

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ОЦІНЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ОБ'ЄКТА ПРИ ЗМАЗІ ЗОБРАЖЕННЯ

© Пелешко Д., Кустра Н., Клювак А. 2011

Розглядаються питання інтелектуальної обробки зображень. Основним результатом є підхід до оцінювання параметрів спотворення частини зображення внаслідок її руху відносно свого фону, а саме траєкторії цього руху. Розглядуваний підхід ґрунтується на відслідковуванні слідів, які залишають неоднорідності рухомого об'єкта під час руху, що дає можливість визначити траєкторію руху.

Ключові слова: зображення, траєкторія руху, оцінювання параметрів, неоднорідності, змаз зображення, дискретна функція розсіювання точки.

Questions of intellectual image processing. The main result is an approach to estimating the parameters of the image distortion due to its motion relative to its background, namely the trajectory of this movement. Under consideration approach is based on tracking trace, leaving heterogeneity moving object while driving, which makes it possible to determine the trajectory.

Keywords: image trajectory, estimation of parameters, heterogeneity, zmaz image, discrete function of point dispersion.

Огляд літературних джерел

Підходів до усунення спотворень зображень внаслідок руху є декілька. Деякі, як, наприклад, метод Шана [1], передбачають ітеративне покращення спотвореного зображення за деякими критеріями, а функція точки розсіювання (ФРС) також є результатом такої обробки і визначається уже після того, як зображення відновлене як функція, яка приводить результуюче зображення до вихідного. Такий клас методів не підходить, коли ми хочемо оцінити значення ФРС для того, аби реконструювати зображення. До методів із попереднім обчисленням ФРС належить зокрема метод групи авторів з Массачусетського технологічного інституту та Університету Торонто [2]. Тут оцінюють ФРС на основі відмінності розподілу градієнтів на оброблюваному зображенні та на неспотвореному зображенні. При цьому остання характеристика вважається однаковою для всіх природних зображень та була оцінена авторами, враховуючи статистичні дані. Як видно із результатів роботи цього алгоритму, ненульові елементи матриці ФРС розташовуються не тільки вздовж траєкторії руху, що спричинив змаз, але і утворюють відгалуження. Цього не може бути, оскільки траєкторія точки не може розгалужуватись, до того ж декілька разів. Такі невідповідності слід пояснити неточностями роботи алгоритму та неоднаковістю у розподілі градієнтів на різних зображеннях.

Постановка задачі

При реконструкції цифрових зображень, спотворених рухом об'єкта під час фотографування (т.зв. змаз), важливим є оцінювання дискретної функції розсіювання точки (ФРС), у цій сфері відомої ще як ядро згортки, або ядро розмиття. Оцінювання значення такої функції дає змогу реконструювати спотворене зображення одним із стандартних методів деконволюції. ФРС матрицею, сума елементів якої дорівнює одиниці. Метою публікації є запропонувати метод обчислення конфігурації ФРС, тобто топографію розміщення ненульових елементів ФРС. Розміщення цих елементів повторює траєкторію руху, який спричинив спотворення зображення.

Метод автоматизованого оцінювання траєкторії руху

При змазі рухом об'єкта кожна точка рухомого об'єкта своїм рухом повторює траєкторію руху всього об'єкта. Тому, накладаючись кожен момент часу в іншій точці своєї траєкторії, вона залишає свій слід[3]. Якщо це точка, розміщена в зоні невеликих градієнтів кольору, її слід накладеться на сліди сусідніх по траєкторії руху точок з близьким значенням кольору, і візуально вона виділяється не буде. У цьому разі однорідний фон при змазі усе одно залишиться однорідним фоном. Зовсім інше відбувається з особливими точками, – точками, які вирізняються на своєму фоні. Оскільки майже будь-який об'єкт не є абсолютно однорідним, такі точки в ньому присутні. Це можуть бути крайні точки кутів, точки на краях зон іншого кольору, просто окремі точки. Під час руху такі точки, оточені за своєю траєкторією точками однорідного фону, залишають свій видимий слід, який повторює траєкторію руху всього об'єкта, в якому вони знаходяться. Адже точки, які знаходяться на їх шляху за траєкторією руху в обидва боки, мають колір фону і, накладаючись, утворюють приблизно той самий колір. Так само точки околу не за траєкторією руху теж утворюють навколо сліду особливих точок звичайний колір фону.

Цю думку можна проілюструвати рис. 1.

