

УДК 911.5:528.5

ПРОБЛЕМИ ЛАНДШАФТНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ КОСМОЗОБРАЖЕНЬ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

О. Загультська

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. П. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна*

Досліджено можливості автоматизованої ландшафтної інтерпретації космічних знімків території Волинського Полісся. Розглянуто переваги і недоліки автоматизованого опрацювання зображень. Означено проблеми, які виникають у процесі ландшафтного оконтурення за знімками.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, Волинське Полісся, ландшафтна інтерпретація, автоматизована класифікація.

Останніми роками в Україні щораз більшого розмаху набувають дистанційні дослідження Землі (ДЗЗ). Цьому сприяє кілька чинників. По-перше, можливості самого методу одержання інформації, який забезпечує її об'єктивність, високу оперативність надходження та одночасне знімання великих за розмірами територій. По-друге, здатність постачати дані, необхідні для вирішення екологічних проблем та прийняття оптимальних у природокористуванні управлінських рішень. По-третє, запуски вітчизняних літальних апаратів і створення відповідної наземної інфраструктури.

Водночас давно усвідомлено, що характер та інтенсивність будь-яких негативних явищ, у тому числі антропогенних, залежить від комплексу взаємопов'язаних природних чинників, локалізованих на певній території, тобто від властивостей ландшафтних систем (ЛС). Тому ландшафтний метод дослідження території та інтерпретації аерокосмічної інформації актуальний сьогодні і має значні перспективи в майбутньому.

Методика ландшафтного картування (районування) на підставі аеро- чи космознімків ґрунтується на аналізі зображення і виявленні однакових за малюнком зображень ареалів. Лінію, яка розмежовує однорідності, приймають за межу ландшафтних утворень. На низьких ієрархічних рівнях ландшафтної диференціації (фації, рідше урочища) вона, здебільшого, фіксує зміни оптичної щільності зображення, на вищих – структурно-текстурні відмінності. За цим підходом складено та уточнено безліч ландшафтних карт. Метод та одержані за його допомогою результати викладені в численних публікаціях [1, 3, 6, 8, 14 та ін.].

Автоматичне (автоматизоване) відтворення за даними дистанційних знімків геометричного (просторового) та семантичного (елементного, функціонального) змісту об'єктів ґрунтується на теорії розпізнавання образів. Унаслідок розпізнавання відбувається їхня ідентифікація: визначення меж та присвоєння однозначної назви. Особливості методу висвітлені в працях [5, 7, 10, 15, 16, 18, 20].

З другої половини 90-х років ХХ ст. питання ландшафтних досліджень за матеріалами аеро- і космознімків та автоматизованого розпізнавання ЛС опановують уми вітчизняних учених, передовсім у контексті вирішення природно-господарських та екологічних проблем [12, 19]. Як наслідок, у Центрі аерокосмічних досліджень Землі розроб-

лено методи автоматизованого дешифрування ландшафтних систем на підставі просторово-частотного аналізу, марківських властивостей зображення, фрактальної геометрії [21–25].

Однак усі вони мають два суттєві недоліки. Перший – автори відходять від об'єктної суті ЛС, зосереджуючись на окремих елементах (властивостях), до того ж, без огляду на просторову сумісність з комплексом як таким. Другий закономірно впливає з першого – поза увагою залишилась автоматизована ідентифікація природних меж. Виділені на знімках ділянки зачисляють до тих чи інших ландшафтних комплексів, не задаючись питанням про змістовну відповідність.

Оптичні структури на знімках не завжди збігаються з ландшафтними системами. Один фізіономічно однорідний елемент зображення може містити кілька ландшафтних утворень, причому не обов'язково в повному просторовому охопленні, або ж навпаки, – один природний комплекс може об'єднувати кілька фізіономічно відмінних структур. Які б математичні методи не застосовували, питання ідентичності виділеної структури реальній ландшафтній одиниці є відкритим. Навіть абсолютно точно обмежені окремі покрити зовсім не гарантують достовірної ландшафтної контурної ідентифікації. Мабуть, саме тому В. І. Волошин, Є. І. Бушуєв зі співавторами [2] обмежились розробкою методики класифікації покривних елементів, не претендуючи на ототожнення їх з ландшафтними системами. Проте й самі покрити, здебільшого, неоднорідні, а отже, мультіяскравісні від природи. Відтак запропоновані цими авторами операції оцінки точності класифікації і вилучення одиничних пікселів у кінцевому підсумку можуть призвести до зворотного ефекту: замість поліпшення якості виконаної роботи можна отримати хибний щодо конкретних об'єктів результат у вигляді щонайменше порушення їхньої цілісності, не кажучи про те, що разом з шумами може відфільтруватись частина справжніх властивостей.

І безумовно набагато складнішими, ніж поверхневі покрити є ландшафтні утворення. Вертикальна і горизонтальна гетерогенність, багатоманітність і багатоваріантність внутрішніх і зовнішніх зв'язків, висока типологічна різноманітність на низьких ієрархічних рівнях та індивідуальна неповторність на високих, широкий розкид варіацій розмірів, форм та орієнтацій, різна ступінь вираженості природних меж – їхня атрибутна властивість [9]. Абстрагуватись від цих якостей – закладати програш уже на рівні задуму будь-якого проекту.

Тому в разі комп'ютерного моделювання ЛС, у тому числі із застосуванням даних дистанційного зондування Землі, ландшафтознавці намагаються, по-перше, зафіксувати їхні реальні межі, а по-друге, максимально відтворити внутрішню різноманітність. Найпоширеніший прийом – синтез шарів просторової інформації на засадах гармонізації, що впливає із взаємозв'язків і взаємовпливів [4, 11, 13].

