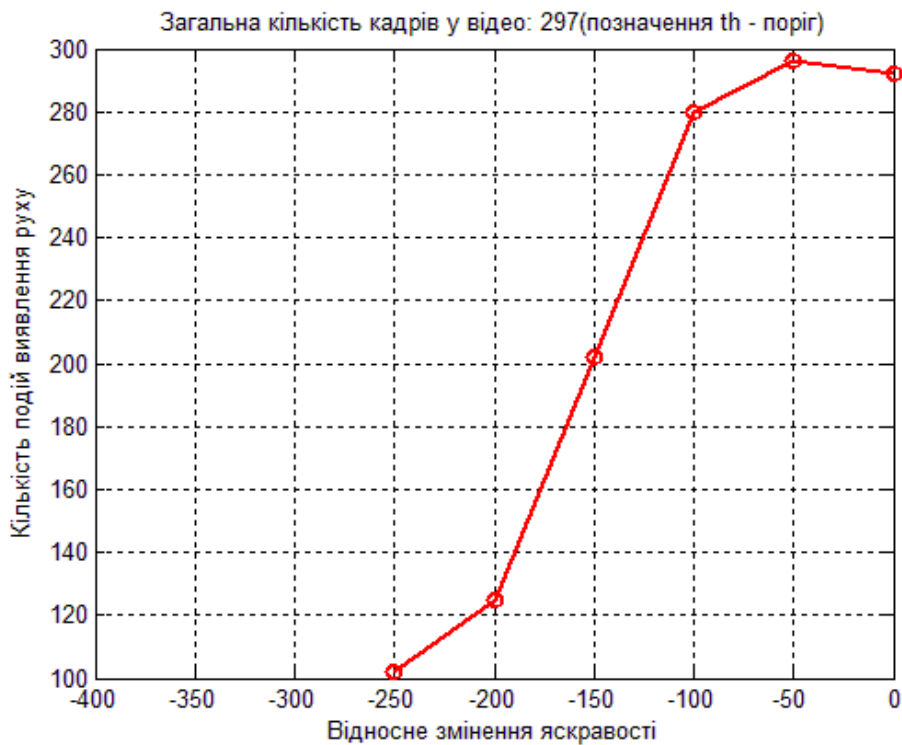


Рисунок 4 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 25$

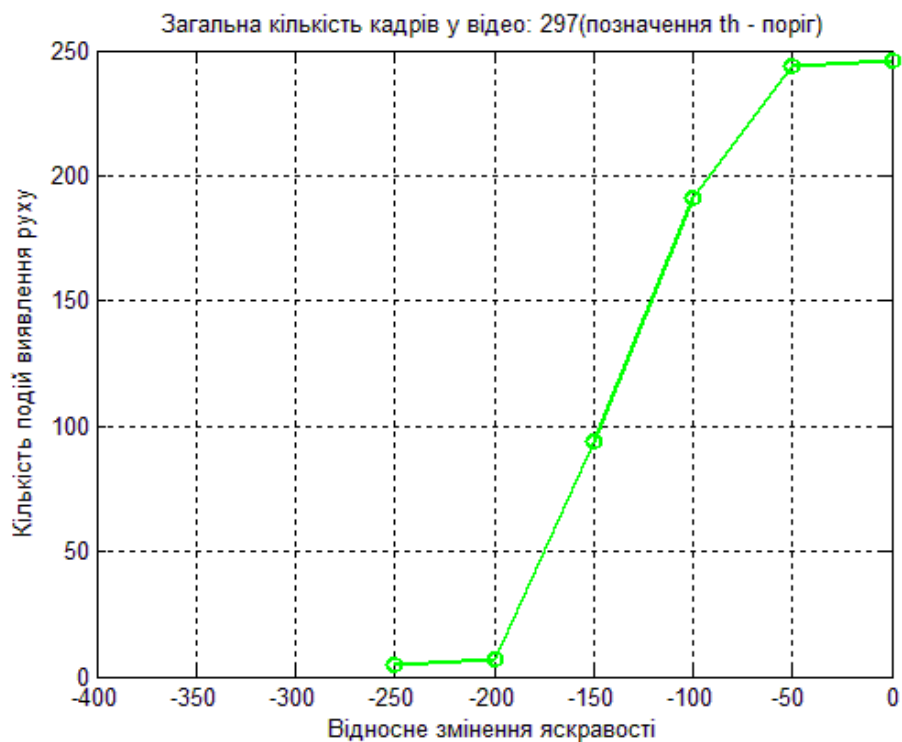


Рисунок 5 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 50$



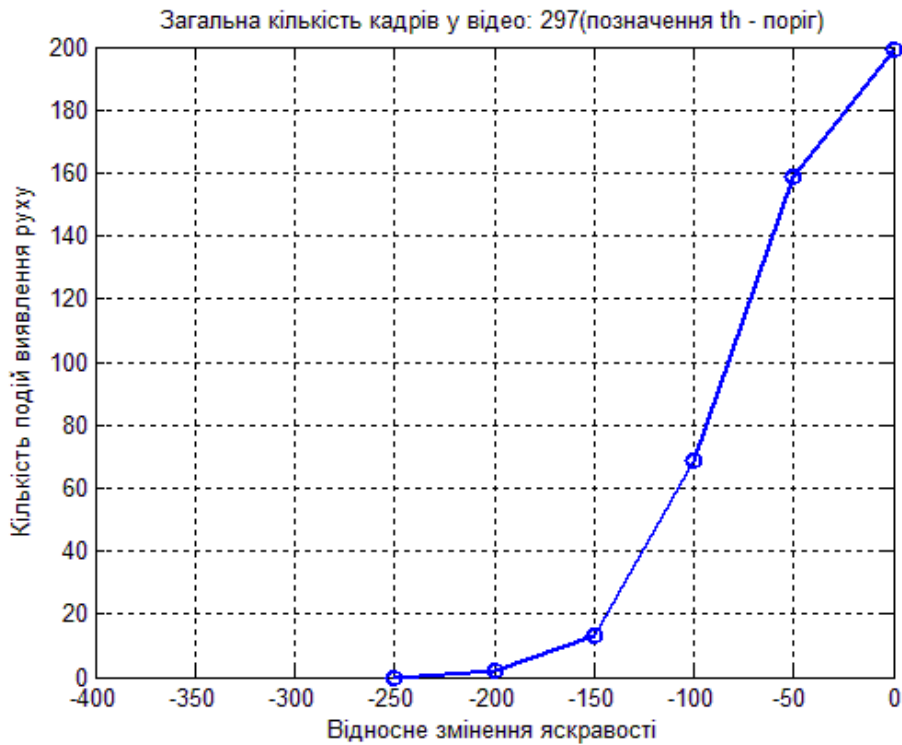


Рисунок 6 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 100$

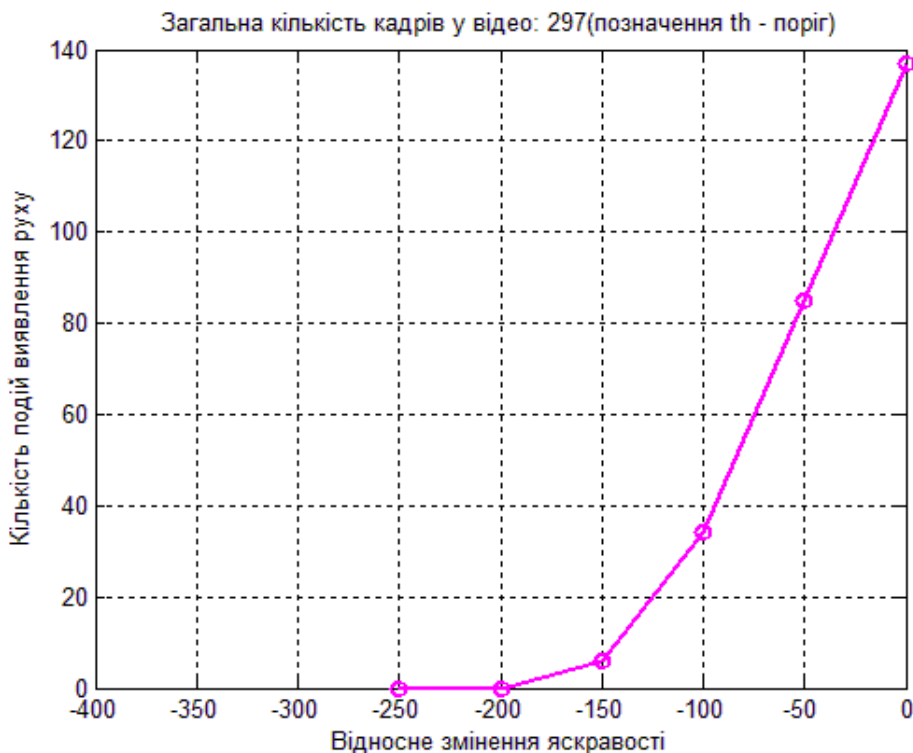


Рисунок 7 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 150$

При зменшенні яскравості кількість подій успішного виявлення руху на відео зменшується, так як на зображенні становиться все складніше виявити різницеве зображення. Так при значенні порогу  $th = 25$  кількість таких подій відповідає 292. Таке значення не

відповідає дійсності, так як аналізована послідовність містить приблизно 245 кадрів, що відрізняються від сусідніх (містять «рух»). Однак це буде кращим результатом ніж у випадку максимального аналізованого порогу ( $th = 392$ ), але це будемо розглядати пізніш.

Погіршення при порозі  $th = 25$  (при нульовій відносній яскравості) скоріш за все викликано тим, що порогове значення в цьому випадку починає «прихоплювати» й рівень шумів на зображенні, що виявляються алгоритмом як «рух» у кадрі, хоча справжнього руху може й не бути.

Однак вже при збільшенні порогу (при  $th = 50$ ) при вихідній відносній яскравості (що дорівнює 0) оптимальній (246 подій виявлення руху). Однак вже при зменшенні яскравості характеристики погіршуються й кількість подій падає. Так вже при зменшенні яскравості на 100 одиниць кількість подій падає до приблизно 200, а при зменшенні на 150 одиниць – вже до 100 подій.

Підвищення порогу призводить до зменшення кількості виявлених подій руху в кадрі. Так при відсутності змінення яскравості (дорівнює 0) при  $th = 100$  така кількість подій відповідає 200 (рисунок 4.5), при  $th = 150$  - 140 (рисунок 7), 90 ( $th = 200$ , рисунок 8), 62 ( $th = 250$ , рисунок 9), 37 ( $th = 300$ , рисунок 10), 26 ( $th = 350$ , рисунок 11) й 20 ( $th = 400$ , рисунок 12). Тобто змінення порогу на 50 одиниць кількість виявлених подій руху зменшується приблизно на 40 подій.

