

ОБЗОР НА СЪВРЕМЕНОТО СЪСТОЯНИЕ НА АЛГОРИТМИТЕ ОТ НИСКО НИВО ЗА ИЗВЛИЧАНЕ НА ПРАВОЛИНЕЙНИ СТРУКТУРИ

Валентина Христова, Деница Борисова (BG)

РЕЗЮМЕ

Системите, при които се извлича информация, относно пътно-транспортни структури и съоръжения от изображения, получени чрез дистанционни изследвания, са многобройни и включват разнообразни методи и алгоритми от различни области на информатиката и числените методи. Най-ниското ниво алгоритми включва обработката на изображения с цел да се подобри тяхното качество или да се извлекат някои геометрични характеристики, средното ниво обикновено открива обекти, които се наблюдават в изображението.

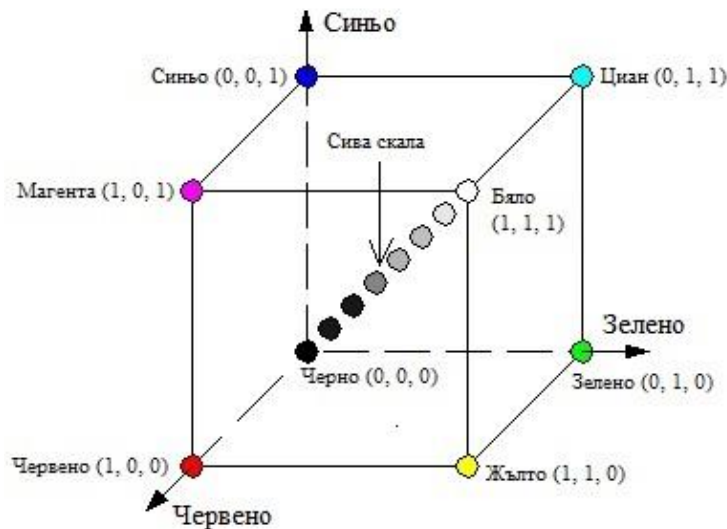
**КЛЮЧОВИ ДУМИ: АЛГОРИТМИ, ДИСТАНЦИОННИ ИЗСЛЕДВАНИЯ,
ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ЦВЕТНО ИЗОБРАЖЕНИЕТО В ПОЛУТОНОВО,
КОНВОЛУЦИЯ, ПРОЦЕСИ ТОЧКА ПО ТОЧКА, АВТОМАТИЧНО МАРКИРАНЕ**

1. ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ЦВЕТНО ИЗОБРАЖЕНИЕТО В ПОЛУТОНОВО

Изображенията биват черно-бели (1 бит за пиксел), полутонови (обикновено 1 байт на пиксел при целочислено представяне, или степента на сиво приема стойности в интервала $[0,1]$) и цветни (три полутонови изображения за всеки от каналите – червен, зелен и син) [1]. Цветът е важна характеристика на изображенията, поради факта, че съдържа информация полезна за разпознаване на обектите в него. Както знаем от физиката, всеки цвят може да се разложи на три фундаментални цвята. Това свойство се използва за кодиране на цвета с различни цветни модели. Най-популярният модел за представяне на цветно изображение може да се илюстрира с Фигура 1.

Трите координати представляват количеството на трите фундаментални цвята (R - червен, G - зелен, B - син). Количествата са нормализирани към единица. Началото на координатната система (0,0,0) представя черния цвят, а точката (1,1,1) белия. Другите ъгли на куба представляват червен, зелен и син цвят и техните допълнителни цветове, циан, магента и жълто. Върху главният диагонал са разположени степените на сивото, т.е. сивото се състои от равни количества на трите фундаментални цвята. Най-често всеки цвят се кодира с 8 бита или общо 24 бита за цветно изображение. Това е напълно достатъчна прецизност като се има предвид способността на човешкото око да разграничава цветовете.

