

О.Л. ДОРОЖИНСЬКИЙ, О.В. ТУМСЬКА, О.М. ЧЕМЕРИС

Національний університет "Львівська політехніка"

ОСНОВНІ МЕТОДИ АВТОМАТИЧНОГО ДЕШИФРУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

© Дорожинський О.Л., Тумська О.В., Чемерис О.М., 2003

Рассматриваются основные методы получения точной и качественной информации об объектах цифровых изображений путем автоматического дешифрирования, проблемы, которые при этом возникают, и способы их решения.

In this paper the main methods for automatical recognition objects from digital image are described, because of importance of this task for geographic information systems. The problems appeared in this process are described and their solutions.

Постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Наукові дослідження в галузі автоматичного дешифрування проводяться для опрацювання матеріалів аеро- і космічного знімання в цифровій формі для виявлення і аналізу властивостей об'єктів дослідження з метою розробки і вдосконалення методів для створення геоінформаційних систем з автоматичним наповненням картографічних баз даних. Під об'єктами дослідження слід розуміти предмети або явища реального світу, які досліджуються з метою виявлення їхніх властивостей для створення можливості сприйняття такого об'єкта комп'ютером. Тобто необхідно створити систему, в якій процес розпізнавання картографічних образів комп'ютером був би схожий в якійсь мірі на аналогічний процес, виконаний людиною.

Постановка завдання

Для оператора, який виконує дешифрування, зовсім неважко розрізнати на знімку дорогу від будівлі, дерево від машини тощо. У людини цей процес інтерпретації або розпізнавання об'єктів відбувається дуже швидко, майже непомітно для самої людини. А для того, щоб машина могла розпізнати якийсь об'єкт дешифрування на цифровому знімку, який являє собою низку випадкових величин, значеннями якого є кольори або напівтони, необхідно встановити всі можливі властивості цього об'єкта, характерні тільки для нього і методи їх виявлення та опрацювання. Такий процес передбачає опрацювання великої кількості вхідної інформації, розробку і застосування також немалої кількості методів і алгоритмів для вирішення багатьох проблем, основні з яких показані на рис. 1.