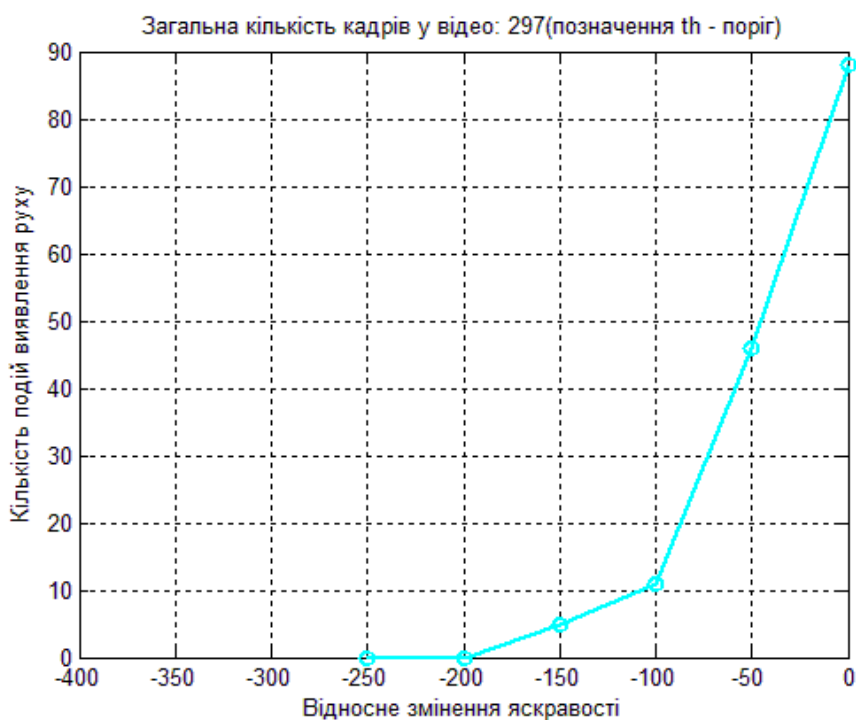


Рисунок 8 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу  $th = 200$

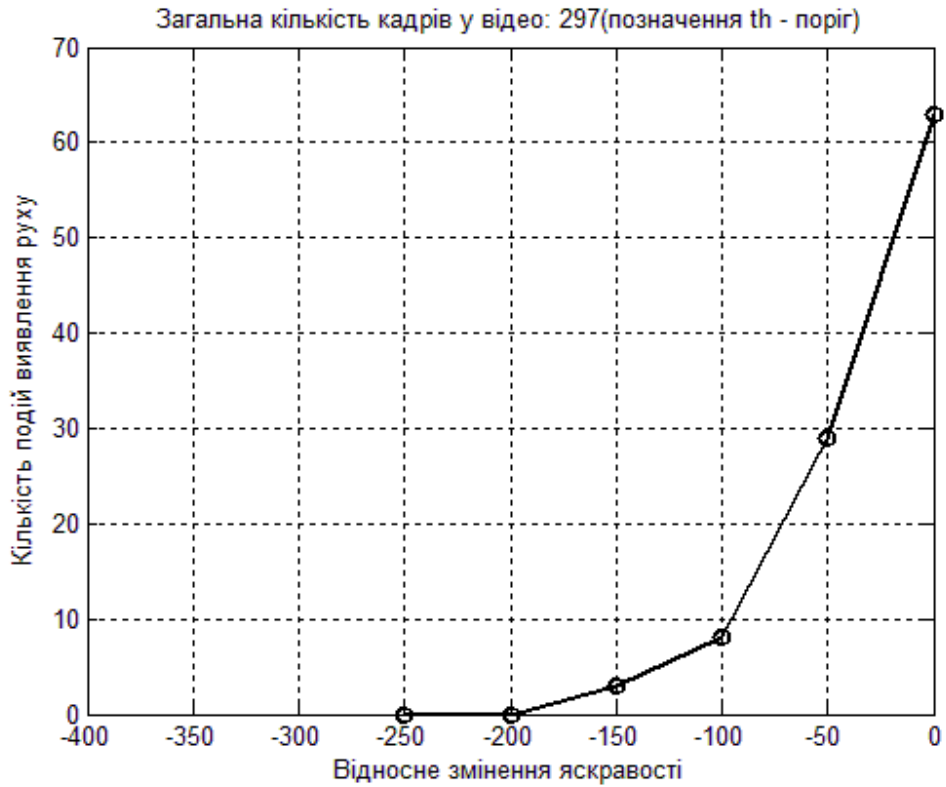


Рисунок 9 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 250$

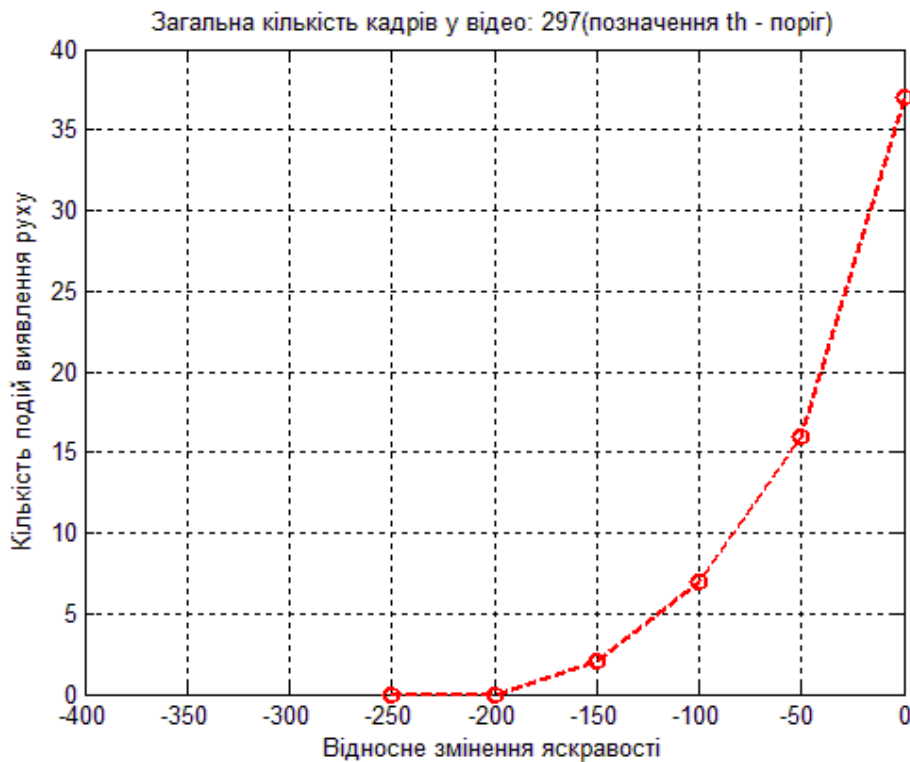


Рисунок 10 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 300$

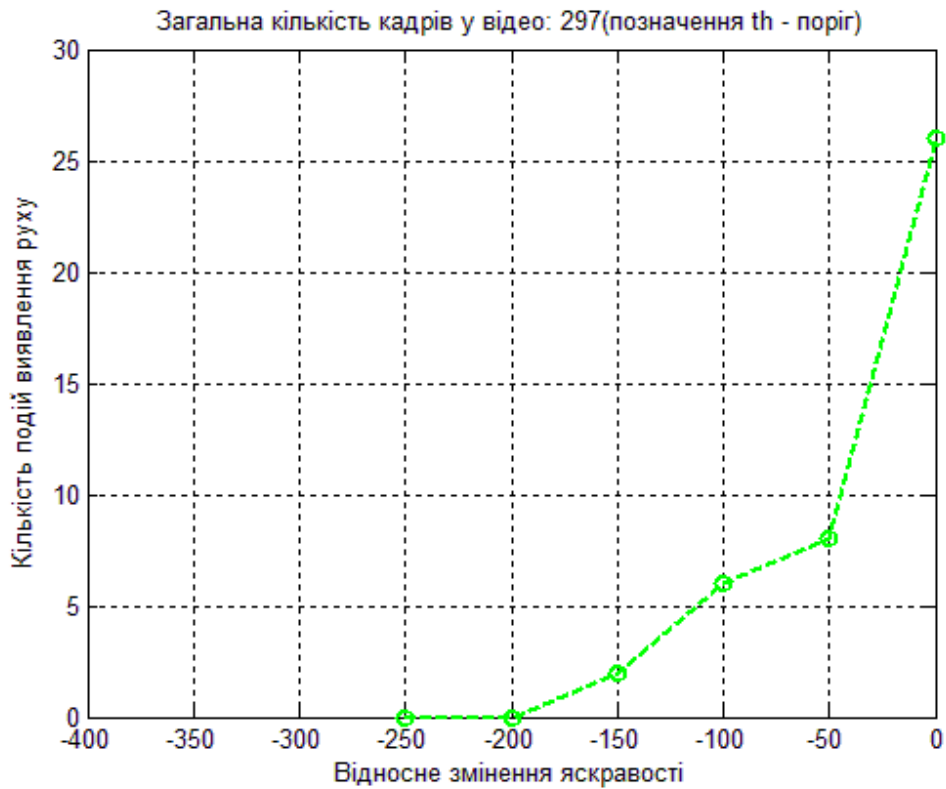


Рисунок 11 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу  $th = 350$

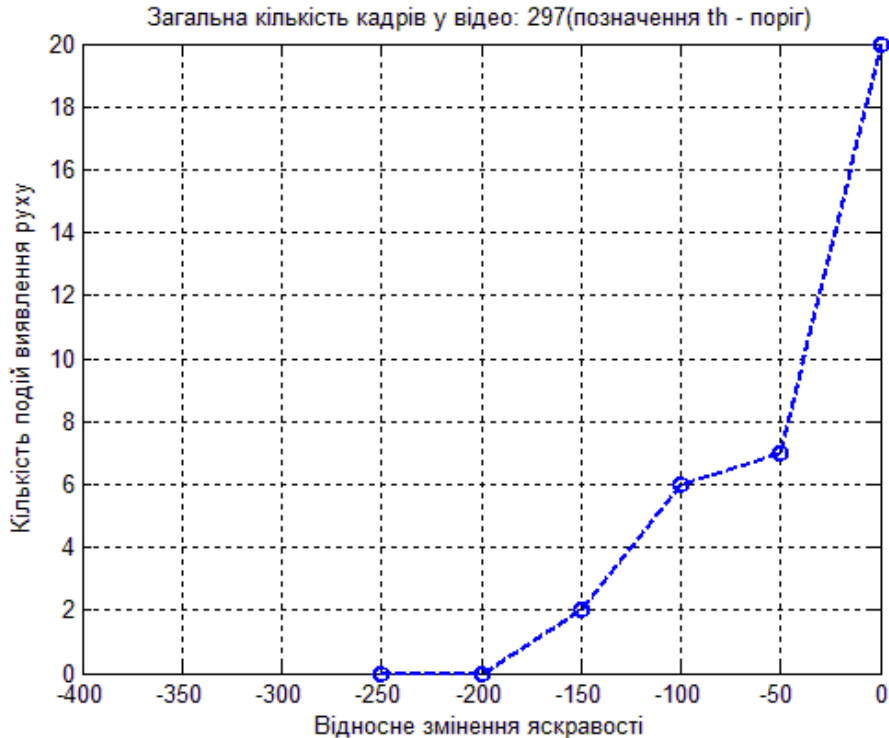


Рисунок 12 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу  $th = 400$

Зменшення яскравості на рисунку 4 на 150 одиниць призводить до зменшення виявлених подій руху (вірно чи не вірно виявлених) приблизно на 34 відсоткі (й становить 200 подій).

Таким чином, для досягнення необхідної величини (найкращі характеристики) необхідно, що яскравість зображення не зменшувалась більше ніж на 125 одиниць в сторону зменшення.

Якщо ж зафіксувати зменшення яскравості на 100 одиницях, тоді видно, що при порогах  $th = 25 \dots 100$  кількість подій зменшується на 90 подій з кожним зменшенням порогу, а після цього крок зменшується й є практично незмінним, починаючи з  $th = 200$  (в цьому випадку кількість виявлених подій не перевищує декількох одиниць (приблизно 6 подій)).

В ході експерименту було з'ясовано, що при збільшенні яскравості зображення характеристики системи виявлення є практично такими самими (див. рисунки 13-21. При збільшенні загальної яскравості зображення у відеопослідовності кількість подій успішного виявлення руху на відеозаписі зменшується практичною аналогічним чином.