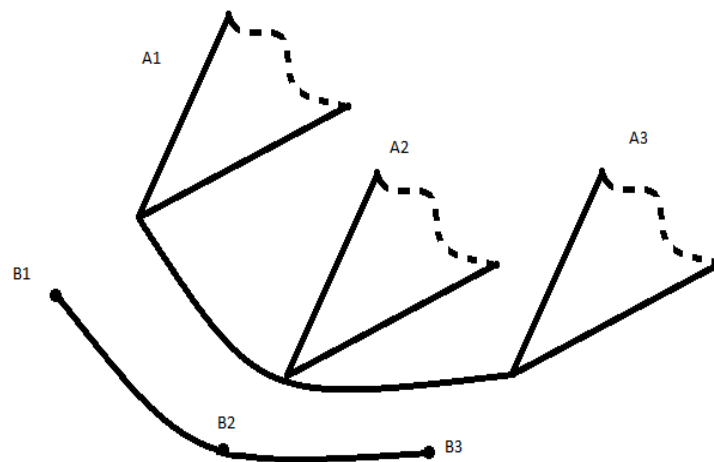


Рис. 1. Механізм утворення слідів руху всередині зображення рухомого об'єкта

Нехай на фоні деякого об'єкта, що рухається, виділяється кут деякої області іншого кольору та окрема точка іншого кольору. Як видно з рис. 1, кут іншої за кольором області рухомого об'єкта А (у позиціях А1-А2-А3) та точка іншого кольору В (у позиціях В1-В2-В3) здійснюють рух разом із усім об'єктом, до якого вони належать. Оскільки вони належать до одного об'єкта і є його точками з незмінними позиціями, їх переміщення відбувається за тією самою траєкторією. В момент початку експонування кадру позиція кута А1, тоді як початкова позиція точки В1, а кінцеві позиції (в момент закінчення експонування кадру) відповідно А3 та В3. Розміщення А2 та В2 відповідають деякому моменту часу між початком та кінцем експонування цього кадру. Як видно, уся зона від початкового положення зони А1 до кінцевого А3 відрізнятиметься за кольором від оточення, оскільки по цій площі була «розмазана» область А разом із сусідніми точками кольору фону (у деяких місцях – «буферній зоні» ці кольори змішались у певних пропорціях, а в деяких змішались кольори точок тільки самої зони А), тоді як за цією межею накладались один на одного тільки кольори точок фону.

Нижній край утвореної змазом області А зони точно повторюватиме траєкторію руху всього рухомого об'єкта. Те саме стосується і сліду, який залишить під час руху точка В: цей слід буде виділятися на фоні та збігатись із траєкторією руху цієї особливої точки.

Проілюструвати такий варіант можна фотографією, наведеною в статті [2] разом із відповідною ФРС. Тут наочно видно описаний вище варіант: невелика область відмінного кольору залишила візуальний слід на фотографії, що чітко відповідає розміщенню ненульових елементів матриці ФРС.

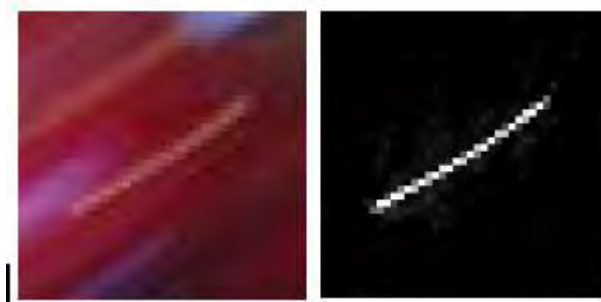


Рис. 2. Візуальний слід від змазу та відповідна ФРС

Отже, у цьому випадку матимемо таку особливість змазаного зображення: на зображенні існує дві області, відмінні за кольором від усередненого кольору фону, конфігурація нижніх країв яких є однаковою. Звідси можна вивести основний постулат цього методу: **розміщення ненульових елементів матриці ФРС зображення, спотвореного рухом, відповідатиме одному з варіантів країв зон з відмінним від оточення кольором, а саме тому, який буде найбільш статистично вагомим на даній ділянці спотвореного зображення.**

Обчислення ФРС змазаного зображення у такому разі передбачає 2 етапи:

1. Розрахунок топології ненульових елементів матриці ФРС шляхом пошуку найбільш статистично вагомий варіант крайньої лінії серед зон відмінного кольору;
2. Розрахунок значень ненульових елементів матриці ФРС.