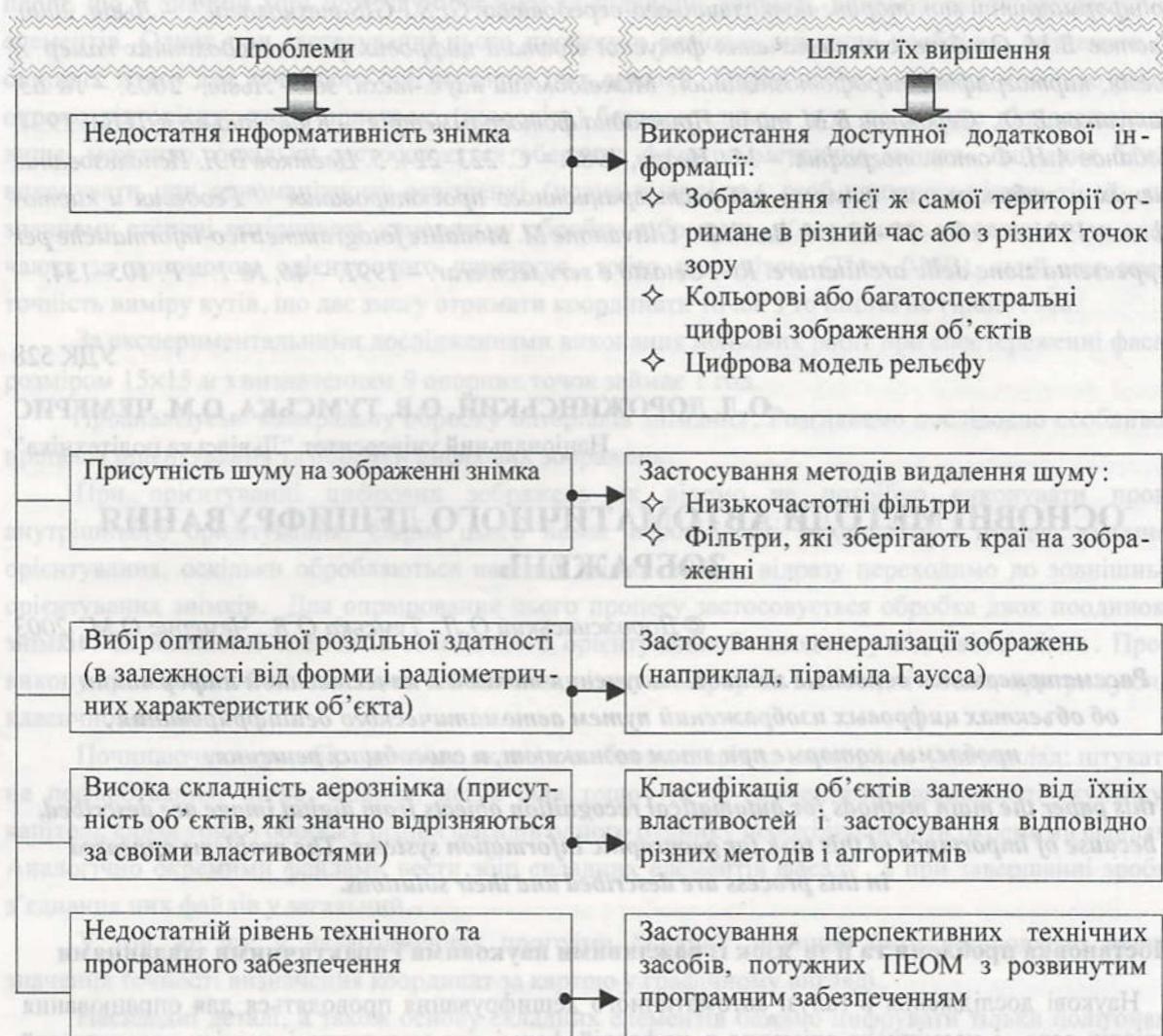


Рис. 1. Проблеми, які виникають при автоматичному дешифруванні знімків та шляхи їх вирішення

По-перше для якісного автоматичного дешифрування замало тієї інформації, яку містить напівтонове зображення знімка, незважаючи на його високу інформативність. Ця проблема вирішується використанням доступної додаткової інформації [10], яка дозволяє зробити виділення об'єктів дешифрування стійкішим і надійнішим. Наприклад, кольорове зображення приміських районів дозволяє розрізнити зелені області, які напевно є газонами, червоні прямокутні області як дахи будинків, маленькі прямокутні кольорові області на дорогах як машини. Багатоспектральні цифрові зображення знімків дають можливість в одному спектрі краще визначати рослинність, в іншому – водойми тощо. Для уникнення втрати важливої інформації на окремих знімках, наприклад, через часткове перекриття об'єктів або через те, що структури будівлі можуть бути видимими на одному зображені і невидимими на іншому, доцільне застосування стереопар [7–10, 14]. За допомогою ЦМР можна виділити об'єкти вищі від свого оточення, що є особливо корисним для знаходження будівель [7, 10], або виділити тіні, які викликають певні проблеми (додають структури або краї, які потім сприймаються як будівлі). Опрацювання всієї цієї інформації призводить до додаткових втрат часу, але є необхідним для інтерпретації об'єктів машиною.

По-друге, значний вплив на якість автоматичного або напівавтоматичного дешифрування має шум, який завжди присутній на зображеннях і є його складовою частиною. Він спотворює цифрову інформацію і приводить до небажаних наслідків. Для вирішення цієї проблеми існує багато алгоритмів, які дозволяють видаляти шум і покращувати зображення [1–4, 12, 13].