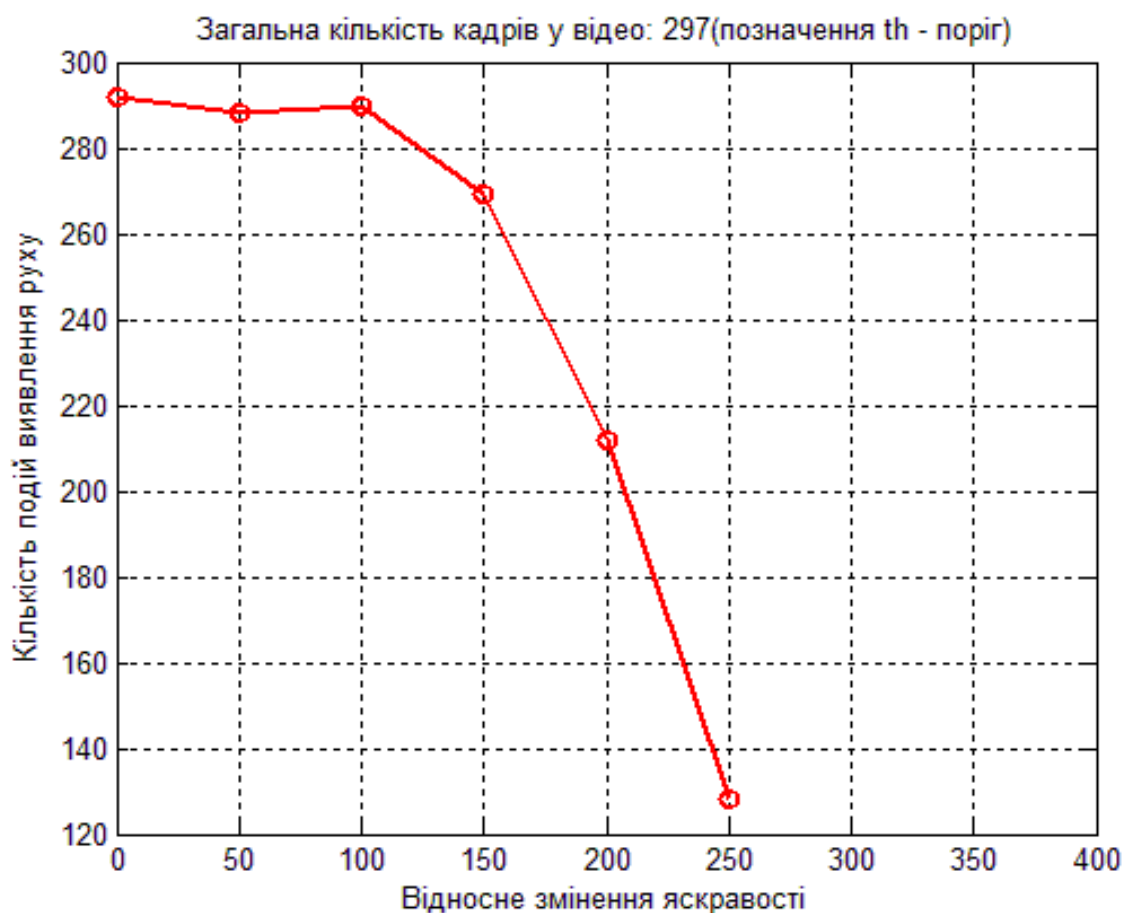


Рисунок 13 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 25$

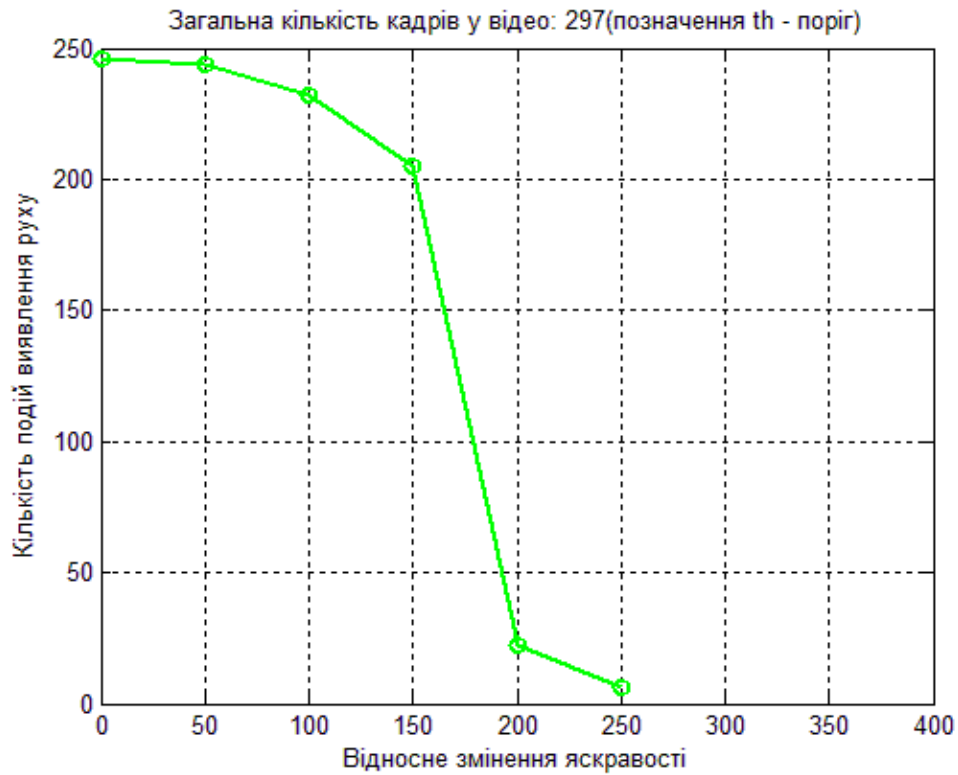


Рисунок 14 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу  $th = 50$

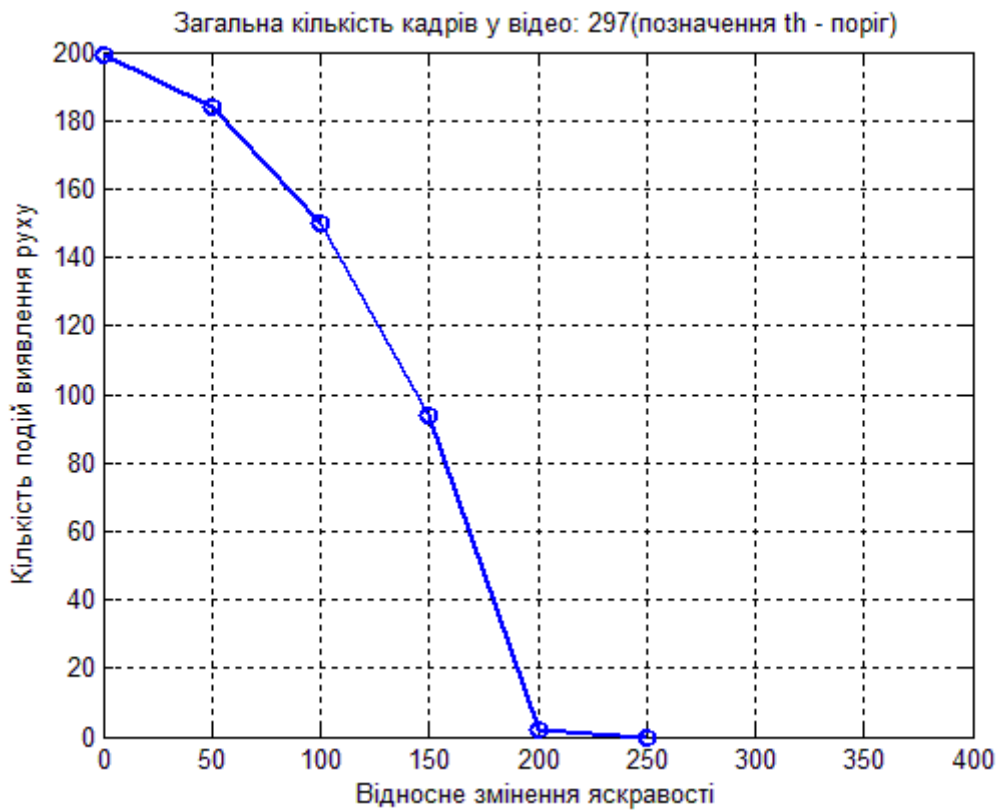


Рисунок 15 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу  $th = 100$

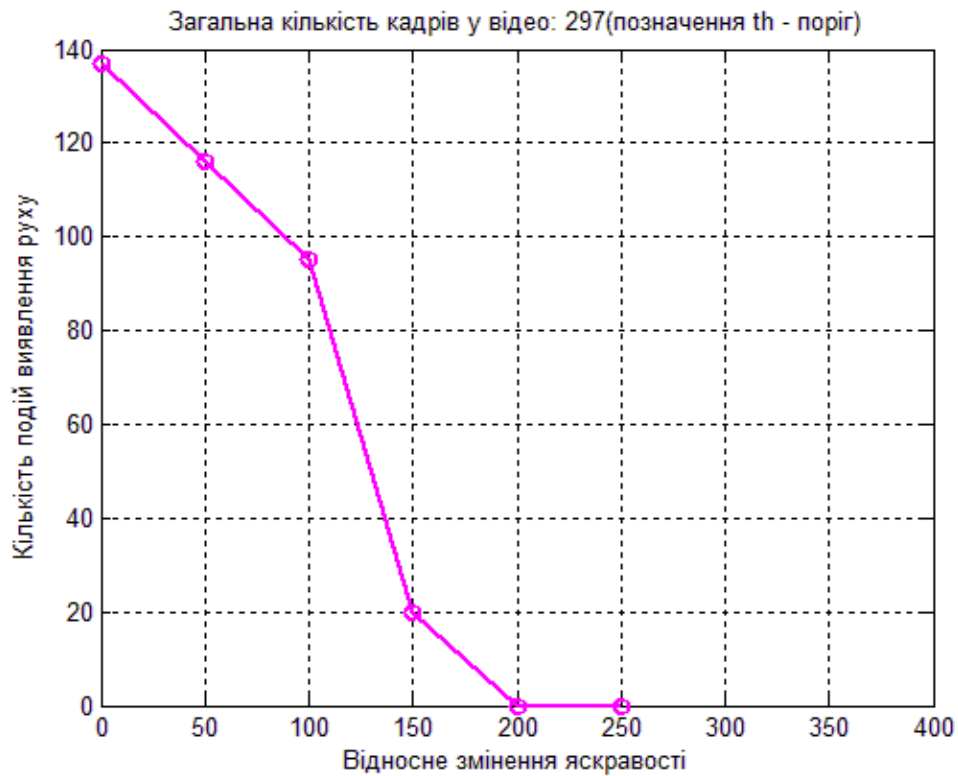


Рисунок 16 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 150$

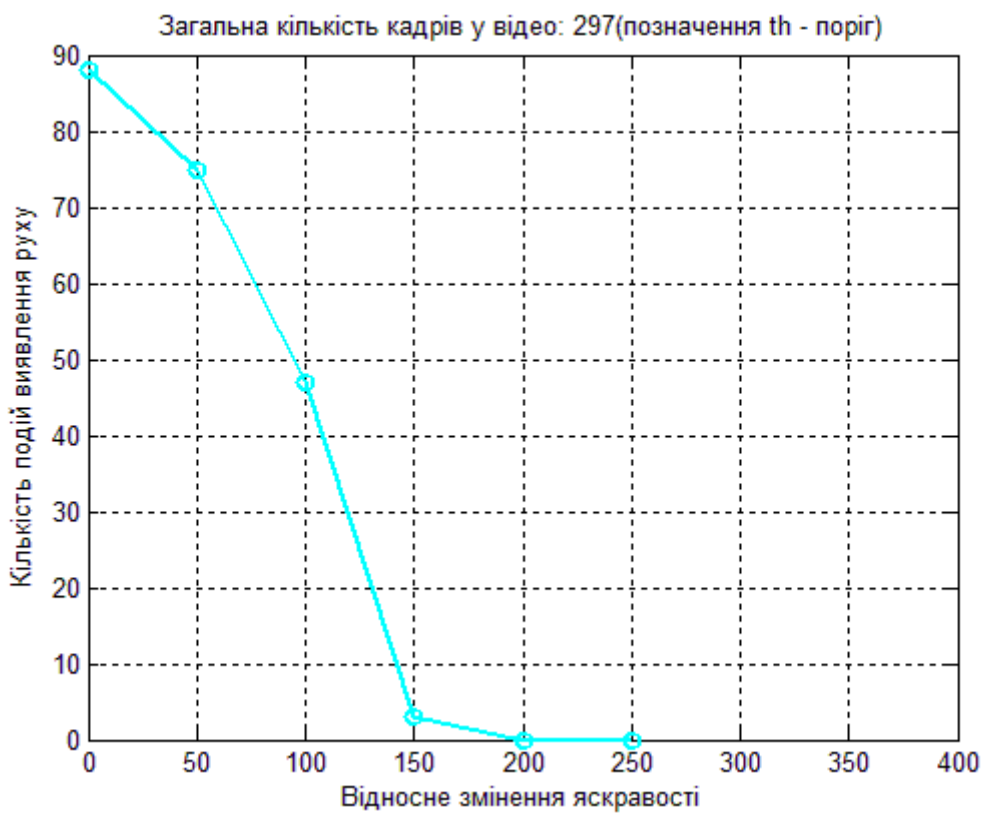


Рисунок 17 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 200$

Якою ж є припустима кількість подій? В цьому дослідженні будемо вважати, що кількість виявлених подій руху має становити не менш половини від реально існуючих подій, тобто протягом приблизно 7,5 секунд (приблизно 220 кадрів з рухом, ймовірність 0,9) у відеопослідовностях з значним рухом, протягом 5 секунд (приблизно 147 кадрів з рухом, ймовірність приблизно 0,6) у відеопослідовностях з малим рухом. Виходячи з можливої інтенсивності руху з цього система може проектуватись для забезпечення необхідних характеристик.

Інтенсивність руху може також контролюватись шляхом створення певних фізичних обмежень на швидкість руху об'єкту (встановленням турнікету або особливостями приміщення (наявність фізичних перешкод у вигляді повороту)) або, у разі необхідності маскування відповідної системи, підвищенням вимог до яскравості. Або ж необхідно приймати додаткові організаційні або інші рішення щодо контролю яскравості приміщення або контрольованої зони.

Виходячи з цього твердження, визначимо припустиме зниження яскравості для коректної роботи алгоритму за умов значного руху й малого руху й побудуємо відповідну таблицю.

