

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЧНОГО ДЕШИФРУВАННЯ ДОРІГ НА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕННЯХ ЗНІМКІВ

© Дорожинський О., Тумська О., Чемерис О., 2003

Рассматриваются различные этапы автоматического дешифрирования дорог и соответствующие методы для крупномасштабных цифровых изображений снимков.

In this paper the methods for fully automatical recognition roads from digital image are described.

З бурхливим розвитком комп'ютерних технологій людству вдалося автоматизувати рішення багатьох прикладних задач в різних галузях. Зокрема в цифровій фотограмметрії існують програмні засоби, які виконують автоматичне вимірювання координат точок, взаємне орієнтування аерозображень, генерацію цифрових моделей рельєфу або автоматичну аеротріангуляцію. На даний час існує вже немало досліджень в галузі автоматичного виділення картографічних образів [3,4,5,6,7] або інакшими словами визначення положення окремих топографічних об'єктів (дороги, будівлі, і ін.), що є важливим завданням цифрової фотограмметрії для створення і оновлення географічних інформаційних систем (ГІС). Однак, результати цих досліджень ще не досягнули такого рівня надійності і точності, щоб замінити коштовний і трудомісткий процес дешифрування об'єктів вручну, так як повністю автоматичні системи передбачають застосування стратегій з великою кількістю складних алгоритмів, які базуються на правилах і припущеннях в залежності від класу топографічних об'єктів. Тому в даній роботі представлений аналіз деяких існуючих алгоритмів і наші пропозиції стосовно автоматичного виділення доріг з використанням напівтонових зображень аерознімків з роздільною здатністю пікселя 0.2-0.5м на місцевості. В багатьох підходах використовуються вже існуючі картографічні бази даних ГІС, що є також корисним. Дана робота розглядає тільки цифрові зображення аерознімків, так як для виділення нових об'єктів існуючі дані не послужать допомогою, а завдання оновлення ГІС є завжди важливим.

Для реалізації такого завдання необхідно мати чітке уявлення, що ж представляють собою дороги на аерознімках. В залежності від масштабу дороги (асфальтові та бетонні) можуть з'являтися на цифрових зображеннях як світлі лінії (при роздільній здатності пікселя більше ніж 2м на місцевості) або як світлі продовгуваті гомогенні області з майже постійною шириною для знімків високої роздільної здатності. В останньому випадку геометрична точність визначення краща, але більш відчутний вплив фонових об'єктів, таких як окремі транспортні засоби, дерева, будівлі, що спричиняє розриви у виділеній мережі. Крім цього поява доріг на зображенні залежить у великій мірі від типу ландшафту, а саме: лісового ландшафту, міського чи сільського. Тут розглядається виділення доріг на відкритій сільській місцевості, яке складається з таких основних етапів:

- ✧ Попереднє опрацювання зображення.
- ✧ Сегментація зображення.
- ✧ Генералізація отриманих примітивів.

Для задач автоматичного розпізнавання топографічних об'єктів будь-якого класу першим етапом завжди є попереднє опрацювання зображення. Першим завданням цього кроку є видалення шуму. В залежності від класу об'єктів використовуються різні алгоритми фільтрації зображень. Існує чимала кількість методів в цьому напрямку, однак в загальному фільтри можна розділити на дві групи: згладжуючі фільтри і фільтри, які зберігають краї. Основні переваги і недоліки цих фільтрів приведені на рис.1.

Наступний етап сегментації зображення є одним з найважливіших для автоматичного дешифрування топографічних об'єктів. На даному етапі визначаються примітиви для наступної генералізації. В залежності

від класу об'єктів [5], застосовуються різні методи і алгоритми. Схема визначення примітивів для виділення доріг, які є представниками лінійного класу об'єктів, приведена на рис.2.

Для автоматичного дешифрування доріг на етапі сегментації спочатку використовуються оператори виділення країв. На сьогоднішній день є чимало способів отримання градієнтного зображення [1,6,9] і встановлення порогових значень для пікселів. На рис.3 приведені отримані нами приклади градієнтних зображень отриманих різними методами.