Третією проблемою є вибір оптимальної роздільної здатності (або масштабу) залежно від форми і радіометричних характеристик об'єктів. Для вирішення цієї проблеми пропонується застосовувати генералізацію зображень [6, 11, 15, 16]. Якщо роздільна здатність занадто висока, то деталі значно ускладнюють сегментацію і інтерпретацію зображення, якщо навпаки – занизька, то в найгіршому випадку об'єкт взагалі не буде визначатися із зображення. Наприклад, для визначення доріг крім вихідної роздільної здатності зображення можна додатково використовувати нижчу роздільну здатність, на якій дороги можна знаходити як лінії. Або, наприклад, для будівель: якщо мати дуже високу роздільну здатність (0,25 см на місцевості), то можна отримати багато надлишкової інформації у вигляді країв через текстуру даху (дах із черепиці); тому потрібно використовувати нижчу роздільну здатність (наприклад, 0,5 м) для отримання лише необхідної інформації [7].

Четверта і, мабуть, найважливіша проблема – висока складність аерознімка. Аерознімки, як правило, насичені інформацією, тобто містять об'єкти, які значно відрізняються за своїми властивостями (дороги, будівлі, річки, ліси тощо), тому необхідно використовувати класифікацію об'єктів [10], наприклад, за схемою на рис. 2.

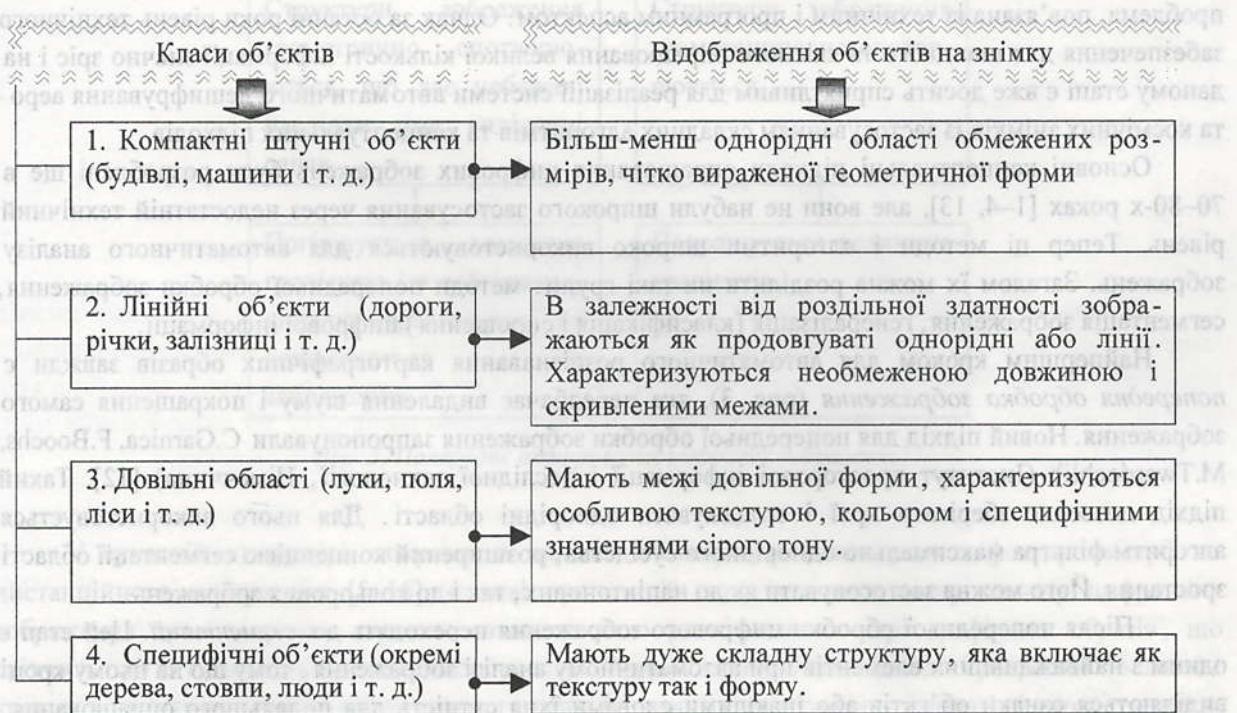


Рис. 2. Класифікація об'єктів та властивості їх відображення на цифровому зображення

