

Панарін Валерій Ігорович

студент

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВИХ
ТОЧОК ЗОБРАЖЕННЯ СПОСОБАМИ З МІНІМАЛЬНОЮ
КІЛЬКІСТЮ ОПЕРАЦІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ
ВИКОРИСТАННЯ В ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМАХ
ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ**

Анотація. У роботі представлено порівняння та аналіз способів виявлення значимих точок зображення за метою виявлення оптимального способу для використання в алгоритмах стиснення та обробки зображень в енергоефективних системах. Наведено постановку задачі, аналіз подібних публікацій, сформульовано проблему та описано шляхи та засоби її вирішення.

Ключові слова: обробка зображень, особливі точки, стиснення зображень, енергоефективні системи.

Вступ. В наш час все більшої актуальності набувають енергоефективні технології, які можуть бути використані для побудови систем розумного міста, використовуватись в системах відеоспостереження, систем для обробки та аналізу даних.

Розглядаючи системи для розумних міст, варто виділити два основних підходи до обробки даних сенсорами: обробка даних на місці та

передача необроблених даних іншим частинам системи, які займаються аналізом отриманих даних.

В наш час велика кількість камер відеоспостереження виступає лише в ролі джерела необроблених відеоданих, що передає відеодані іншим системам, які займаються аналізом даних. Через це стає питання попередньої обробки даних перед їх передачею з метою ефективного стиску даних з мінімальними втратами інформації.

Підхід з обробкою даних на місці має свої переваги, оскільки дозволяє зменшити навантаження на сервери обробки даних, зменшити кількість інформації, що передається через мережу і мінімізувати кількість зайвої інформації, що зберігається в базах даних. При такому підході потрібно використовувати алгоритми та підходи, що виконують мінімум операцій, тим самим зменшуючи енергоспоживання систем для збору даних, дозволяючи створювати малогабаритні сенсори, що можуть житись від компактних джерел живлення, при цьому надаючи функціональність для обробки даних на місці на прийнятному рівні. Також використання енергоефективних алгоритмів, зменшує вартість системи, оскільки менша складність системи дозволить використовувати менш потужні та відповідно дешевші компоненти системи.

Окремо варто виділити системи, що розміщені в місцевостях, де передача даних на сервер для обробки даних є неможливою, або забезпечення каналів для передачі даних є складним чи невиправдано дорогим.

Таким чином можна виділити такі основні переваги використання енергоефективних систем:

Зменшення вартості системи

Мінімізація складності обчислень в системах для обробки даних дозволяє здешевити такі системи за рахунок менш потужних компонентів.

Зменшення трафіку даних при передачі через мережу

При обробці даних з відеокамер одразу на місці дозволяє зменшити об'єм даних, що передається на сервер та робить систему придатною для використання в місцевостях, де зв'язок відсутній повністю або передача великих об'ємів даних не можлива.

Компактність систем для збору даних

Енергоефективність при обробці даних на місці дозволяє робити елементи системи компактними, а споживання енергії мінімальним або повністю виключати потребу у постійному живленні від мережі та використання живлення від компактних джерел живлення.

В даній роботі проводиться аналіз способів визначення особливих точок зображення з метою визначення найбільш ефективного способу, що дасть прийнятний результат та буде виконувати мінімум операцій. Особливі точки [1] – це точки зображення, що мають більшу інформативність порівняно з іншими точками зображення. Особливі точки зображення використовуються для вирішення багатьох задач серед яких розпізнавання об'єктів, відслідковування об'єктів, що переміщуються, побудови панорамних зображень тощо. Також особливі точки можуть бути використані для створення відеокодеків, що використовують стиснення з мінімальними втратами корисної інформації. В даному дослідженні способи пошуку особливих точок обрані з врахуванням їх застосовності для систем з низьким енергоспоживанням, оскільки в таких системах мінімізація кількості операцій є одним з найважливіших факторів, при цьому точність визначення особливих точок буде нижньою ніж при використанні більш точних але складних алгоритмів, таких як SURF [2] чи BRISK [2].

Актуальність. Виявлення особливих точок зображення з мінімальними обчисленнями є актуальною задачею, оскільки енергоефективні системи відеоспостереження з обробкою одразу на місці

мають свої конкурентні переваги на ринку, також дозволяють зменшити вартість виготовлення системи та зробити їх повністю автономними.