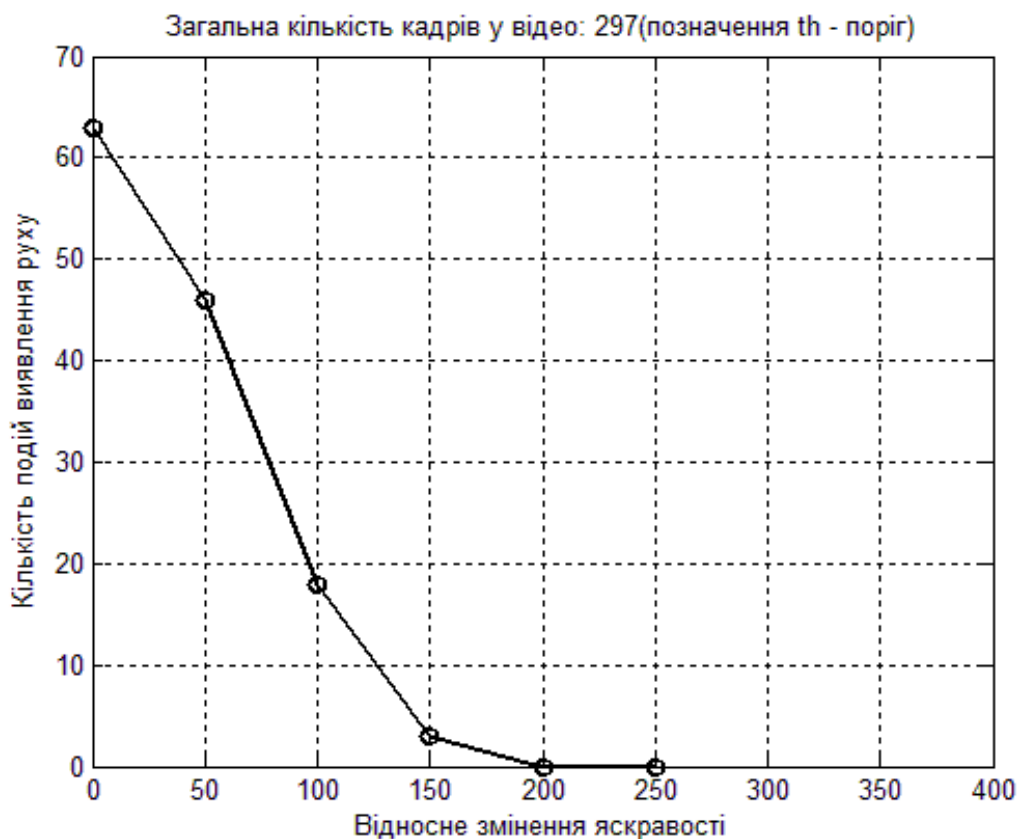


Рисунок 18 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 250$



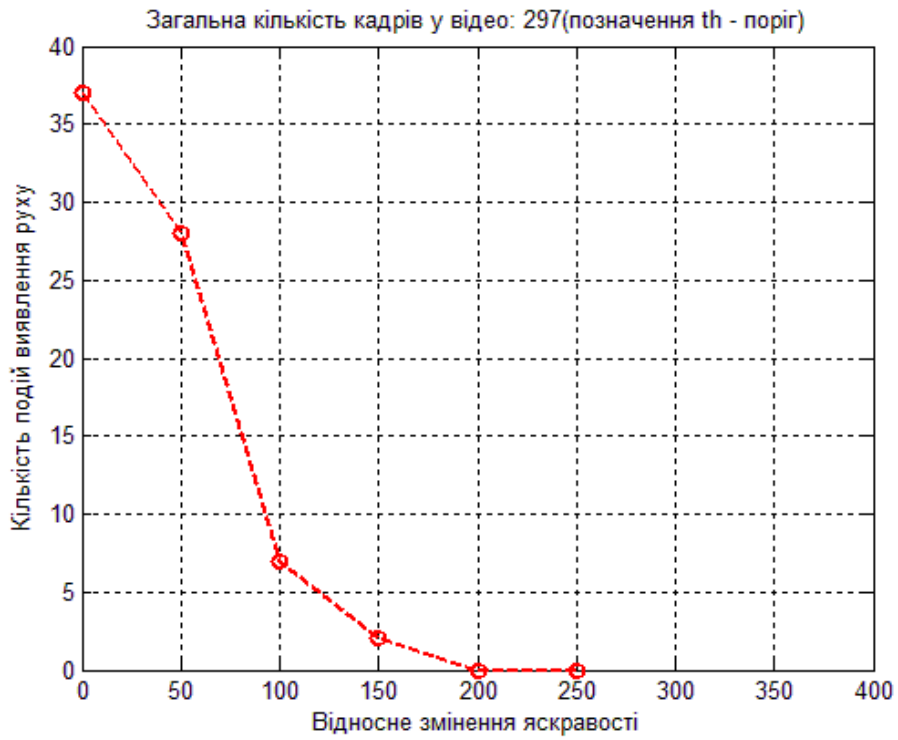


Рисунок 19 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 300$

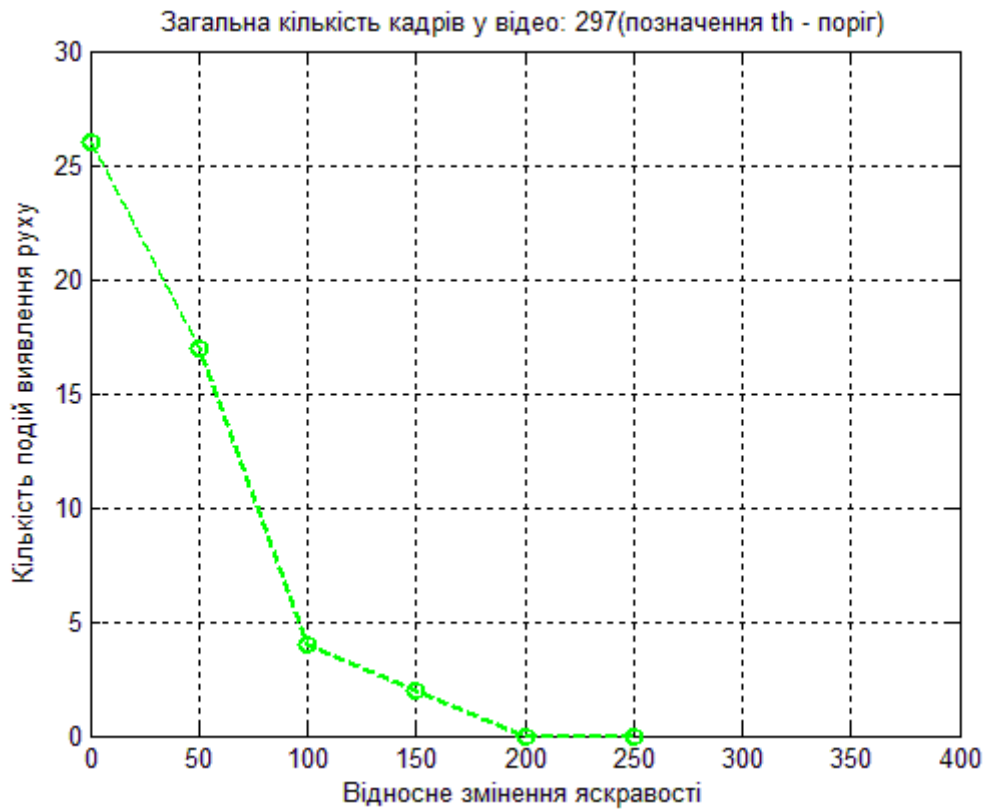


Рисунок 20 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 350$

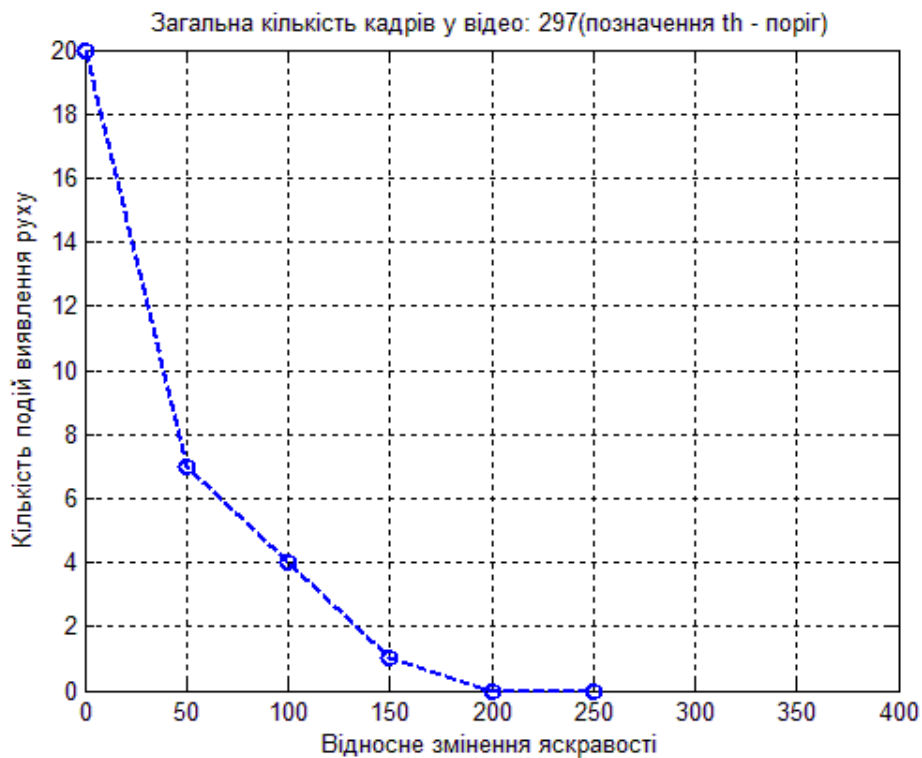


Рисунок 21 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу  $th = 400$

Узагальнені результати надано на рисунку 22.

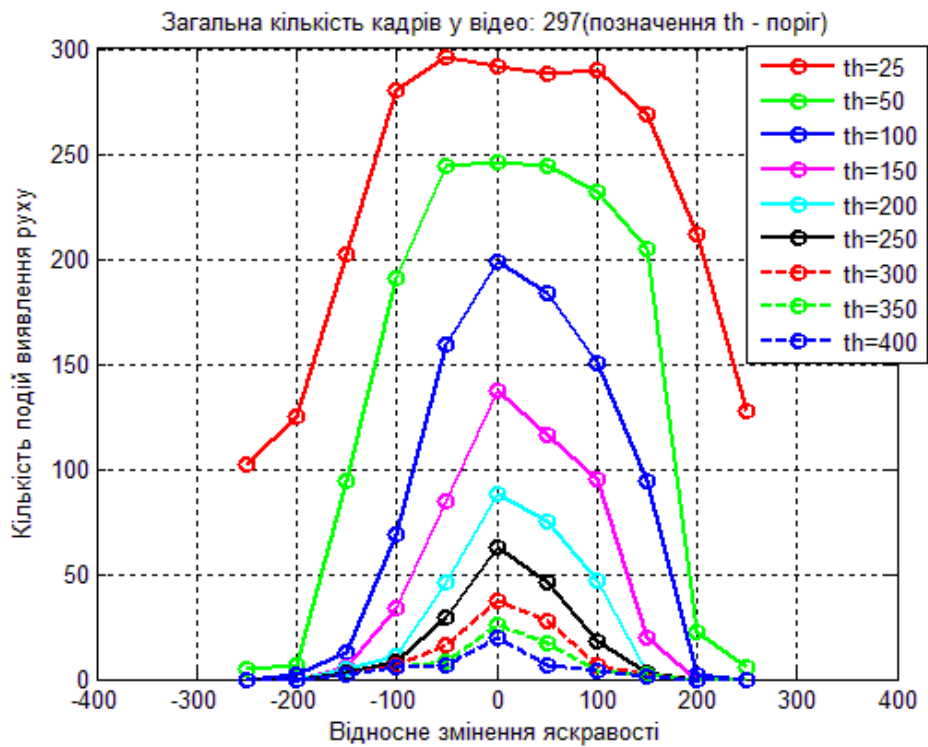


Рисунок 22 – Залежність кількості подій виявлення руху від відносного зміння яскравості при всіх значеннях порогу

Однак за інших умов використовувати конкретні значення яскравості не дуже зручно. Тому в цьому разі пропонується перейти до ймовірнісних характеристик й використовувати ймовірність виявлення руху на відеозаписі. Враховуючи те, що загальна кількість кадрів 245 й використовуючи залежності 13-21.

За результатами розрахунку отримаємо таблицю 3 та залежності рисунку 23-41.