У цій публікації розглядається тільки перший етап.

Ця концепція має два недоліки, які потрібно мінімізувати реалізацією алгоритму:

1. Чітка картина змінюється тоді, коли біля області іншого кольору знаходиться ще одна область іншого кольору на відстані, що не перевищує дистанцію траєкторії руху: в такому разі ці області частково перекриються і можуть утворити спільну область із своїми новими краями.

2. Дискретизація цифрового зображення на піксели та шум матриці камери під час експонування можуть спотворити імовірно доволі плавну вигнуту лінію реальної траєкторії руху.

Алгоритм автоматизованого оцінювання траєкторії руху

Оскільки представлений метод ґрунтується на виділенні зон окремого кольору, алгоритм має ґрунтуватись на обробці градієнтів виділеного зображення. Під виділеним зображенням розуміють або повне зображення, спотворене рухом камери (повний змаз), або частину зображення, що є зображенням об'єкта, який швидко рухався під час експонування (частковий змаз). Ці градієнти досліджуються щодо наявності в них часто повторюваних елементів. Градієнтне поле методично "прочісується" рf різних порогових значень, оскільки ми не можемо знати наперед, за якою величиною часткової похідної проявиться цікава для нас закономірність. При цьому градієнтне поле ніби нарізається тонкими зрізами, кожен з яких досліджується окремо. Також часткові похідні по горизонталі та по вертикалі досліджуються майже однаково, але окремо, бо ми не можемо знати наперед, в якому переважному напрямі відбувався рух змазаного об'єкта – більше по вертикалі чи більше по горизонталі. Якщо рух був переважно горизонтальний, то він швидше буде виявлений обробкою горизонтальних часткових похідних, а якщо радше вертикальний, то горизонтальних. Суто вертикальні, горизонтальні та діагональні траєкторії трапляються рідко, під радше горизонтальними та радше вертикальними тут розуміють кути нахилу трендів траєкторій.

Сам алгоритм передбачає здійснення таких кроків:

1. **Зображення з кольорового переводиться у сіре.**

Так спрощується та прискорюється подальша обробка зображення.

2. **Обчислення величин градієнтів на цьому зображенні.**

При цьому отримуються дві матриці тієї самої розмірності, що і зображення: значення часткових похідних по горизонталі та по вертикалі.

3. **Взяття отриманих величин часткових похідних за модулем.**

Це робиться, оскільки нас не цікавить напрям зміни кольору (темніше на світлішому чи навпаки), а сам факт відмінності кольору на деякій ділянці та величина цієї відмінності. Інакше буде втрачено багато інформації при відсіканні величин часткових похідних за пороговим значенням.

4. Обробка часткових похідних по горизонталі та по вертикалі (всього 2 проходи):

а. Знаходження максимального значення.

Воно потрібне для визначення порогових значень. Оскільки наперед не відомо, в якому діапазоні будуть знаходитись значення часткових похідних, ми так можемо визначити його верхню межу для того, аби «прочесати» цей діапазон.

б. Для усіх значень часткових похідних від 50% до 100% максимального значення з кроком 1:

і. Визначення порогового значення.

Кожна ітерація циклу «прочісування» градієнтного поля відрізняється тільки величиною порогу, за яким виділяються ділянки зображення з іншим кольором на наступному кроці. Ми маємо справу тільки з верхньою половиною цього діапазону, бо в нижній його частині більша імовірність за шукану закономірність прийняти шум камери та інші дрібні елементи зображення об'єкта. Крок «прочісування» вибрано так, аби за будь-якого значення діапазону, з одного боку, не допустити однакових значень порогу на різних ітераціях циклу, з іншого – не пропустити якийсь важливий зріз.

ії. Виділення ділянок, значення часткових похідних для яких більше порогового значення (блоби) або дорівнює йому.

У результаті цього з'являється набір блобів, які обробляються в цьому циклі. Усі наступні дії повторюються по чергово для кожної блоби. Якщо повна маска (конфігурація та розміщення усіх блобів) повністю дорівнює отриманій на попередньому значенні порогу, то таку маску далі не обробляють, а переходять до наступної ітерації циклу.

ііі. Відкидання блобів, площа яких дорівнює одиниці.