Компактні штучні об'єкти виділяють за допомогою операторів визначення країв та областей із використанням зв'язків між виділеними примітивами. Як додаткову інформацію можна використовувати стереопари, кольорові знімки і ЦМР [7–10, 14]. Отримані із примітивів лінії групуються так: вибирають усі паралельні лінії із заданою максимальною відстанню між ними і максимальною похибкою напрямку, а потім з них вибираються ті лінії, які включають однорідні

області. Така операція полегшує інтерпретацію будівель, яка в основному виконується в одній роздільній здатності. При цьому можуть виникнути небажані ефекти, наприклад, короткі сегменти дороги або тіньові області сприймаються як будівлі. Для того, щоб їх уникнути використовується ЦМР або вища роздільна здатність.

Для виділення таких представників класу лінійних об'єктів, як дороги пропонується використовувати оператори знаходження ліній і країв, а також декілька рівнів роздільної здатності. Складнішими представниками цього класу є річки та залізниці. Річки, а особливо невеликі, мають погано визначені берегові лінії, а для залізниць характерна специфічна текстура, що передбачає додаткове використання методів, які застосовуються для виділення довільних областей.

Для розпізнавання довільних областей застосовується текстурний аналіз [13] і деякі критерії, такі як мінімальний розмір, ширина або типова форма (для полів).

Щодо класу специфічних об'єктів, то вони мають дуже складну структуру, яка включає як текстуру, так і форму. Наприклад, для виділення дерев по аналогії з будівлями використовується тінь тому, що вертикальний стовбур зображається прямою лінією і позначає точку початку дерева [5]. Крім цього додатково використовується інформація висоти із ЦМР. Для сегментації дерев використовуються такі властивості: верхівка дерева світліша від його зовнішніх частин, усі дерева мають тінь, видима частина дерева має деяку текстуру. Якщо використати фільтри згладжування, то дерева можна інтерпретувати як виразні світлі плями, які потім сегментуються.

Для кожного класу об'єктів є вже певні розроблені підходи, однак нема якоїсь чіткої прийнятої методології, тому розробка систем для їх інтерпретації триває і все ще знаходиться на стадії досліджень, які проводяться вже не перший рік. Причиною цьому завжди була ще одна проблема, пов'язана із технічним і програмним аспектом. Однак за останні роки рівень технічного забезпечення для швидкого та якісного опрацювання великої кількості інформації значно зрос і на даному етапі є вже досить сприятливим для реалізації системи автоматичного дешифрування аеро- та космічних знімків із застосуванням складних алгоритмів та концептуальних підходів.

Основні концептуальні підходи опрацювання цифрових зображень були розроблені ще в 70–80-х роках [1–4, 13], але вони не набули широкого застосування через недостатній технічний рівень. Тепер ці методи і алгоритми широко використовуються для автоматичного аналізу зображень. Загалом їх можна розділити на такі групи: методи попередньої обробки зображення, сегментація зображення, генералізація (класифікація і спрощення) цифрової інформації.

Найпершим кроком для автоматичного розпізнавання картографічних образів завжди є *попередня обробка зображення* (рис. 3), яка передбачає видалення шуму і покращення самого зображення. Новий підхід для попередньої обробки зображення запропонували C.Garnica, F.Boochs, M.Twardochlib (Інститут просторової інформації і дослідної технології, Німеччина) [12]. Такий підхід дозволяє зберігати краї і згладжувати однорідні області. Для цього використовується алгоритм фільтра максимально однорідного сусідства, розширений концепцією сегментації області зростання. Його можна застосовувати як до напівтонових, так і до кольорових зображень.

Після попередньої обробки цифрового зображення переходят до *сегментації*. Цей етап є одним з найважливіших елементів при автоматичному аналізі зображення, тому що на цьому кроці виділяються ознаки об'єктів або інакшими словами їхня сутність для подальшого опрацювання. Основні методи сегментації показані на рис. 4.