Полутоново наричаме монохромно изображение, където всеки пиксел е изразен като цяло число по скала между черно (обикновено 0) и бяло (255 при 8 битово кодиране) [2]. Следователно полутоновите изображения се състоят от нюанси на сивия цвят. Независимо от това тези изображения съдържат достатъчно информация, за да бъдат използвани при много



Фигура 1. Представяне на цветовете кодировка RGB

от методите за полуавтоматизирана обработка като откриване на ръбове. Поради това, както и поради факта, че обемът информация за третиране при тях е намален, те са често предпочитани в компютърната обработка. Ето защо преобразуването на цветни в полутонови изображения е важен метод от системата за дистанционно наблюдение. Възможността за такова преобразуване се дължи на факта, че интензитета на отделните пиксели е функция на яркостта, независимо от това какъв е неговият цвят. Оттук следва, че трите стойности за фундаменталните цветове могат да бъдат обединени в една-единствена стойност.

Точното преобразуване на цветно в полутоново изображение се описва от уравнението, базирано на намиране на Евклидовото разстояние (виж Фигура 1):

$$I_{gray}(x, y) = \sqrt{R(x, y)^2 + G(x, y)^2 + B(x, y)^2}$$

Квадратният корен е тежка за изпълнение компютърна операция и на практика често се използват по-опростени методи, основани върху различни типове осредняване на стойностите на яркостта на всеки цвят в даден пиксел – т.нар. линейни методи.

1.1. Метод, използващ цветови модел HSV (Hue, Saturation, Value)

Този метод води до значителна загуба на информация, защото крайният резултат не носи информация, кой от трите основни цвята е използван за преобразуване в гамата на сивото. Друг проблем е, че яркостта на полученото изходно изображение след обработката е клоняща към бялото, защото зависи от степента на осветеност и получените изображения са по-слабо контрастни [3].

1.2. Филтър на RGB канали

Този метод избира канал един от R - червения, G- зеления или B - синия цвят и го използва, като база за определяне стойността на сивия цвят. Ако е избран червения цвят, то $R = R$, $G = 0$, $B = 0$. При този подход, използването на зеления филтър предоставя най-добри

резултати, защото човешкото око е най-чувствително към този цвят. Забелязано е също, че синият филтър представя най-лоши резултати. Този метод може да се определи като най-опростения, което го прави технически лесен за изпълнение [2].

1.3. Анализ на основните компоненти

Анализ на основните компоненти е метод, който е широко използван в статистиката и анализа на сигнали и изображения [4]. Този анализ може да бъде осъществен, като се приложи линеен математически подход, който да преобразува даден брой корелирани стойности в по-малък брой неколерирани променливи, които представляват основните компоненти, описващи даден набор от данни. Това позволява да се определят главните направления, в които данните варират и пренебрегвайки останалите да се намали значително изчислителната работата.

Основен недостатък на този метод е, че той зависи от мащаба на променливите, които формират първоначалния набор от данни. Затова, преди започване на такъв анализ данните трябва да се обезмерят по подходящ метод. Приложимостта на този анализ е ограничен също и от допускания, които са направени при изчислителния процес като например, че трансформацията трябва да е линейна. Необходимо е също така вариациите на основните компоненти да са значителни, в противен случай влиянието на шума, първоначално наличен в изображението, нараства. Независимо от това както отбелязахме по-горе анализа на основните компоненти е широко използван в системите за дистанционно наблюдение.

2. ПРОЦЕСИ ТОЧКА ПО ТОЧКА

2.1. Таблици на съответствието

Процесът на точка по точка може да се реализира чрез таблици на съответствието [5]. Те представляват масиви, които използват текущите стойности на пикселите като масивни индекси. Новата стойност на пиксела представлява друга масивна стойност, посочена от индекса в таблицата на съответствие. Новото изображение се построява като тази процедура се повтаря за всеки пиксел.