Одиничні точки з кольором, що відрізняється від оточення, нерідко трапляються в зображеннях з різних причин, зокрема і через шум камери, але вони у жодному разі не можуть бути кандидатами на ФРС, бо така ФРС не являє собою жодної зміни зображення: після конволюції з одиничною ФРС будь-яке зображення перетворюється саме на себе.

іv. Виділення правих та лівих або верхніх та нижніх країв кожної блоби.

Праві та ліві краї виділяються для горизонтальних часткових похідних, а верхні та ліві – для вертикальних як такі, що більше характеризують кожний тип часткових похідних. Отже, з кожної блоби утворюється дві нові крайові блоби, а стара блоба далі не використовується. Інколи блоба є такою, що її протилежні краї однакові. Але це не означає, що ми відкидаємо одну з них, навпаки, такий характер блоби може свідчити про те, що саме вона являє собою ту закономірність, яку ми шукаємо.

v. Відкидання блобів, площа яких дорівнює одиниці.

Повторний фільтр за розміром. Одиночні матриці можуть знову з'являтися у результаті обробки на попередньому кроці.

vi. Пошук на майже тотожність серед інших блобів.

Після того, як чергову блобу утворено, вона додається до масиву блоб та порівнюється з усіма вже доданими. При цьому рахується кількість тотожностей. Якщо кількість тотожностей більша за поточне значення найбільшої кількості тотожностей, це число стає поточним, а блоба, яку порівнювали стає кандидатом на найкращу. До кінця роботи реалізації алгоритму на цьому місці опиняється той варіант, який і є результатом роботи цього алгоритму.

Інше питання, що вважати критерієм тотожності двох блобів. Є повна тотожність. Згідно з нею дві блоби є тотожні, якщо усі ненульові елементи однієї мають ті самі координати, що і іншої. Для перевірки повної тотожності у цьому алгоритмі для кожної блоби рахуються два масиви: суми усіх стовпців та суми усіх рядків. Якщо ці масиви попарно однакові, отже ці блоби тотожні.

Однак повна тотожність не дає задовільного результату. Це пояснюється тим, що на зрізах градієнтного поля переважають дрібні зони: вони є або наслідками шуму, або складовими більших

зон, які розпались за цього значення порогу, або наслідками накладення різних зон при конволюції. Виходом із цієї ситуації є заміна принципу повної тотожності на принцип майже тотожності [4]. Ми його сформулюємо так: **блоби вважаються тотожними, якщо вони абсолютно однакові, або якщо одна з них повністю повторює ділянку іншої**, тобто може поміститись всередині. Приймаючи такий принцип, ми розглядатимемо менші блоби як частковий випадок більших, які з більшою імовірністю є шуканим варіантом.

Визначити, чи одна з блоб копіює ділянку іншої, можна так: уже згадані масиви – суми усіх стовпців та суми усіх рядків меншої блоби мають входити як підмасив до відповідних масивів більшої, починаючи з однієї і тієї самої точки. Цей випадок можна проілюструвати на рис. 3, де два підмасиви меншої блоби починаються від точки (x_1, y_1) на більшій блобі. Це класичний варіант. Але ситуація може виявитись і такою, як на рис. 4, де розрив відбувається на вертикальній ділянці і де згаданий критерій не покаже, що ці блоби є майже тотожними, хоча очевидно, що вони такими є. У цьому разі беремо доволі спрощений критерій: достатньо майже тотожності тільки за однією парою масивів-сум, тобто тільки за однією з координат, якщо розмірність блоб за іншою є однаковою.

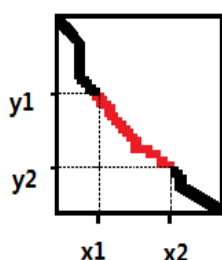


Рис. 3. Майже тотожні блоби

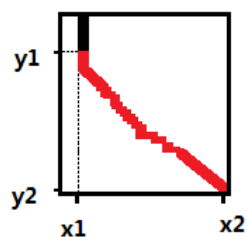


Рис. 4. Майже тотожні блоби із спільною точкою на вертикальній ділянці

При такому порівнянні на майже тотожність функція, яка проводить порівняння, повертає разом з ознакою тотожності більшу блобу, яку надалі використовують для попарних порівнянь замість попередньої.

Також не вважаються тотожними блоби, якщо розмір однієї з них набагато (більш ніж у 5 разів) перевищує розмір іншої, або якщо в одній з них є розриви, чого за цим методом взагалі не має бути.