Рис.1. Попереднє опрацювання цифрових зображень

Найбільшу контрастність спостерігаємо у градієнтному зображенні отриманому з використанням операторів Собеля 3x3, які є найбільш часто вживаними для задач визначення країв на зображенні. Порогове значення встановлювалось на основі найбільшої різниці між сусідніми пікселями на вихідному зображенні. Оскільки на одному знімку ($18 \times 18 \text{ см}^2$ з роздільною здатністю 480 dpi – це $\approx 3400 \times 3400$ пікселів) можуть зустрічатись ділянки з різною контрастністю між дорогою і фоном, то із встановленим порогом для цілого зображення може втратитись значна кількість важливої інформації. Тому пропонується встановлювати локальні порогові значення для окремих ділянок з певним розміром.

В ідеальному випадку методи отримання градієнтних зображень мали б давати тільки ті піксели, які лежать на краях між об'єктами і фоном, однак на практиці цей набір пікселів рідко характеризує край повністю через присутність шуму, розриви на краях через неоднорідне освітлення і ін.

Тому алгоритми визначення країв зазвичай супроводжуються процедурами збору пікселів у змістовні границі. Для цього використовуються наступні існуючі алгоритми: локальний аналіз [9], глобальний аналіз [9], відслідковування контурів запропоноване [1], групування пікселів запропоноване [6]. Кожен з цих методів використовує такі властивості як величина градієнта, напрямок градієнта і зв'язність пікселів.

Локальний аналіз виконується послідовним скануванням рядків та стовпців і є одним з найпростіших підходів, який аналізує піксели у маленькому околі (3x3, 5x5) кожної точки, з'єднуючи піксели з подібними властивостями. На відміну від цього глобальний аналіз визначає чи точки лежать на кривій специфічної форми з використанням згаданих вище властивостей і перетворення Hough. Для групування пікселів запропонованого [6] вибираються ділянки певного розміру (12x12, 24x24) в яких шукається лінійний сегмент.