Було проведено порівняння трьох способів, що виконують малу кількість операцій для виявлення особливих точок та проаналізовано їх ефективність відносно один одного. Пошук значимих точок зображення важливий при розробці подібних систем, оскільки дозволяє виділити найбільш важливі дані на зображенні, що може бути використано при аналізі даних на місці, зменшивши кількість даних з якими потрібно працювати, також це може бути корисно при передачі даних для обробки на віддалений сервер, оскільки можна розроблювати алгоритми для стиснення даних, що будуть мінімізувати втрати корисної інформації

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження методів та порівняння способів визначення особливих точок зображення способами, що можуть бути застосовані в енергоефективних системах для збору та аналізу зображень та відеоданих.

Задачею є порівняння точності пошуку особливих точок зображення та отримання даних, що можуть бути використані при виборі алгоритмів при створенні енергоефективних систем. При визначенні особливих точок розглянутими способами можуть бути оцінені такі властивості особливих точок [3], як відмінність, інваріантність, стабільність та інтерпретованість.

Завдання дослідження. Завданням дослідження є визначення оптимального способу знаходження особливих точок серед трьох енергоефективних способів.

Об'єктом дослідження роботи є енергоефективні способи визначення особливих точок зображення.

Предметом дослідження є аналіз та порівняння трьох енергоефективних способів для визначення особливих точок зображення.

Аналіз існуючих способів визначення особливих точок зображення

Існує велика кількість алгоритмів для пошуку особливих точок зображення, більшість з них містять велику кількість операцій. Прикладом такого способу є SUFR [2]. В його основі лежить пошук особливих точок за допомогою матриці Гессе. Під час пошуку значимих точок визначається напрямок найбільшого росту яскравості. Під час пошуку точок даним способом перебираються різні масштаби фільтрів для визначення матриць Гессе. Після чого для кожної точки потрібно визначити градієнт за допомогою фільтрів Хаара. Також для кожної значимої точки обраховується дескриптор, що складається з 64 чисел. Серед переваг такого способу є те, що дескриптори особливих точок є інваріантними відносно обертання та масштабування зображення. Також схожий підхід використовують при пошуках особливих точок іншими способами, такими як BRISK.

Еще одним прикладом способу виявлення особливих точок є метод Харріса [2], що є покращеною версією методу Моравеця [4]. В основі даного методу також лежить дослідження зміни яскравості зображення, що шукається за допомогою вікна розміром 5 на 5 точок чи більше. Вартові відмітити, що через велику складність деяких обчислень в методі вводиться деяка емпірична константа для відсіювання точок, що менше певного порогу. Даний метод інваріантний відносно обертання зображення чи зміни його яскравості, але недоліками є чутливість до шумів та масштабування зображення.

Більшість способів для визначення особливих точок зображення потребують достатньо великої кількості операцій, що зменшує їх придатність для використання в енергоефективних системах, але забезпечує наявність у знайдених особливих точок певного набір властивостей.

Розглянуті способи пошуку особливих точок

Три розглянутих в даній статі способи визначення особливих точок використовують схожий принцип. Зображення розбивається на рядки по горизонталі та вертикалі. Кожен рядок розглядається як таблично задана функція. Розглянуті способи використовують прості операції для визначення значимих точок. Пошук значимих точок відбувається для кожного рядка та стовбця точок зображення, після чого залишаються лише точки, що були визначені як особливі і по горизонталі, і по вертикалі.

Перший розглянутий спосіб виділяє у якості особливих точок точки перегину, тобто точка вважається особливою, якщо функція в даний момент починає зростати чи навпаки спадати. Для виявлення зростання функція використовується порівняння різниці між двома попередніми точками ($n - 1$ та $n - 1$) та поточною та попередньою ($n - 1$ та n).

Другий розглянутий спосіб використовує схожий спосіб, але з використанням екстремумів.

Третій спосіб вираховує другу похідну кожної точки та визначає особливі точки як ті, при яких функція починає зростати чи спадати. Даний спосіб найбільш точно визначає точку перегину функції, але потребує більшої кількості операцій. Для визначення другої похідної застосовувався метод з використанням сплайну Акіми [5].

Отримані особливі точки

Серед розглянутих способів, спосіб з використанням другої похідної для визначення особливих точок можна назвати найточнішим, оскільки при його використанні при візуальному огляду зберігається найбільше інформації зрозумілої людині, також точність обчислення напрямку зростання та спадання функції також більш точно обчислюється саме цим методом.

Для досліджень використовувалось зображення на якому присутні як зони з важливими об'єктами так і зони без важливих об'єктів. На

оригінальному зображенні присутня зашумленість, що не впливає на сприйняття картини людиною, але сильно впливає на отримані результати. Для випадків з зменшеною зашумленістю використовувався медіанний фільтр з розміром вікна 3 та кроком 1.

Результати отримані трьома способами дуже різняться. Складемо таблиці для порівняння отриманих особливих точок.