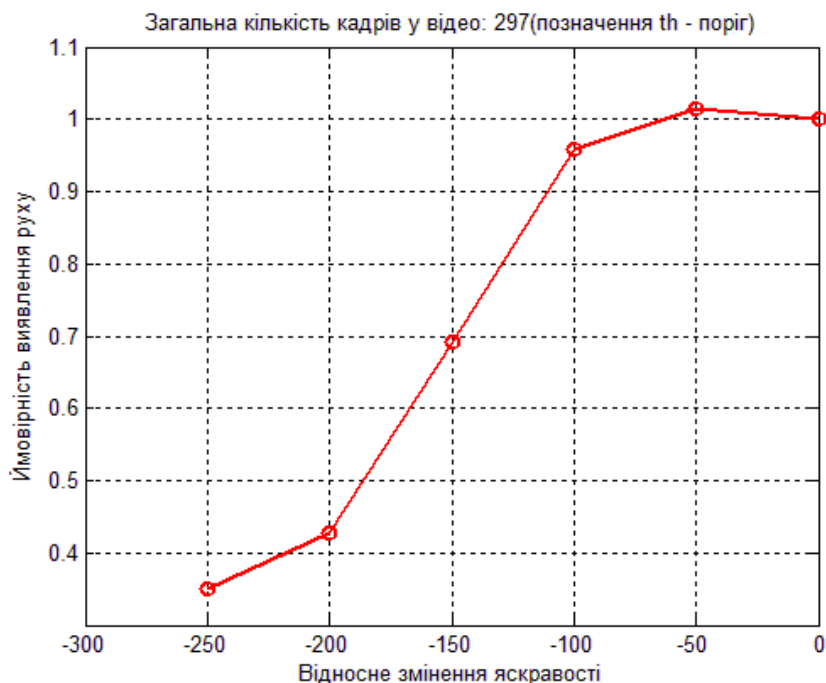


Рисунок 23 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 25$

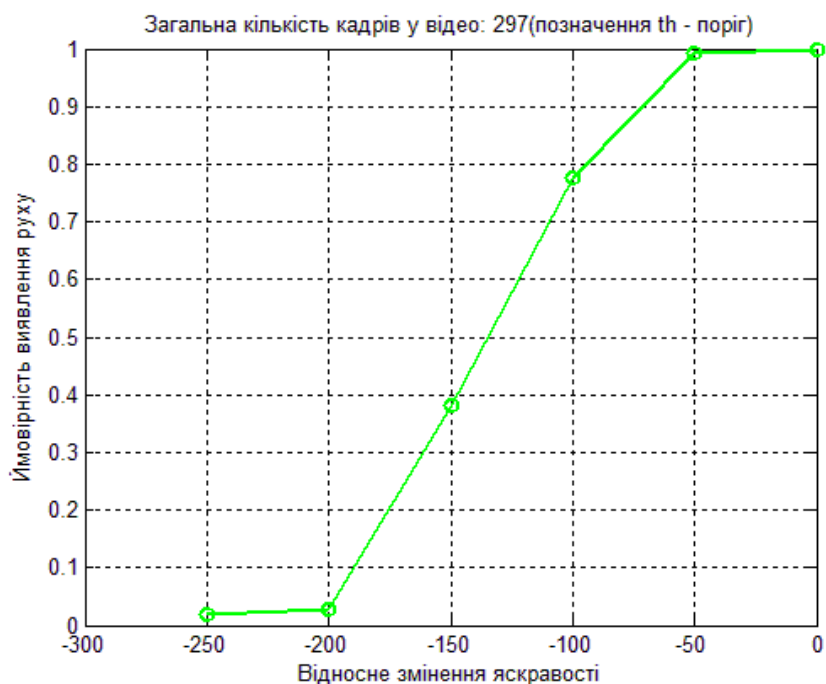


Рисунок 24 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 50$

З рисунків видно, що характер залежності не змінився, але маємо відносні величини (ймовірності виявлення руху). В певних випадках може спостерігатись певне збільшення

ймовірності до величини, що є більшою за 1, але ці значення є похибкою внаслідок малої кількості досліджень й ліквідація цієї помилки вимагає проведення більшої кількості досліджень.