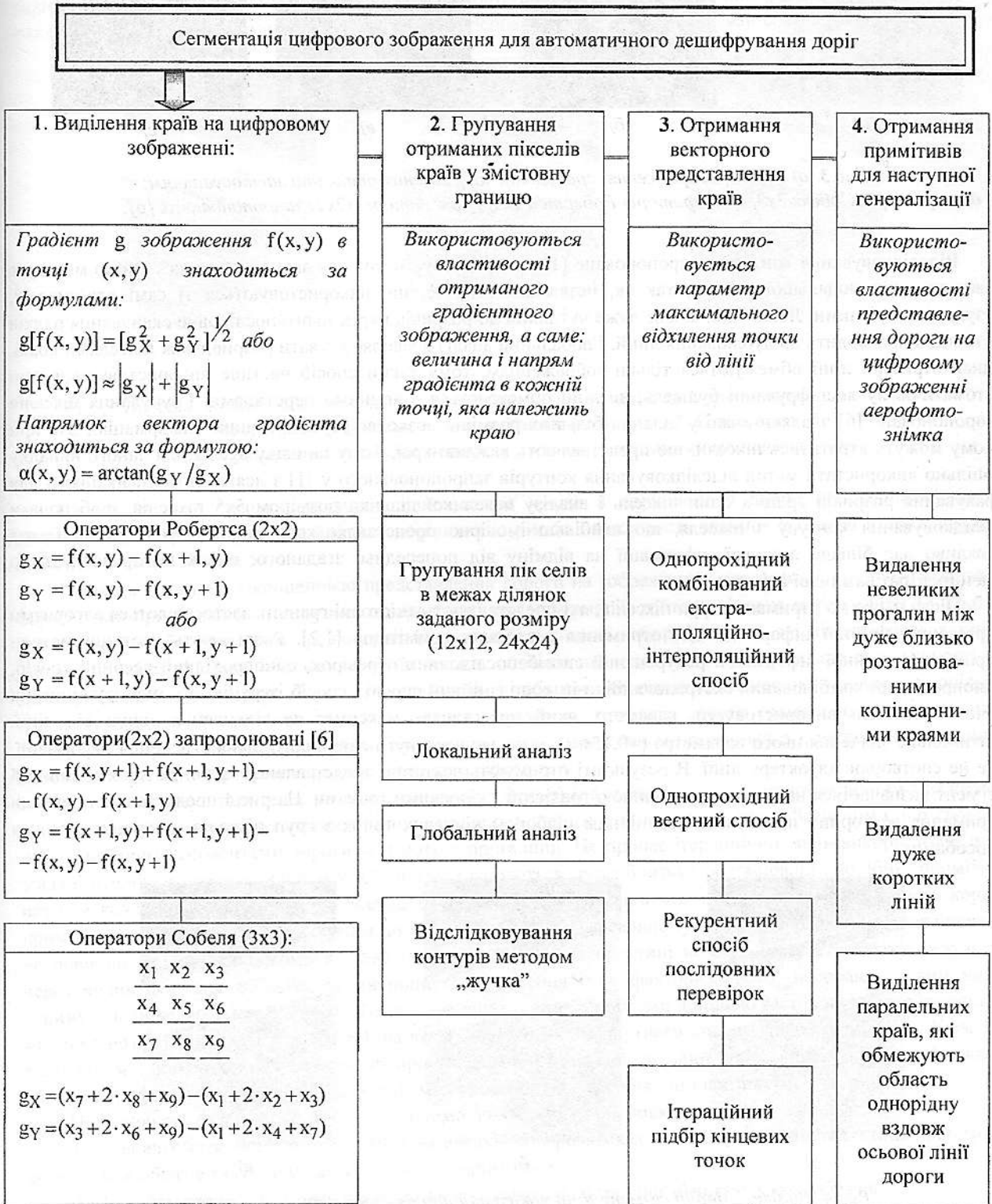


Рис.2. Схема сегментації цифрового зображення для дешифрування доріг.

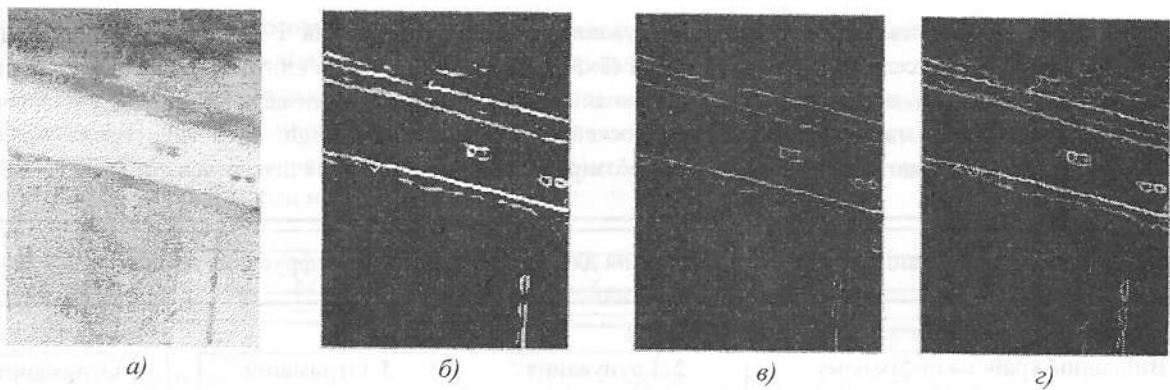


Рис.3. а) вихідне зображення; градієнтні зображення отримані застосуванням: б) операторів Собеля 3x3, в) операторів Робертса 2x2, г) операторів (2x2) запропонованих [6].

Відслідковування контурів запропоноване [1] використовує метод так званого “жучка”. Вибір методу є важливим для подальшої роботи, так як, незважаючи на те, що використовуються ті самі властивості, результати є різними. Локальний аналіз дуже чутливий до розривів і крім цього послідовне сканування рядків і стовпців призводить до дублювання ліній. Глобальний аналіз дозволяє усувати розриви між пікселями країв, однак отримані лінії обмежуються тільки зображенням, тому такий спосіб частіше використовується при автоматичному дешифруванні будівель, де лінії обмежуються взаємними перетинами. Групування пікселів запропоноване [6] завдяки аналізу ділянок більших розмірів дозволяє усувати лишню інформацію, але при цьому можуть втратитись піксели, що представляють важливі краї. Тому на нашу думку для даного випадку доцільно використати метод відслідковування контурів запропонованого у [1] з деякими модифікаціями для врахування розривів країв в один піксель і аналізу невеликої ділянки розміром 5x5 пікселів, щоб почати відслідковування контуру з пікселя, що найбільш імовірно представляє край дороги. Хоча такий метод можливо дає більше лишньої інформації на відміну від попередньо згаданого, однак не призводить до значних втрат важливої інформації.