Сегментація зображення є невід'ємною частиною під час створення систем автоматичного дешифрування аеро- і космічних знімків. Залежно від класу об'єктів вибираються відповідні методи сегментації в різній послідовності. Отримана таким чином інформація у вигляді примітивів зображення (групи пікселів, які становлять границю або область об'єкта) генералізується, тобто класифікується і спрощується.

Методи попередньої обробки цифрових зображень

| | | | |
|--|--|---|---|
| Низькочастотні фільтри: <ul style="list-style-type: none"> ❖ фільтр Гаусса; ❖ n^*n-фільтр. | | Фільтри, які зберігають краї: <ul style="list-style-type: none"> ❖ медіанний фільтр; ❖ фільтр максимально однорідного сусідства; ❖ фільтр найближчого симетричного сусідства; ❖ умовний середній фільтр. | |
| переваги | | недоліки | |
| Дають дуже хороший результат згладжування однорідних областей | Краї розмиваються, область розширяється через усереднення краю, таким чином один край може стати близчим до іншого і навіть зливатися з ним. | Зберігаються краї на зображення | Недостатнє згладжування однорідних областей |
| Структури зображення геометрично спотворюються, що дає небажані наслідки при виділенні ознак. | | Структури зображення геометрично не спотворюються. | |
| Погіршується величина градієнтів і в найгіршому випадку краї взагалі не визначаються із зображення. | | Покращується величина градієнтів. | |

Рис. 3. Попереднє опрацювання цифрових зображень

У сучасній літературі, зокрема, в архівах Міжнародного конгресу з фотограмметрії та дистанційного зондування [5–16], є нові пропозиції щодо кожного етапу аналізу цифрового зображення для створення системи автоматичного розпізнавання картографічних образів, що свідчить про актуальність і необхідність реалізації даної задачі. Нові підходи і розробки є великим кроком в напрямку повного автоматичного дешифрування картографічних образів і автоматичного наповнення баз даних, але жоден з них не дає 100 %-ї повноти і точності результатів. Рівень інтерпретації об'єктів реального світу людиною все ще значно вищий, ніж відповідний рівень машини, а людський фактор залишається незамінним. Але бурхливий розвиток сучасного технічного забезпечення значно розширює можливості дослідження і застосування методів автоматичного аналізу зображень.