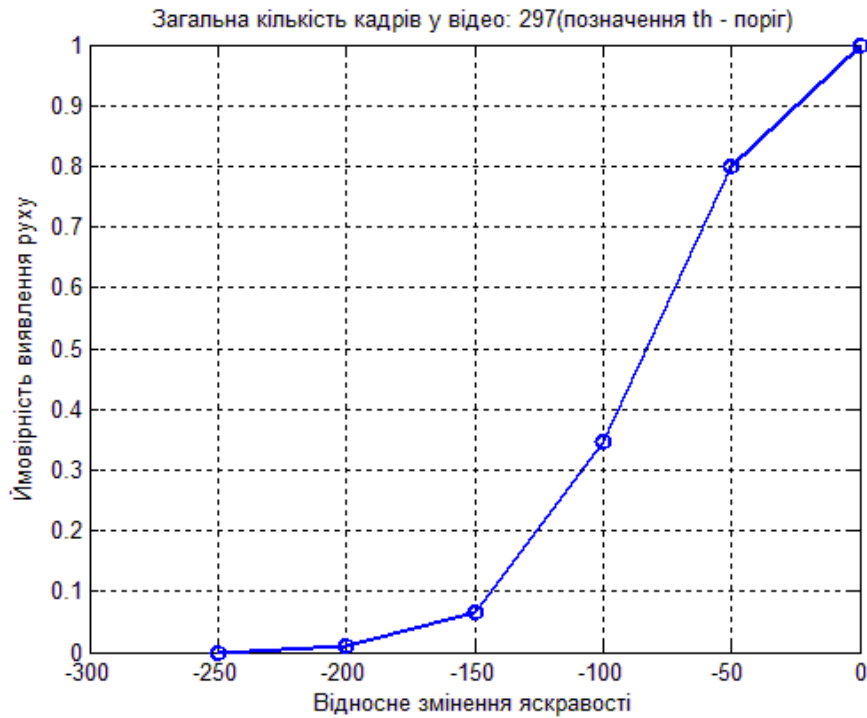


Рисунок 25 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 100$

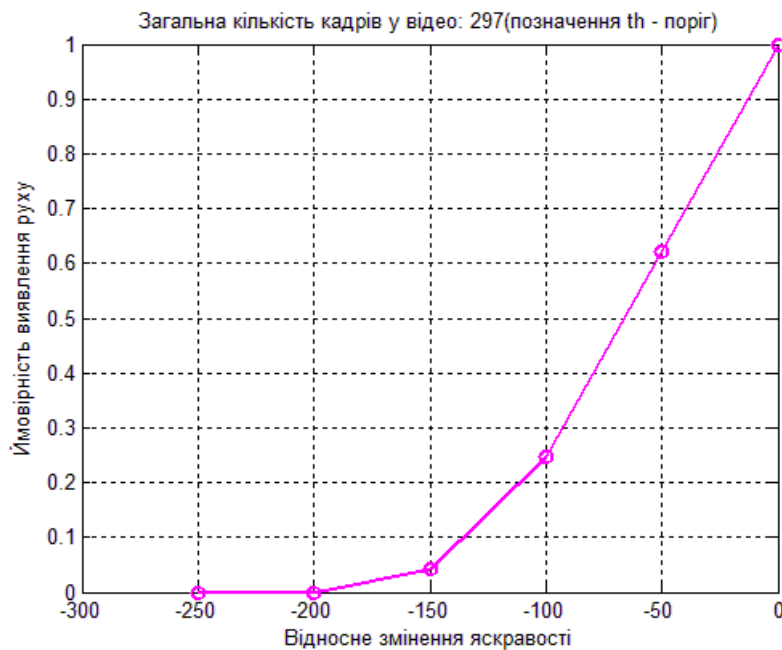


Рисунок 26 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 150$

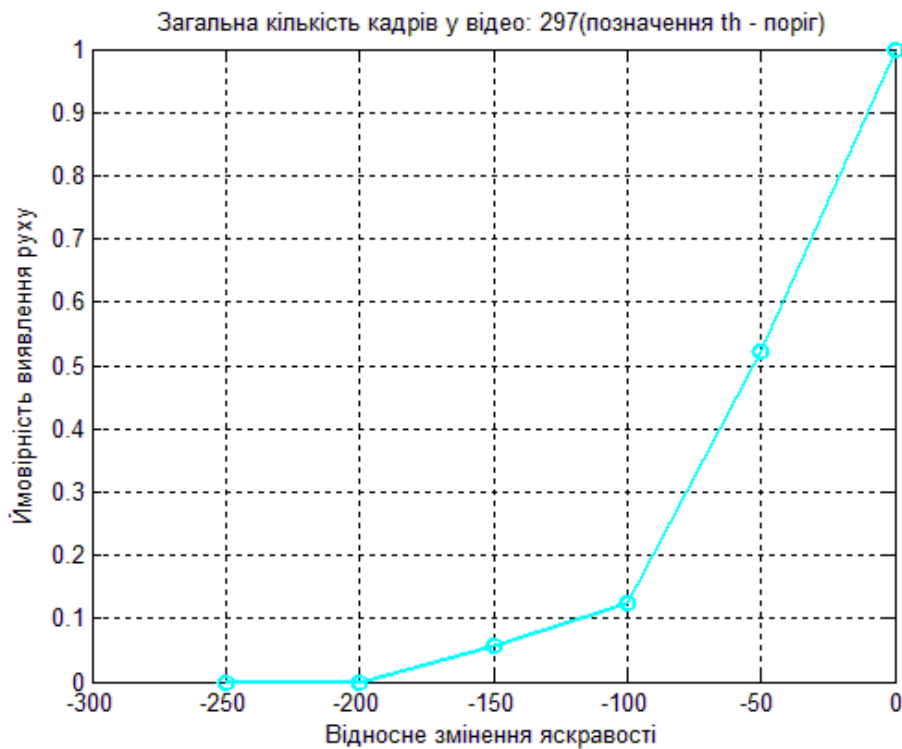


Рисунок 27 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 200$

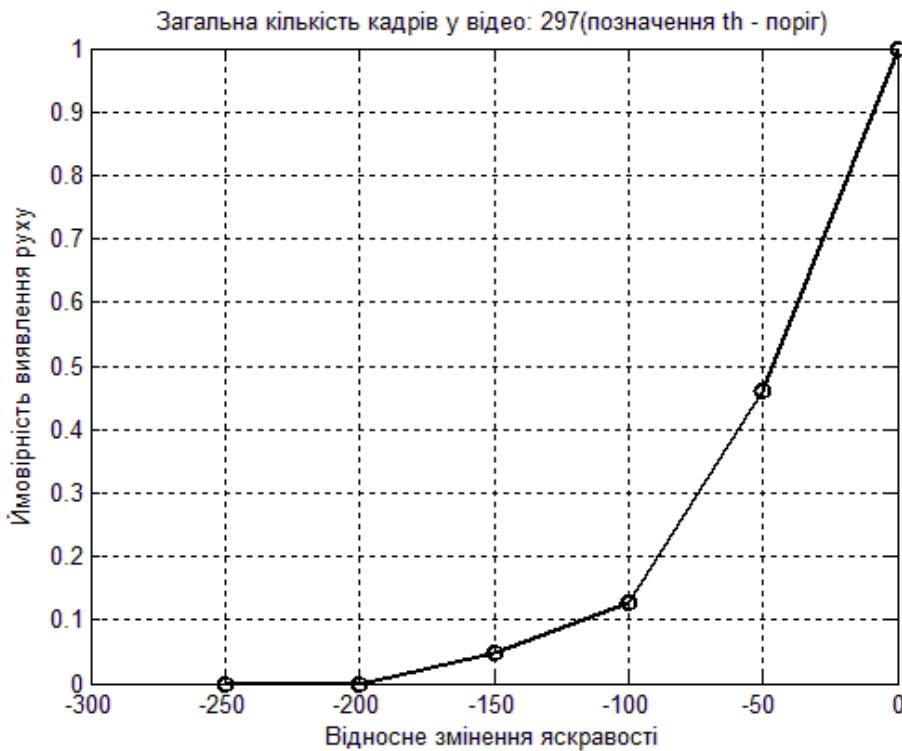


Рисунок 28 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 250$

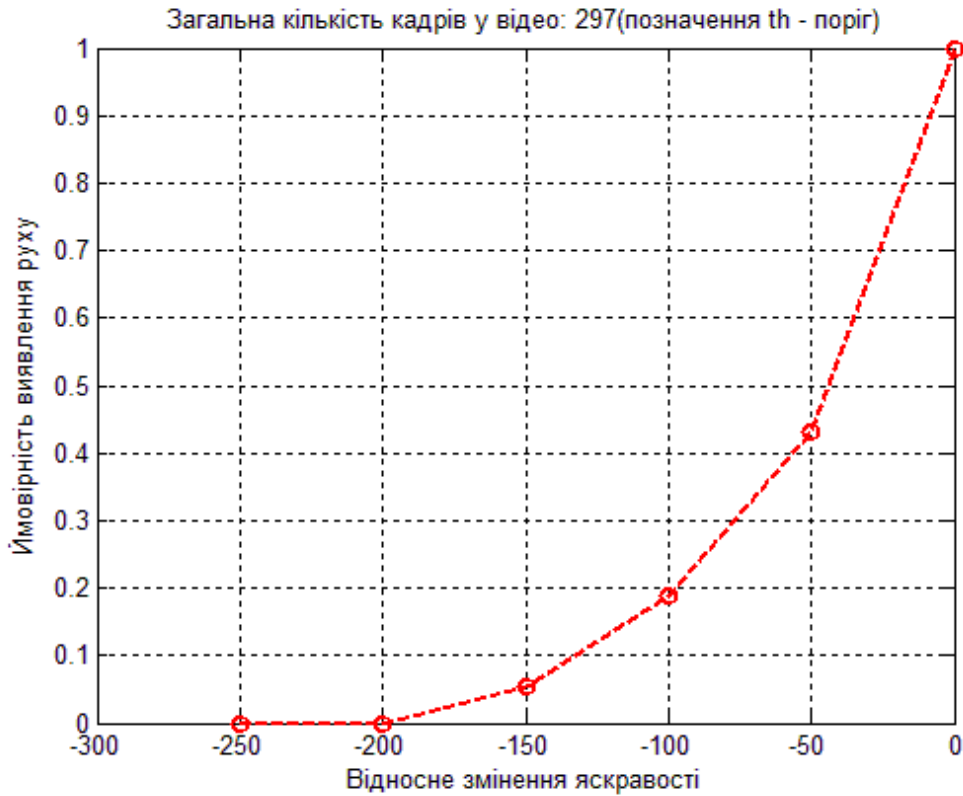


Рисунок 29 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 300$

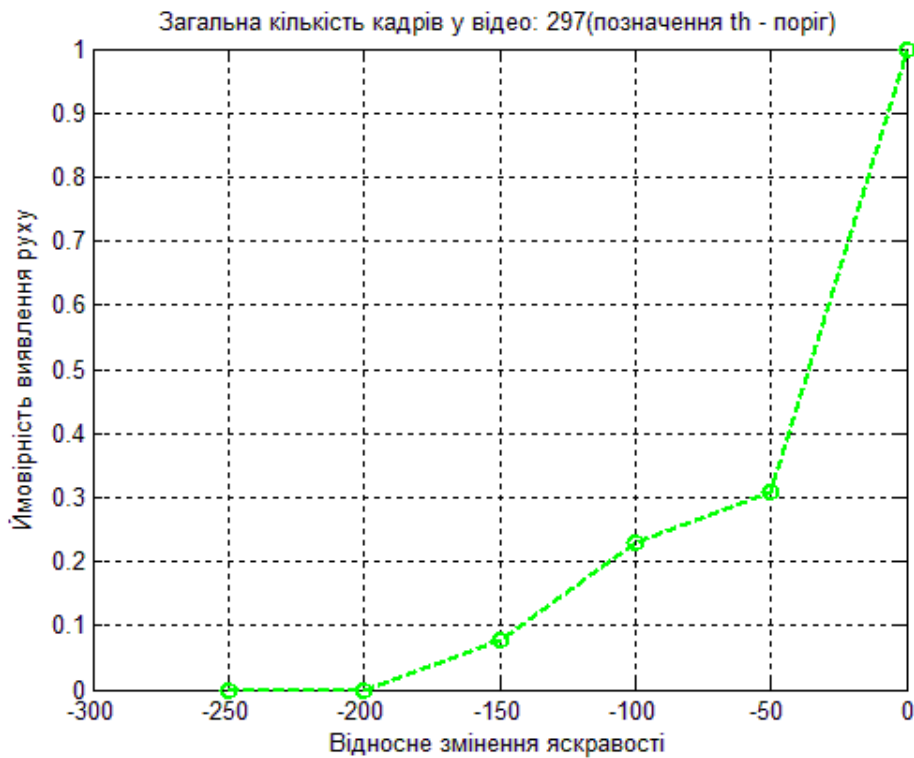


Рисунок 30 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 350$

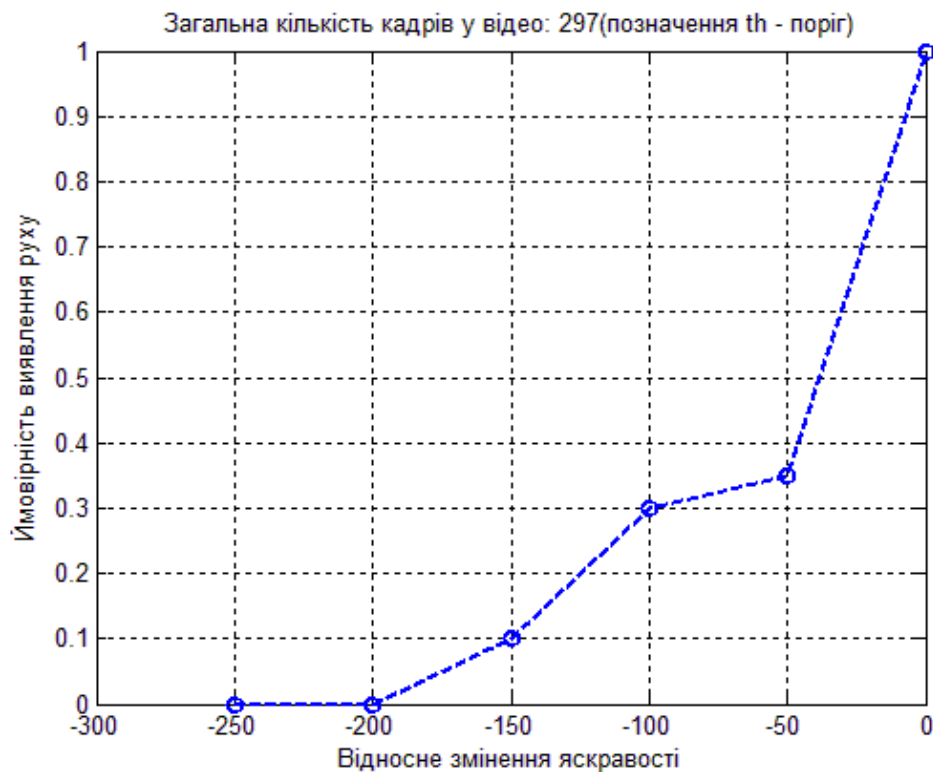


Рисунок 31 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 400$

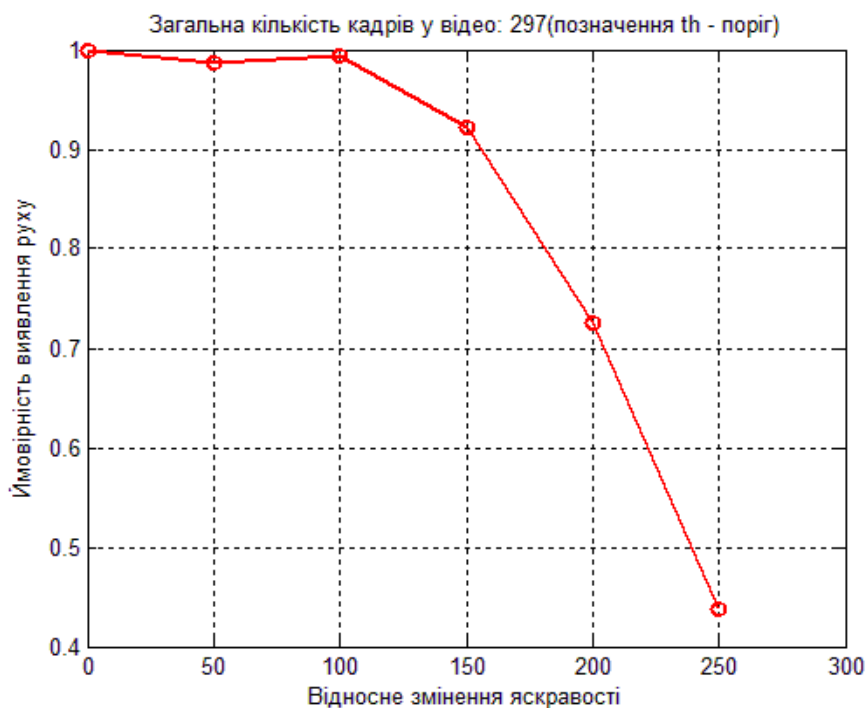


Рисунок 32 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 25$

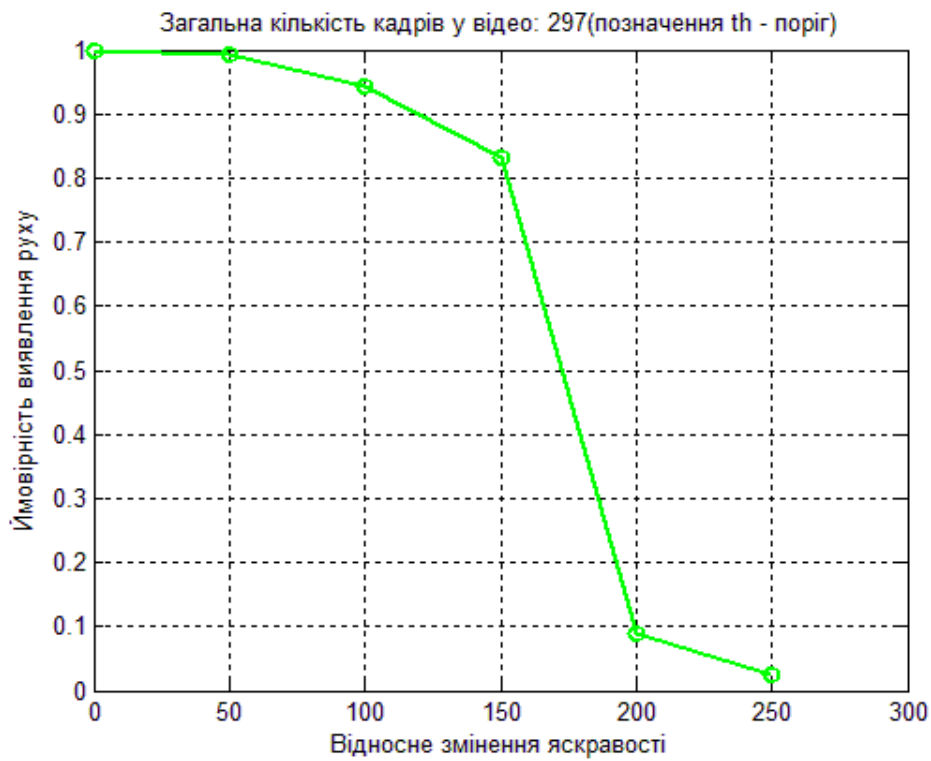


Рисунок 33 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 50$

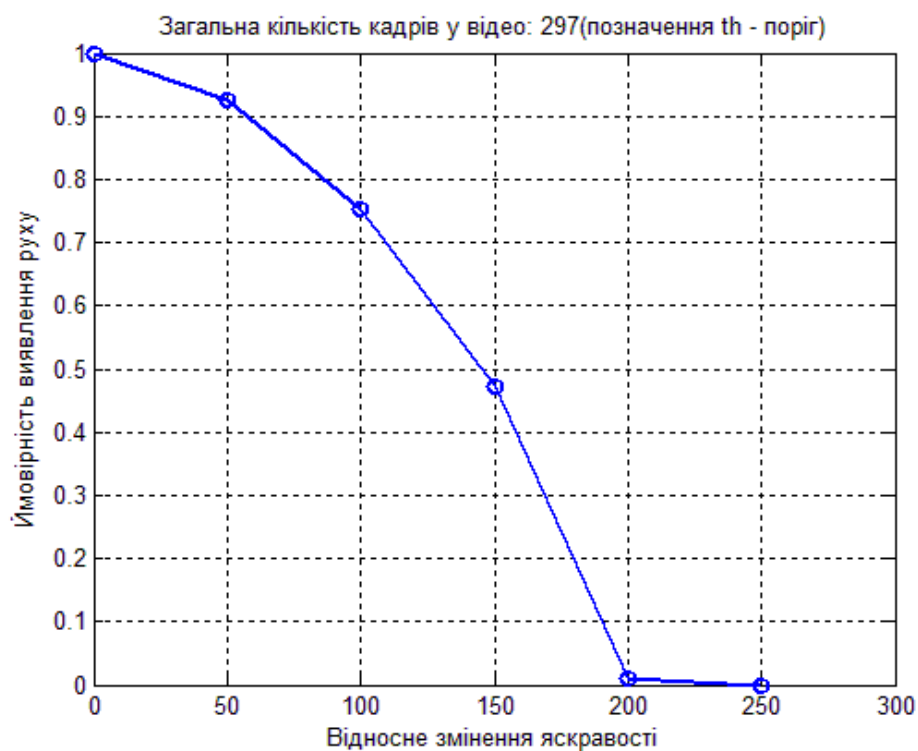


Рисунок 34 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 100$



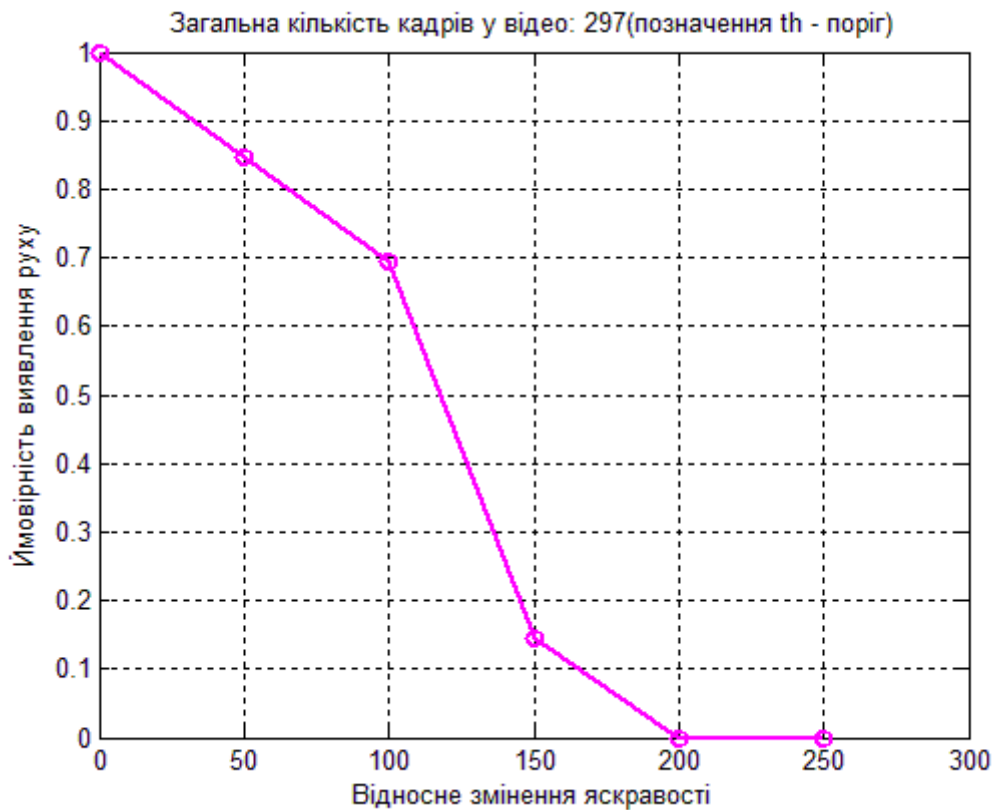


Рисунок 35 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 150$

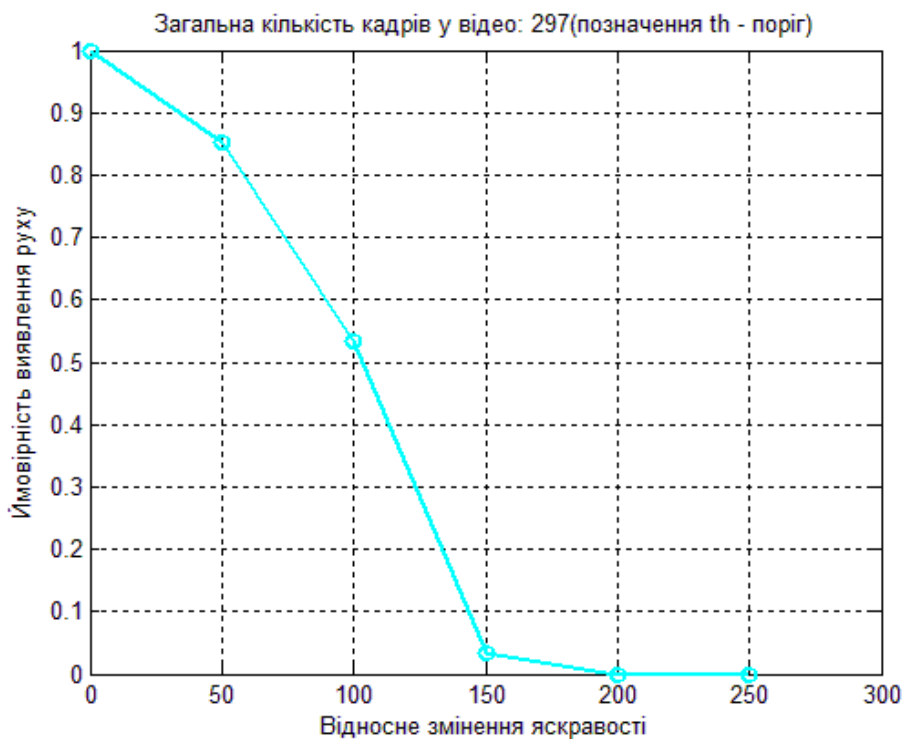


Рисунок 36 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 200$

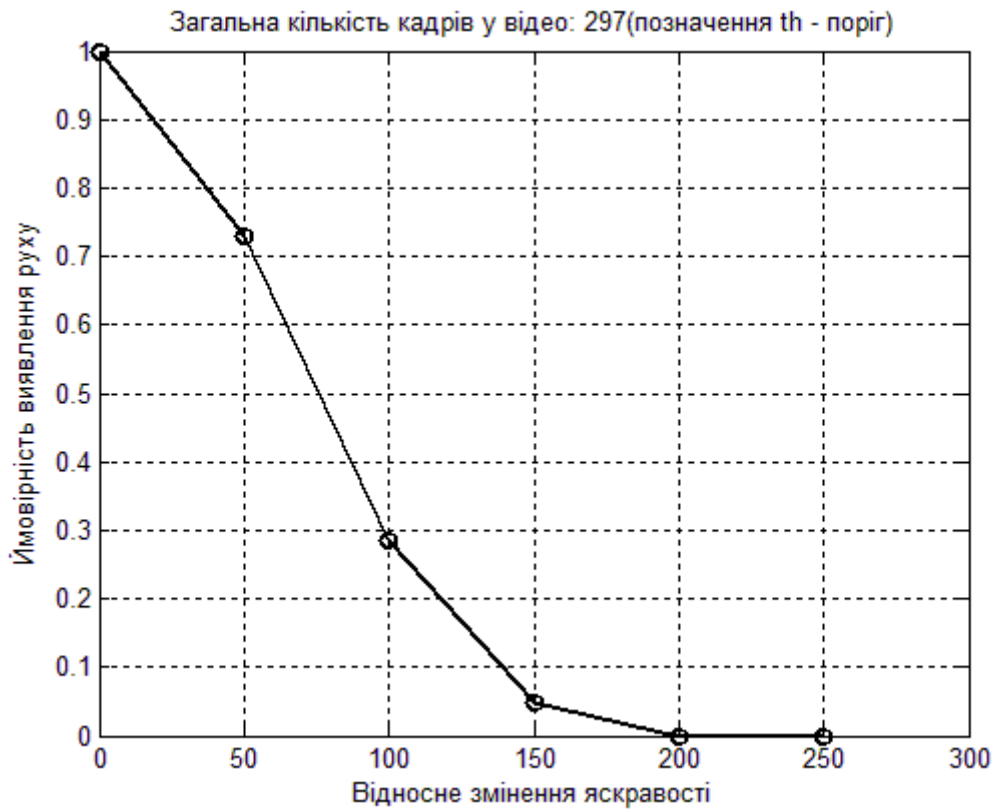


Рисунок 37 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 250$

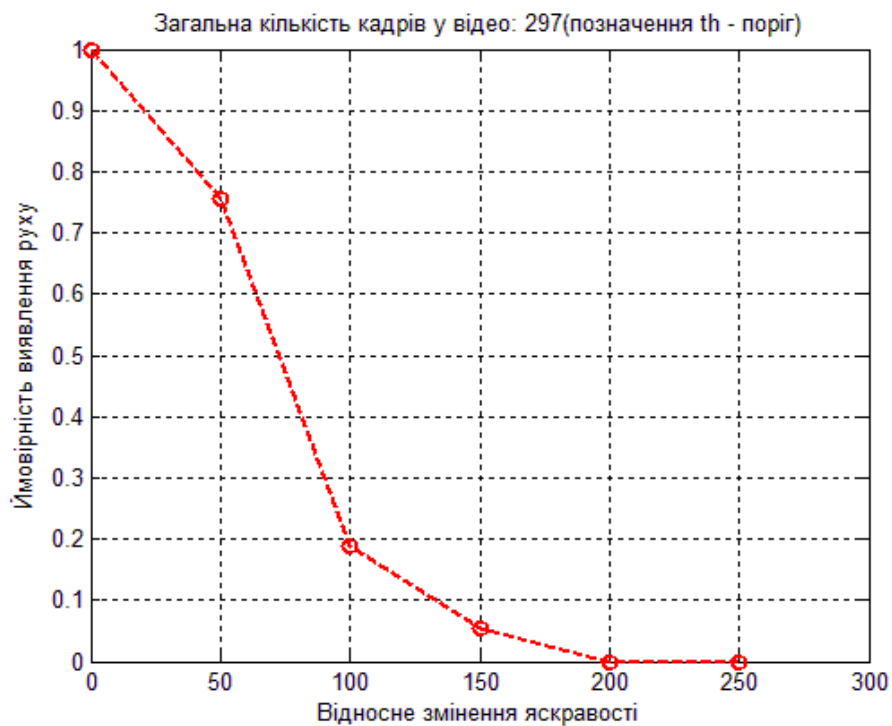


Рисунок 38 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 300$

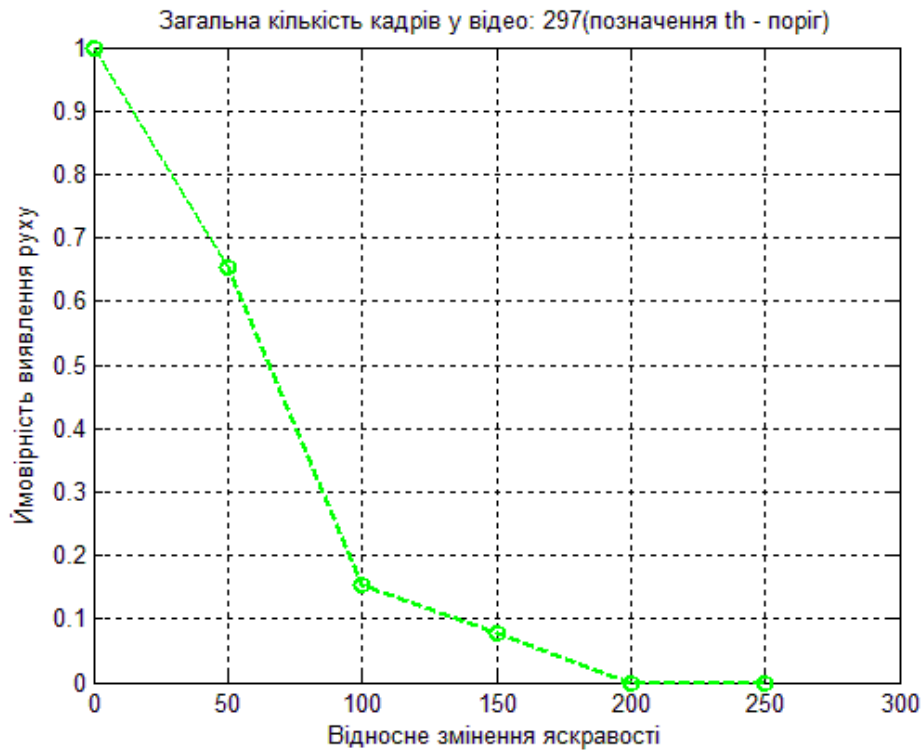


Рисунок 39 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 350$

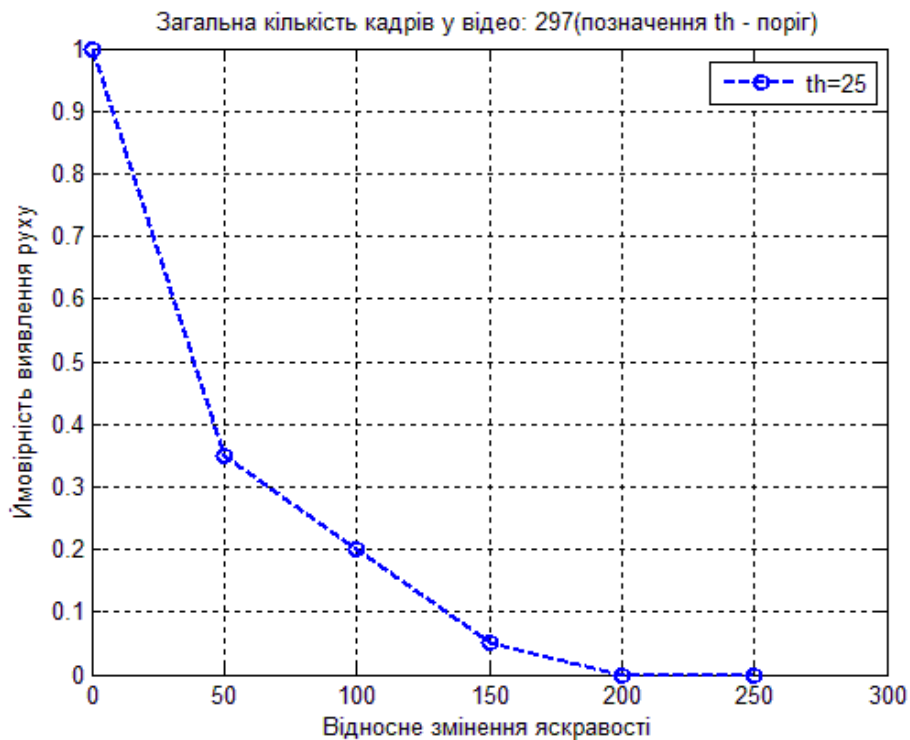