Після цього до отриманих груп пікселів, які представляють змістовні границі, застосовуються алгоритми спрощення лінійної інформації для отримання векторних примітивів [1,2]. Розрізняють наступні методи спрощення лінійної інформації: рекурентний спосіб послідовних перевірок, однопрохідний всерний спосіб, однопрохідний комбінований екстраполяційно-інтерполяційний спосіб і спосіб ітераційного підбору кінцевих точок. Всі вони використовують параметр, який представляє максимальне відхилення точки від лінії. Оптимальне значення цього параметра ($\approx 0,15\text{мм}$) дозволяє досягнути найвищого рівня стиснення інформації, яке не спотворює характеру лінії. В результаті отримують векторне представлення країв, де кожен лінійний сегмент визначається напрямком, величиною градієнта і кінцевими точками. На рис.4 представлені приклади отримання векторних примітивів ітераційним підбором кінцевих точок з груп пікселів створених різними способами.

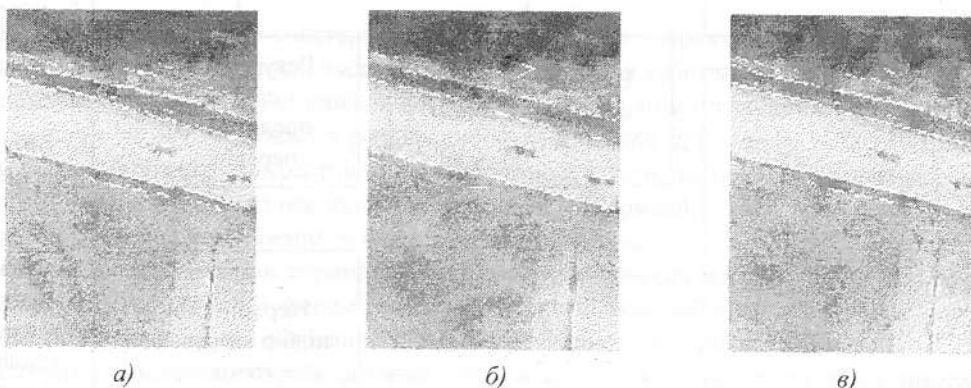


Рис.4. Виділені лінійні сегменти: а) локальний аналіз градієнтного зображення; б) групування пікселів в межах ділянок розміром 12x12 пікселів; в) відслідковування контурів методом „жучка” з введеними модифікаціями.

Перед тим як перейти на наступний етап отримані примітиви необхідно проредагувати, тобто з'єднати подібні (за встановленими атрибутами), дуже близько розташовані лінійні сегменти в один довший новий сегмент. Інакшими словами це означає, що спочатку необхідно усунути невеликі прогалини між лінійними сегментами, які належать одному краю. В результаті редагується приблизно 15% інформації. Тільки після цього видаляються дуже короткі сегменти. Залишені лінії представлені атрибутами величини градієнта, напрямку градієнта, який перпендикулярний до напрямку лінії, і кінцевими точками. На рис.5 показані лінійні сегменти отримані відповідними способами (рис.4) після редагування.

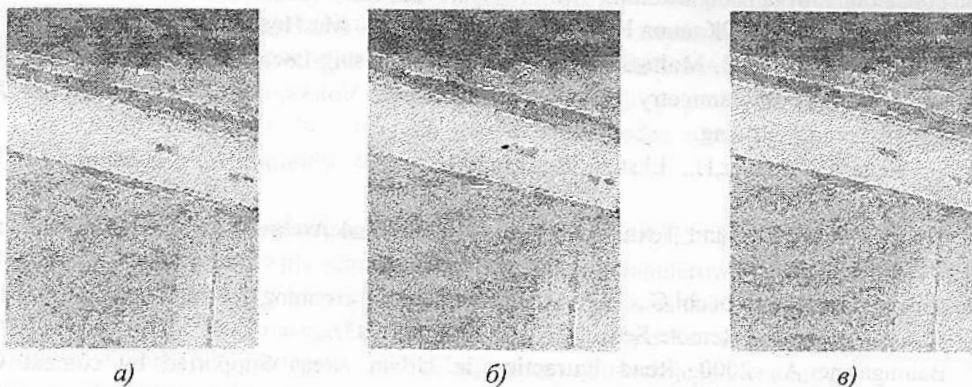


Рис.5. Виділені лінійні сегменти після редагування: а) локальний аналіз градієнтного зображення; б) групування пікселів в межах ділянок розміром 12x12 пікселів; в) відслідковування контурів методом „жучка” з введеними модифікаціями.