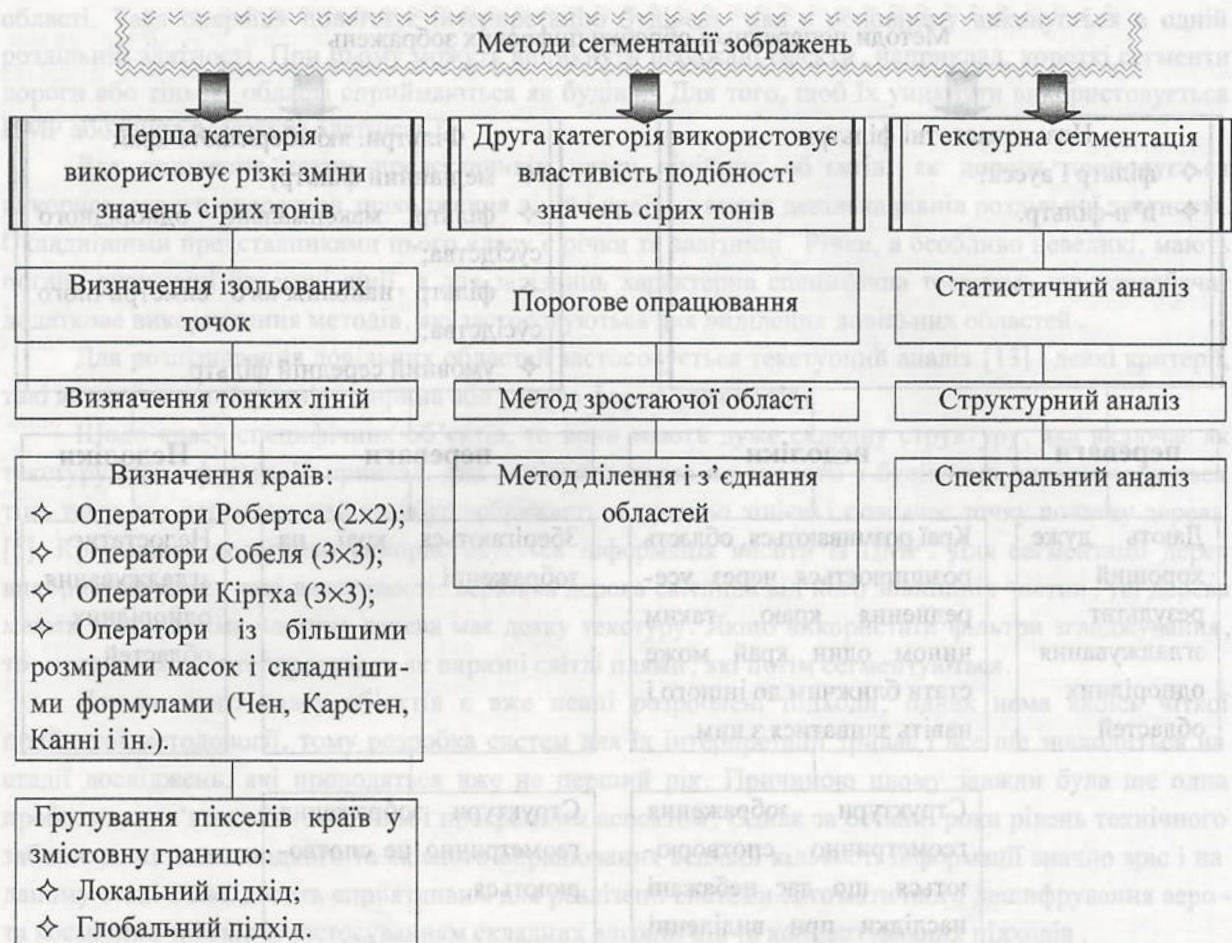


Рис. 4. Методи сегментації зображення

Висновки

Фактично, створені добре умови автоматичного дешифрування аеро- і космічних знімків зможуть повністю або значно зекономити час та зусилля людини і значить, забезпечити швидке і порівняно дешеве отримання точної детальної інформації про об'єкти різного типу, потреба в якій зростає з кожним днем в найрізноманітніших галузях: телекомуникація, 3D моделювання міст, віртуальна туристична інформаційна система, комерційні і військові структури тощо.

1. Дуда Р., Харт П. *Распознавание образов и анализ сцен*. 1976.
2. Живичин А., Соколов В. *Дешифрирование фотографических изображений*. – 1980.
3. Гренандер У. *Лекции по теории образов*. – 1981, 1983.
4. Престт “*Цифровая обработка изображений*”.
5. Bacher U., Mayer H., 2000. *Automatic extraction of trees in urban areas from aerial imagery*. In: *International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.
6. 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*.
7. Bibitchev A., 2000. *Straight Edge Extraction from Multiple Views for Reconstruction of Man-made Objects*. In: *International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.
8. Brenner C., 2000. *Towards fully automatic generation of city models*. In: *International Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 33, Part B, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*.
9. Brunn A., 2000. *A step towards semantic-based building reconstruction*

using Markov-Random-Fields. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 10. Eckstein,W., 1996. Segmentation and Texture Analysis. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXI, Part B3. 11. 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. 12. 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. 6. Gonzalez R.C., and Wood R.E., 1993. "Digital Image Processing", Addison-Wiley, New York. 13. Gonzalez Rafael C., Wintz Paul. "Digital image processing", 1987. - 503 p. 14. Liang-Chien Chen, Wei-Chen Hsu, 2000. Extraction of man-made building in multi-spectral stereoscopic images. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 33, Part B, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 15. Price K., 1999. Road grid extraction and verification. In: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXII, Part 3-2W5, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. 16. Ruskone,R., Airault,S. And Jamet,O., 1996. Road network interpretation: A topological hypothesis driven system. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXX, Part 3/2.