Таблиця 1

Порівняння способів з використанням екстремумів та точок перегину

Ряд точок зображення	Кількість знайдених особливих точок різними способами		Однакові знайдені точки
	Використання екстремумів	Використання точок перегину	
Присутні важливі об'єкти, багато шуму	116	121	54
Відсутні важливі об'єкти, багато шуму	189	218	125
Присутні важливі об'єкти, мало шуму	28	100	9
Відсутні важливі об'єкти, мало шуму	133	194	72

Таблиця 2

Порівняння способів з використанням екстремумів та точок перегину знайдених за допомогою другої похідної

Ряд точок зображення	Кількість знайдених особливих точок різними способами		Однакові знайдені точки
	Використання екстремумів	Використання точок перегину з другою похідною	
Присутні важливі об'єкти, багато шуму	116	171	66
Відсутні важливі об'єкти, багато шуму	189	233	135
Присутні важливі об'єкти, мало шуму	28	152	12
Відсутні важливі об'єкти, мало шуму	133	231	88

Таблиця 3

Порівняння способів з використанням точок перегину та точок перегину знайдених за допомогою другої похідної

Ряд точок зображення	Кількість знайдених особливих точок різними способами		Однакові знайдені точки
	Використання точок перегину	Використання точок перегину з другою похідною	
Присутні важливі об'єкти, багато шуму	121	171	102
Відсутні важливі об'єкти, багато шуму	218	233	195
Присутні важливі об'єкти, мало шуму	100	152	80
Відсутні важливі об'єкти, мало шуму	194	231	180

Аналіз отриманих результатів. При розгляді результатів з використанням трьох розглянутих в статті способів визначення особливих точок можна побачити основний їх недолік, який полягає в тому, що дані способи окрім визначення дійсно особливих точок розпізнають особливі точки на фоні, де присутній шум, що каже про те, що дані способи потребують модифікації для отримання результатів, які будуть задовольняти певним вимогам, для того, щоб їх можна було використовувати при побудові енергоефективних систем відеоспостереження тощо.

Серед переваг даних способів треба відмітити їх простоту в реалізації та низьку кількість обчислень, порівняно з більш складними способами.

Порівняємо попарно розходження результатів отриманих різними способами. Для обрахування розходження між двома способами у відсотках використовуючи формулу:

$$R = 100\% - \frac{m \cdot 100\%}{\max(a,b)},$$

де a – кількість точок знайдених першим способом, b – кількість точок знайдених другим способом, m – кількість точок, які були одночасно знайдені і першим, і другим способами.

Для способів з використанням екстремумів та точок перегину середнє розходження для всіх розглянутих випадків складає 63.01%.

Для способів з використанням екстремумів та точок перегину знайдених за допомогою другої похідної середнє розходження для всіх розглянутих випадків складає 59.87%.

Для способів з використанням точок перегину та точок перегину знайдених за допомогою другої похідної середнє розходження для всіх розглянутих випадків складає 31.53%.

З отриманих результатів можна побачити, що використання другої похідної замість спрощеного способу пошуку перегинів значно підвищує точність пошуку. Спосіб з використанням екстремумів має найнижчу точність, також важливо, що в частинах зображення де присутні важливі об'єкти даний спосіб знаходить дуже малу кількість особливих точок.

Висновки. У даній роботі був розглянуто способи пошуку особливих точок зображення, що використовуються невелику кількість операцій для обчислення точок.

Перевагами розглянутих способів є мала кількість операцій та приріст складності обчислення точок відповідно до збільшення розміру зображення, що задовольняють вимоги до даного способу при побудові енергоефективних систем.

Недоліком всіх трьох способів є те, що фонах, які не містять важливих об'єктів, але містять велику кількість шумів, дані способи помилково виявляють велику кількість особливих точок, що при аналізі зображення не мають великої цінності. Виходячи з цього можна зробити висновок, що дані способи потребують модифікації, а також повинні використовуватись у комбінації з іншими інструментами обробки зображень, такими, як фільтрація зображень від шумів.

Література

1. Веричев В. Обучаемый детектор особых точек изображения. Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва.
2. Випускна кваліфікаційна робота бакалавра «Сравнительный анализ методов нахождения особых точек на изображении». Бубенчиков Максим Александрович, Санкт-Петербургский Государственный Университет
3. «Точечные особенности» [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. URL: <https://ppt-online.org/81882>
4. «Анализ изображений и видео» [Электронный ресурс]: [Веб-сайт]. – URL: <https://docplayer.ru/75679321-Analiz-izobrazheniy-i-video-chast-2-lokalnye-priznaki.html>
5. Наукова стаття «Определение параметров характерных точек температурного профиля реактора посредством сплайновой интерполяции», Черных А.А., Магергут В.З., Шевцов М.Ю., Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.