5. Повернення того варіанта, для якого було виявлено найбільшу кількість тотожностей.

Отримані результати

Цей алгоритм був реалізований в середовищі MATLAB та перевірений на серії зображень з відомими ФРС змазу. У всіх випадках напрям руху був розрахований правильно. Вихідні зображення та результати роботи алгоритму у виді візуалізованих бінарних матриць ФРС наведено на рис. 5–7.



Рис. 5. Приклад 1



Рис. 6. Приклад 2



Рис. 7. Приклад 3

1. Qi Shan, Wei Xiong, Jiajia Jia, *Rotational Motion Deblurring of a Rigid Object from a Single Image* <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.107.7009&rep=rep1&type=pdf> 2. R. Fergus, B. Singh, A. Hertzmann, S.T.Roweis, W.T.Freeman, *Removing Camera Shake from a Single Photograph* http://cs.nyu.edu/~fergus/papers/deblur_fergus.pdf 3 .D. Peleshko, A.Klyuvak, N.Kustra, M.Navytka *Deblurring of images distorted by separate objects' motion using blur kernel. Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference (CSIT 2010), October 14-16 Ukraine, Нац. ун-т "Львівська політехніка", Львів, Видавництво ПП "Вежа і Ко". 2010, с.34-35.4. D.Peleshko, N.Kustra, O.Makoveychuk, A.Klyuvak *Automated detection of digital images partial blur. Proceedings of the 11 International Conference "The experience of designing and application od CAD systems in microelectronics" (CADSM 2011), February 23-25, Polyana, Ukraine, Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів, Видавництво ПП "Вежа і Ко", 2011. – С.316–316.**

УДК 681.142.2; 622.02.658.284; 621.325

Ю. Рашкевич, Д. Пелешко, М. Купчак, А. Ковальчук
Національний університет "Львівська політехніка"
кафедра інформаційних технологій видавничих систем

ВИДІЛЕННЯ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ДІЛЯНОК МОВНОГО СИГНАЛУ ЗА СПЕКТРОМ МАТРИЧНОГО ОПЕРАТОРА

© Рашкевич Ю., Пелешко Д., Купчак М., Ковальчук А., 2011

Запропоновано метод виділення квазістаціонарних ділянок мовного сигналу, який ґрунтується на використанні спектральної метрики в топологічному просторі елементарних ділянок. Спектральна метрика будується за додатнім матричним оператором, отриманим внаслідок різницевої операції над оператором, визначеним на елементарній ділянці мовного сигналу. Приводяться результати практичних експериментів.

Ключові слова: мовний сигнал, динамічна спектрограма, квазістаціонарна ділянка, спектральна метрика, топологічний простір, матричний оператор, власний підпростір оператора, власні значення.

There is proposed the method of separation of quasi-stationary parts of the speech signal based on the use of spectral metric in the topological space of elementary pieces. Spectral metric is based on positive operator matrix generated from difference operations over the operator defined on the unit area of speech signal. There are shown results of practical experiments.

Key words: speech signal, dynamic spectrogram, quasistationary, spectral metric, topological space, matrix operators, operator eigensubspace, eigenvalues.

Вступ

Задача первинного поділу мовного сигналу на квазістаціонарні ділянки є однією із ключових у комплексі задач аналізу, перетворення та синтезу мови, успішне розв'язання якої значною мірою визначає ефективність розв'язання проблеми загалом. За своєю природою мовний сигнал є нестаціонарним, хоч завдяки інерційності артикуляторів (губи, язик тощо) в ньому можна виділяти ділянки, спектральний склад яких є дуже близьким. Такі ділянки називають квазістаціонарними. У кожному випадку результати поділу сигналу на квазістаціонари (сегментація) мають суб'єктивний характер, оскільки повністю залежать від вибраного методу. Різноманіття звукових елементів мовного сигналу та поставлених задач його оброблення приводять до того, що не існує не те що оптимального, а навіть і загальноприйнятого методу сегментації.

Аналіз літературних джерел [1–3] показує, що для кожної із вибраних моделей мовотворення та для кожної задачі оброблення сигналу можуть бути рекомендовані різноманітні методи його первинного поділу. Як правило, ці методи тісно пов'язані із моделлю мовотворення і, відповідно, не є універсальними.

У роботі запропоновано метод сегментації на основі використання спектральної метрики в топологічному просторі, який не залежить від моделі сигналу, та наведено результати сегментації на його основі мовних сигналів.