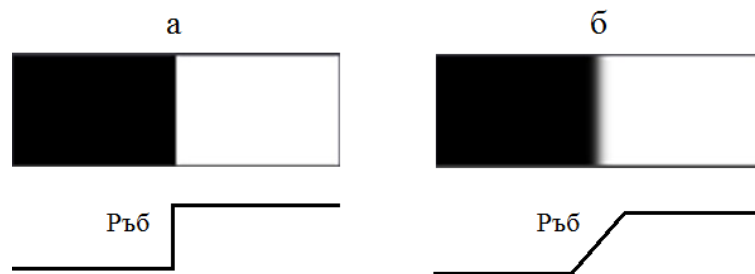
Предимство на таблиците на съответствие е, че има обратни връзки, които проверяват връщаната стойност от операцията. Всяка стойност по-голяма от 255 се ограничава до 255 и, аналогично, всяка стойност по-малка от 0 се ограничава до 0. Входният буфер за масива от пиксели се използва като изходен, с цел да се намали използването на изчислителна памет.

2.2. Усилване на контраста в изображението

Разделянето на светли и тъмни пиксели в изображението се нарича контраст [5]. Усилването на контраста в изображението изисква да се формира хистограмата на изображението. Хистограмата предоставя информация за яркостното разпределение и за контраста в дадено изображение. Хистограмата се строи като се проследи честотата, с която се среща дадена пикселна яркост, като по абцисата се нанася стойността на яркостта, а по ординатата честотата на нейното срещане. Методът няма да изравни хистограмата, а ще преразпредели яркостта. Ако една хистограма има много пикове и падове, то след изравняването пак ще ги има, но ще са изместени. Така не се получава уплътняване, а разширение на хистограмата.

Тъй като изравняването на хистограма е точков процес, то няма да се въведе нова яркост в изображението, а съществуващите стойности на яркостта се организират в нови, които няма да са повече на брой от старите яркостни стойности, но могат да са по-малко от тях.

На Фигура 2 е представено изображение с висок и нисък контраст. Преходът между светлата и тъмната част при ниския контраст не е отчетлив и наблюдавания ръб не е ясно изразен, докато при високия, откриването на ръба е улеснено. Важно е да се отбележи, че усиляването на контраста в изображението може да доведе до подобряване на изображението до определена точка, отвъд която качеството ѝ вече започва да се влошава и използването на изображението в системите за дистанционно наблюдение на пътно-транспортни структури и съоръжения става непрактично.



Фигура 2. а) изображение с висок контраст; б) изображение с нисък контраст

3. ОБРАБОТКА НА ЦВЕТНО ИЗОБРАЖЕНИЕ ЧРЕЗ КОНВОЛУЦИЯ

Методът на дискретната конволюция се използва при заглаждане, при подготовка на изображението за откриване на граници и други [1]. Конволюцията е тегловната сума от пиксели, съседни на централния пиксел в конволюционен прозорец. Теглото се определя от малка матрица наречена конволюционна маска. Размерите на матрицата се подбират да са нечетни и центъра лесно да се определи. Местоположението на централния пиксел отговаря на местоположението на изходния пиксел. Плъзгащ прозорец, наречен конволюционен прозорец, концентрира всеки пиксел от входното изображение и генерира новия изходен пиксел. Стойността на новия пиксел се изчислява чрез умножение на всяка пикселна стойност в съседство с отговарящото тегло в конволюционната маска и техните произведения се сумират. Много е важно мястото на новия пиксел в полученото изображение, защото ако той измества стария, то се изчислява стойността на следващ нов пиксел, което води до недействителни резултати.

Сумите от теглата в конволюционната маска оказват влияние върху цялата яркост на полученото изображение. Много от конволюционните маски имат коефициенти, сумиращи до единица. В този случай конволюираното изображение има същата осреднена яркост като оригиналното. Такива маски, приложени при откриването на граници дават отрицателни стойности за яркостта, което е нереално и използването им в системите за дистанционно наблюдение се ограничава.