Рисунок 40 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного зміння яскравості при значенні порогу при значенні порогу  $th = 400$

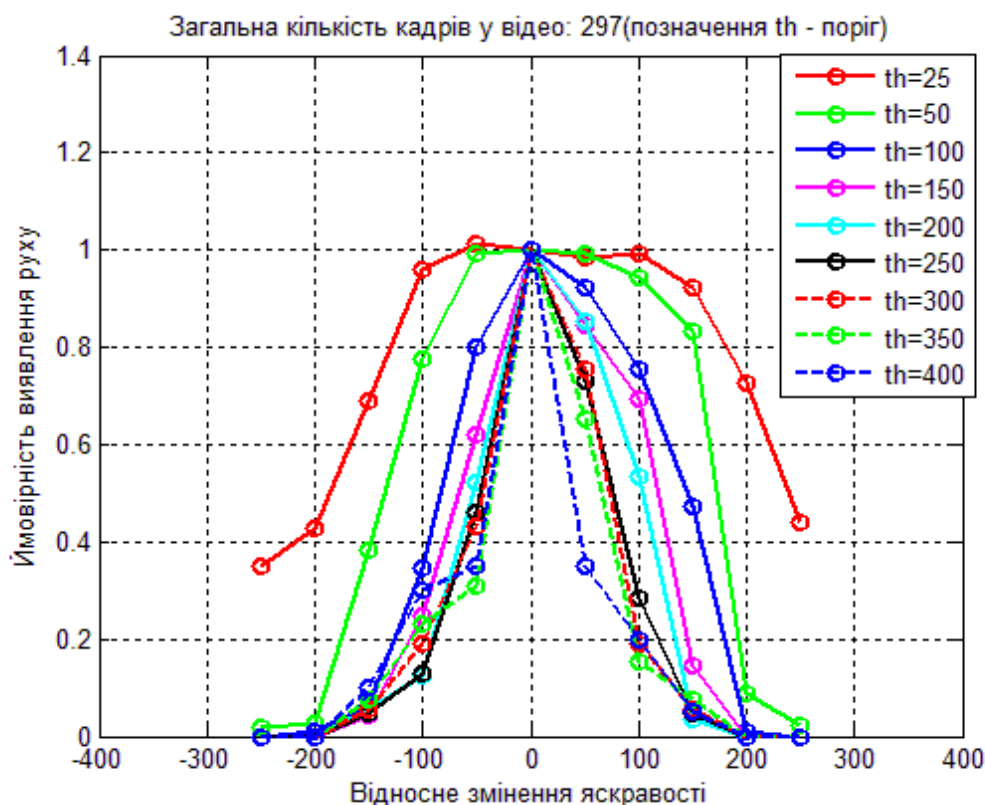


Рисунок 41 – Залежність ймовірності виявлення руху від відносного змінення яскравості при значенні порогу при всіх значеннях порогу

Таблиця 4.1 – Кількісні показники виявлення руху у відео послідовностях при зміні відносної яскравості зображення

Відеопослідовності з значним рухом (7,5 секунди (220 кадрів з рухом), ймовірність 0,9)					
Поріг	25	50	100	150	200
Припустиме змінення яскравості	- 110...110	-90...90	-25..25	<5	<5
Поріг	250	300	350	400	
Припустиме змінення яскравості	<5	<5	<5	<5	
Відеопослідовності з малим рухом (5 секунди (147 кадрів з рухом), ймовірність 0,9)					
Поріг	25	50	100	150	200
Припустиме змінення яскравості	- 175...175	- 125...125	-85..85	-75..75	-50...50
Поріг	250	300	350	400	
Припустиме змінення яскравості	-45...45	-40...40	-35...35	-32...32	

Окрім того, оцінювалось кількість вірно визначених номерів кадрів з рухом та не вірно визначених кадрів (рисунок 42 та 43). Видно, що з зменшенням або збільшенням яскравості зображення кількість кадрів, номери яких визначено вірно, зменшується й в залежності від значення порогу така залежність може бути незмінною певний час або зменшуватись миттєво.

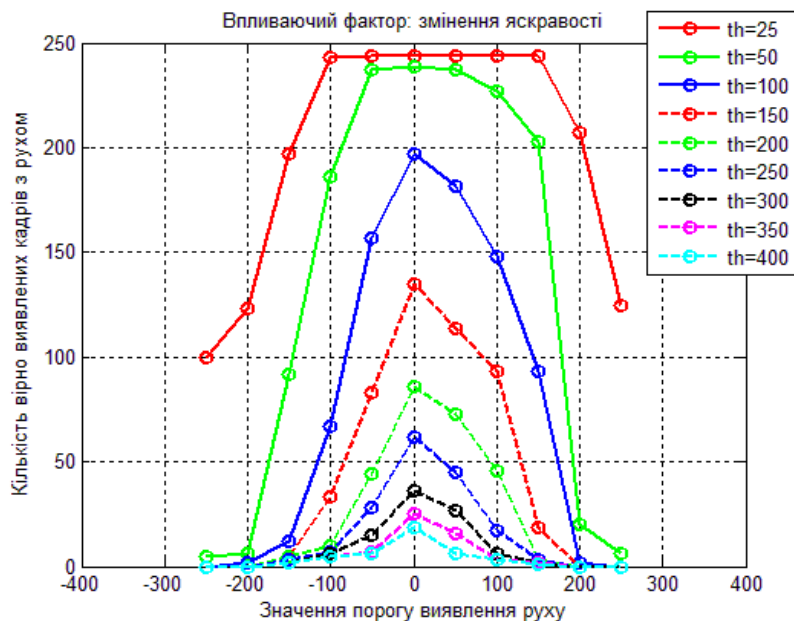


Рисунок 42 – Залежність кількості вірно виявлених кадрів з рухом від відносного змінення яскравості при всіх значеннях порогу

Дещо інша ситуація з невірно визначеними номерами кадрів. При зменшенні яскравості їх кількість менша, ніж у випадку збільшення яскравості. Також спостерігається залежність від значення порогу.

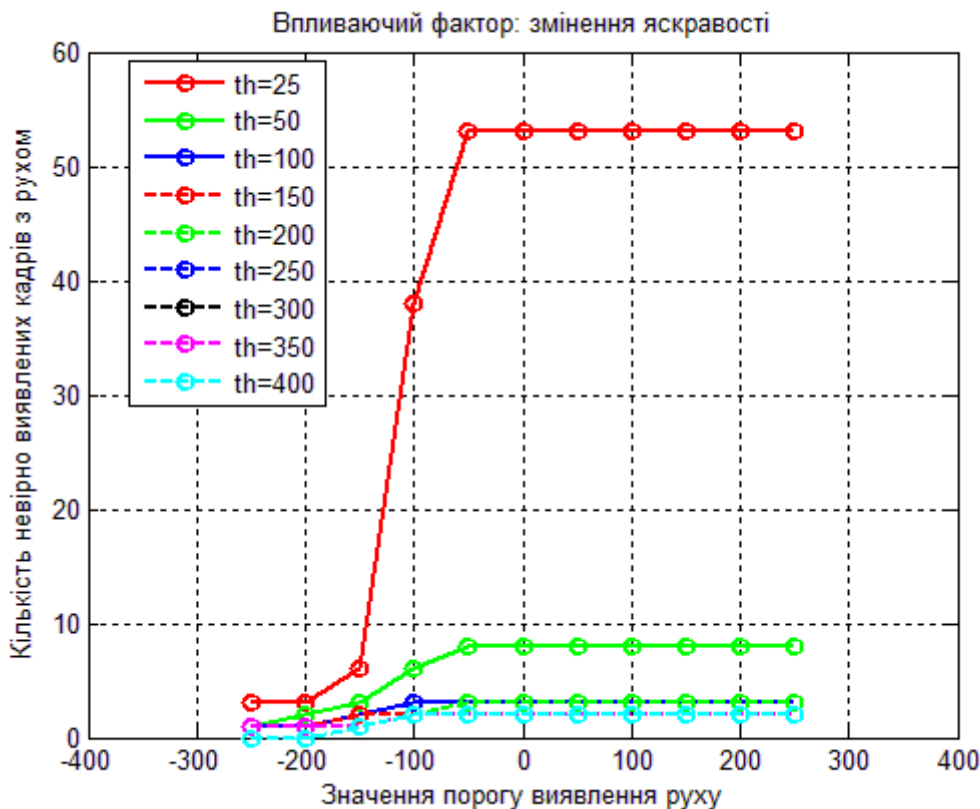