На рис.5в лінії сторін дороги відслідковуються краще в порівнянні з двома попередніми, так як спостерігається краща прямолінійність в порівнянні з рис.5а і відсутність значних розривів вздовж сторони дороги на відміну від рис.5б.

Після цього згідно з концепцією представлення дороги на зображеннях аерознімків крупного масштабу формуються примітиви для наступної генералізації цієї інформації, тобто виділення мережі доріг [3,4,5,6,7]. Для цього з країв отриманих на попередніх етапах сегментації вибираються ті, які відповідають заданим умовам, а саме: відстань між парою країв мусить повинна знаходитись в певних межах в залежності від категорії дороги, вони мають бути майже паралельні і область обмежена ними має бути цілком однорідна в напрямку дороги. В результаті такої процедури отримують сегменти дороги (однорідні чотирикутники), кожен з яких представлений наступними атрибутами: кінцевими точками середньої осі, напрямком, шириною і довжиною сегмента, а також середнім значенням сірого тону.

На наступному етапі генералізації отриманої цифрової інформації, що є не менш складним і важливим від попереднього, із знайдених гіпотетичних сегментів дороги формується мережа. Зазначимо, що спочатку між отриманими сегментами дороги усуваються прогалини. Це процес ітераційний, який використовує вище згадані атрибути кожного сегмента. Спочатку з'єднуються дуже близько розташовані „подібні” примітиви, потім в кожній наступній ітерації збільшується допуск на відстань між ними і видаляються дуже короткі примітиви, які не можуть приєднатися до інших сегментів. В ідеальному випадку після такого опрацювання не повинно було б залишитись жодних прогалин. Однак на практиці не слід очікувати такого результату через вплив фонових об'єктів, неоднорідність освітлення і ін. фактори. Тобто, насправді, таким чином отримують лише фрагменти дороги. Тому для вирішення цієї проблеми доцільно застосовувати зображення із меншою роздільною здатністю (2-5м), на якому нема такого відчутного впливу фонових об'єктів. Крім того необхідним є використання інформації про глобальний (міський, лісовий, сільський) і локальний (оклюзії спричинені тінями від будинків, дерев, окремих транспортних засобів і ін.) контексти.

На основі проведених досліджень доходимо до наступних висновків:

1. Для автоматичного розпізнавання на цифрових аерознімках необхідно пройти такі етапи: фільтрація, сегментація образів та генералізація отриманих примітивів.
2. При фільтрації зображень доцільно застосовувати фільтри, що зберігають край образів.
3. При сегментації цифрового зображення добрі результати дає модифікований метод „жучка”.

4. На етапі генералізації примітивів рекомендовано застосовувати образи з нижчою від вихідної роздільною здатністю, що приводить до кращого з'єднання фрагментів в єдиний лінійний контур.

Таким чином, доволі складна задача автоматизованого знаходження доріг на цифрових знімках може бути розбита на складові – простіші алгоритмізовані процедури та практично випробувана на реальних образах. Дослідження в цьому напрямку будуть продовжені.

Література

1. Претт У. Цифровая обработка изображений. – М.: Недра, 1982, т.2 – 480с.
2. Халугин Е.И., Жалковский Е.А., Жданов Н.Д. Цифровые карты. – М.: Недра, 1992-419с.
3. Baumgartner, A. And Hinz, S., 2000. Multi-Scale Road Extraction Using Local and Global Grouping Criteria. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, Part B, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.
4. Baumgartner, A., Steger, C., Mayer, H., Ekstein, W., Ebner, H., 1999. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Vol.65, No.7, pp.777-785.
5. Eckstein, W., 1996. Segmentation and Texture Analysis. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol.XXXI, Part B3.
6. Forlani, G., Malinverni, E., Nardinocchi, C., 1996. Using perceptual grouping for road recognition. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol.XXXI, Part B3.
7. Hinz, S. and Baumgartner, A., 2000. Road Extraction in Urban Areas Supported by context Objects. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, Part B, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.
8. Garnica, C., Boochs, F., Twardochlib, M., 2000. A New Approach to Edge-Preserving Smoothing for Edge Extraction and Image Segmentation. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.33, Part B, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing.
9. Gonzalez Rafael C., Wintz Paul. "Digital image processing", 1987-503p.