При конволюирането на цветни изображения се допуска, че яркостта определя контурите на изображението. Преминава се в HSV пространство като получените стойности се конволюират, а резултатът се възстановява в RGB цветово пространство. Така се запазват

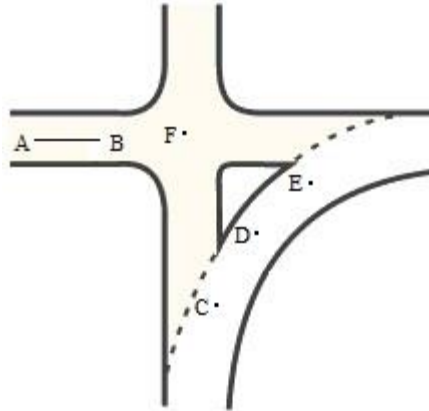
оригиналните данни за цвета. В случай, че откриването на граници изисква по-отчетливи полинии, то се конволюира всеки цвят поотделно.

4. АВТОМАТИЧНО МАРКИРАНЕ

При разглеждане на извличането на праволинейни структури маркирането е процесът, при който се поставя маркер на определени точки, които предизвикват интерес, в рамките на дадена пътна мрежа [6]. Маркерите обикновено са единични точки, но могат да бъдат и цели части от самия път. Маркерите могат също да се използват за генериране на модели на пътища (еталонни класове), които могат да се прилагат впоследствие за обучение на класификаторите да откриват пътища в изображенията.

Няколко на брой интерактивни извличания на праволинейни структури подходите изискват човек-оператор да определи маркерните точки преди да се продължи с алгоритъм от по-високо ниво. Според Heipke [7], представянето на алгоритмите за проследяване на пътища до голяма степен зависи от качеството на тези начални точки. Тези точки могат да представляват:

- маркери върху средната линия, която разделя пътя (отсечката АВ на Фигура 3);
- маркери върху позициите, където пътя притежава значителна кривина (точките С, D, E на Фигура 3);
- маркери върху пресечките на пътищата (точката F на Фигура 3).



Фигура 3. Схематичен вид на път

За автоматичното маркиране на пътища могат да се използват широк набор от техники. Някои от тях включват откриване на успоредни граници [8], сегментиране [9-11], трансформация на Hough [12] и спектрална класификация [13]. Алгоритмите за автоматично маркиране могат да се категоризират като техники за обработка от ниско до средно ниво, тъй като те обикновено получават необработени данни от изображения или изходяща информация от предхождащи алгоритми от ниско ниво в системите за дистанционно наблюдение на пътно-транспортни структури и съоръжения.

Три четвърти от проучените изследвания за извличане на праволинейни структури използват някакъв вид откриване на успоредни граници. Типичният алгоритъм за откриване на успоредни граници започва с откриване на очертанията на пътя, което може да се направи чрез използването на метод за откриване на граници. Koutaki и Uchimura [14] представят

метод за автоматично маркиране, основан на съвместяване на данните на геометрични модели, при които пресечките на пътя се използват като първоначални маркерни точки в направени от въздуха фотографски изображения. Dal-Poz и др. [15] също използват геометрична информация, за да извлекат автоматично пътни маркери от аероизображения. Техният метод се основава на четири модела за откриване на пътни структури и връзката между тях. Всеки от моделите представлява прав пътен участък и се състои от набор полилинии, които представляват границите на пътя. Както и в труда на Doucette и др. [16], се използва метод за откриване на граници на Canny, за да се определят границите на пътя. От извлечените граници се използват модели на пътища, за да се открият къси прави участъци от пътя.