Рисунок 43 – Залежність кількості невірно виявлених кадрів з рухом від відносного змінення яскравості при всіх значеннях порогу

(ЧАСТИНА 2 СТАТТІ БУДЕ ПРЕДСТАВЛЕНА В НАСТУПНОМУ НОМЕРІ ЖУРНАЛУ «ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ»)

REFERENCES

- 1 ITU-T F.743.1 Recommendation (2015) Requirements for intelligent visual surveillance
- 2 ITU-T H.743.1 Recommendation (2019) Architecture for intelligent visual surveillance systems
- 3 ITU-T H.626 Recommendation ITU-T H.626 (2011), Architectural requirements for visual surveillance
- 4 Дамьяновский Вlado. CCTV. Библия видеонаблюдения. Цифровые и Сетевые Технологии. Пер, с Англ. – М.: ООО “Ай-Эс-Эс Пресс,” 2006.
- 5 Кругль Герман. Профессиональное видеонаблюдение. Практика и технологии аналогового и цифрового CCTV. –Security Focus. – 2017.
- 6 Анштедт Торстен, et al. Відеоаналітика: міфи і реальність. –Security Focus, –2012.

REFERENCES

- 1 ITU.*ITU-TF.743.1 Recommendation. Requirements for intelligent visual surveillance.*2015.
- 2 ITU.*ITU-TH.743.1 Recommendation Architecture for intelligent visual surveillance systems.*2019.
- 3 ITU.*ITU-TH.626 Recommendation. Architectural requirements for visual surveillance.*2011.
- 4 Damyanovskiy, Vlado. *CCTV. Bibliya Videonablyudeniya. Tsifrovyye i Setevyye Tehnologii (CCTV. Video surveillance bible. Digital and Networking Technologies).* Per, s Angl. M.: ООО “Ay-Es-Es Press”, 2006.
- 5 Krugl, German. *Professionalnoe Videonablyudenie. Praktika i Tehnologii Analogovogo i Tsifrovogo CCTV (Professional video surveillance. Practice and technology of analog and digital CCTV).* Security Focus, 2017.
- 6 Anshtedt, Torsten, et al. *Videoanalitika: Mifi I RealnIst (Video analytics: myths and reality).* Security Focus, 2012.