Автоматичното откриване на маркерни точки е ключов елемент в разработването на система за извличане на праволинейни структури, защото осигурява начални точки за алгоритмите. Системите за дистанционно наблюдение на пътно-транспортни структури и съоръжения налагат изискване за увеличаване на точността на началните пътни точки, защото подобрява по-високото ниво на обработка на изображения при изграждане на пътните мрежи. Чувствителността на метода за автоматично маркиране го ограничава при определянето на точките, които да се използват, защото откриването на успоредни линии се осъществява основно върху изображения с висока пространствена разделителна способност.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Young I., J. Gerbrands, L. van Vliet., “Fundamentals of Image Processing”, Springer, 2007.
- [2] Welsh T., M. Ashikhmin, K. Muelle, “Transferring Color to Greyscale Images”, Center for Visual Computing, Computer Science Department, SUNY at Stony Brook, 2002.
- [3] Gonzalez R., R. Woods, “Digital Image Processing”, (third edition), Prentice Hall, 2008.
- [4] Vidal R., Yi Ma, S. Sastry, “Generalized Principal Component Analysis, Modeling and Segmentation of Multivariate Mixed Data”, Springer, 2006.
- [5] Lillesand T., R. Keiper, J. Chipman, “Remote sensing and image interpretation”, (sixth edition), John Wiley and Sons, Inc., 2008.
- [6] Chaugule A., “Application of image processing in seed technology: A survey”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering”, vol. 2, issue 4, pp. 2250-2459, 2012.
- [7] Heipke C., H. Mayer, C. Wiedemann, “Evaluation of automatic road extraction”. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, vol. 32, part 3-4, 1997.
- [8] Fan J., D. Yau, A. Elmagarmid, W. Aref, “Automatic Image Segmentation by Integrating Color-Edge Extraction and Seeded Region Growing”, IEEE Transactions On Image Processing, vol. 10, no. 10, 2001.
- [9] Casaca W., L. Nonato, G. Taubin, “Laplacian Coordinates for Seeded Image Segmentation”, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-4, 2014.
- [10] Rai G., T. Nair, "Gradient Based Seeded Region Grow method for CT Angiographic Image Segmentation", InterJRI Computer Science and Networking, pp. 1-6, 2009.

XXX МЕЖДУНАРОДЕН СИМПОЗИУМ
“СЪВРЕМЕННИТЕ ТЕХНОЛОГИИ, ОБРАЗОВАНИЕТО И ПРОФЕСИОНАЛНАТА ПРАКТИКА В
ГЕОДЕЗИЯТА И СВЪРЗАНИТЕ С НЕЯ ОБЛАСТИ”

София, 04 – 06 ноември 2020 г.

XXX INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON
MODERN TECHNOLOGIES, EDUCATION AND PROFESSIONAL PRACTICE IN
GEODESY AND RELATED FIELDS

Sofia, 04 – 06 November 2020

- [11] Singh P., S. Jaswinder, "Automatic Seed Placement in Region Growing Image Segmentation", Journal of Engineering, Computers and Applied Sciences, vol. 2, no.7, pp. 55-58, 2013.
- [12] Soni A., N. Pandey, P. Halarnkar, "Review on Image Object Extraction", In International Journal of Current Engineering and Technology, vol. 4, no.2, pp. 864-869, 2014.
- [13] Conrad R., P. Falkenstein, M. Coleman, X. Hu, "Seed classification using spectral analysis to determine existence of a seed structure", US Patent 8605149 B2, 2013.
- [14] Koutaki G., K. Uchimura, "Automatic road extraction based on cross detection in suburb", In Proceedings of The International Society for Optical Engineering, 2004.
- [15] Dal-Poz A., G. Vale, R. Zanin, "Automatic extraction of road seeds from high-resolution aerial images", Annals of the Brazilian Academy of Sciences, vol. 77, pp. 509-520, 2005.
- [16] Doucette P., P. Agouris, A. Stefanidis, "Automated road extraction from high resolution multispectral imagery", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 70(12), pp. 1405-1416, 2004.

ДАНИ ЗА АВТОРИТЕ

Валентина Христова

гл.ас. д-р – ВТУ “Тодор Каблешков”, София, ул. Гео Милев 158

ас. д-р – ИКИТ-БАН, София, ул. Акад.Г.Бончев, бл.1

+359876369709

astronomer@abv.bg

доц. д-р инж. Деница Борисова

**Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките
/ИКИТ-БАН/**

София 1113, ул. Акад.Г.Бончев, бл.1

dborisova@stil.bas.bg