Однак, як і будь-яка інша процедура формування цілого з частин, така багат шарова архітектура просторової інформації приречена на похибки, що виникають унаслідок стикування різних тематичних шарів, і їхнє нагромадження зі збільшенням кількості елементів синтезу. Відповідно, найоптимальнішим методом є дедуктивний – рух від ландшафтних систем, як цілісних утворень, до окремих їхніх характеристик. Як приклад такого підходу, можна назвати працю географів з Московського університету, в якій вони виклали методику виявлення закономірностей організації ландшафтної структури, спираючись на багатовимірний просторовий аналіз із застосуванням теорії нелінійних коливань [17]. Отримані результати, окрім того, дали змогу виконати генетичне трактування виявлених ландшафтних ареалів.

Водночас відтворення ЛС на знімках в усій їхній просторовій визначеності і в режимі візуального дешифрування, і в автоматизованому режимі наштовхується на низку перепон, першопричиною яких є завуальованість ландшафтної диференціації природними чи природно-господарськими покривами. Труднощі, які виникають у разі ландшафтного опрацювання матеріалів дистанційних знімків на одній з частин Волинського Полісся – предмет нашого дослідження.

Цифровий орторектифікований панхроматичний (чорно-білий) знімок з роздільною здатністю 10 м, обмежений 4800×4800 пікселями, методом контрольованої класифікації опрацьований за допомогою програмного продукту ERDAS. Навчання класифікатора виконували за зображенням, яке опрацьовували. В систему координат знімок переведений у середовища Arc. View та Arc. Info. В основі роботи – порівняння складеної на ключову ділянку ландшафтної карти, космічного знімка і сформованого на його базі класифікованого зображення.

Отримані результати засвідчили, що найліпше достовірній автоматизованій класифікації піддаються водойми, зокрема, озера, чому сприяє їхня різко відмінна (найнижча) від інших елементів зображення відбивна здатність. Більшість з них відобразились у реальних контурах. У разі збільшення можна побачити ділянки з водяною рослинністю. Місця їхньої локалізації чітко виділені завдяки іншій від води оптичній щільності. Правда, вона така ж, як у прилеглих лісів. Однак розміщення вглибині водойми перешкодило формуванню спільного контуру, тобто об'єднанню різних рослинних об'єктів в одну оптичну структуру.

Труднощі в розрізненні існують, оскільки до класу лісів потрапили перезволожені ділянки відкритих торфовищ, таким же кольором відтворились і русла рік. Якщо ж на стадії навчання цим об'єктам задавати різну класову належність, то однаково будуть зображені інші комбінації географічних об'єктів, наприклад, до класу позбавлених рослинності торфовищ автоматично зачислені надмірно зволожені фрагменти трав'яних боліт.

Зазначену проблему ідентифікації, проте, можна вирішити, взявши до уваги додаткові дешифрувальні ознаки: обриси, форму, місце розташування, сусідство. Русла рік на тлі лісів, наприклад, виділені звивистістю та розміщенням у межах заплави, яку, відповідно, легко впізнати за смугастою витягнутістю та іншим від межиріч набором кольорів. Ділянки відкритих торфовищ, на відміну від озер, здебільшого, прямокутнокутові й порізані мережею осушувальних каналів.

До семантично і геометрично достовірно класифікованих, здебільшого, належать лісові масиви. Крім того, чітко виражена їхня внутрішня структура, яка є наслідком різної висоти, зрілості, густоти, компактності, вкраплень інших угідь. Натомість ліси з суцільним однаково високим пологом формують безструктурне зображення.

У вільшняках вкраплення, головню, утворюють надмірно зволожені місцеположення під мохово-трав'яною рослинністю, іноді вкриті водою. Чужорідні елементи зображення в соснових лісах мають іншу природу й передусім це відкриті піски. Розрідженість сосняків найбільше виявляється на межирічних піщаних пагорбах або ж на борових терасах рік, що цілком закономірно з огляду на погані умови їхнього живлення.

До чітко зображених на класифікованому зображенні належать і лінійні об'єкти: ґрунтові, автомобільні, залізничні дороги, лісові просіки, просіки з лініями електропередач, особливо в тих частинах, де вони перетинають лісові масиви. Тонально світлі, або завдяки субстрату, яким вкриті, або завдяки сухості, вони добре контрастують з темними за тоном лісами. Найпомітніші ґрунтові дороги прокладені по найвищих міс-

цях, літологічною основою яких є піски. В межах населених пунктів, навпаки, в малюнку зображення вони часто губляться, оскільки мають ідентичну або близьку яскравість з іншими елементами, що формують поселення.

Завдяки специфічній внутрішній організації на менш структурованому тлі добре розпізнати населені пункти. Чималу роль у цьому відіграє прямокутно-кутова форма будівель та городів і мережа доріг, яка до них прямує або їх перетинає.

Зазначимо, що через складну колірну гаму детальність зображення поселень на класифікованому зображенні значно більша, ніж на панхроматичному космічному знімку. Поєднання кольорів, до того ж, є ідентифікаційною ознакою природних умов та місцеположення території. Якщо на межиріччях домінують кольори торфовищ, лісів, лук і значно рідше трапляються кольори, що зафіксували різний ступінь гумусованості орних угідь, то на борових терасах Стиру співвідношення покривів, а отже, їхньої яскравості – інше. В другому випадку додатковими дешифрувальними ознаками поселень є великі розміри сільськогосподарських угідь, які їх оточують, тоді як на межиріччях вони дрібні.

На більшій протяжності добре простежені обриси долин великих рік, зокрема, Стоходу і Стиру. Менше впізнавані долини дрібніших рік, зокрема, Горбаха, Березини, Черевахи, Чернявки, Оконки. Відкриті русла зображені таким же кольором, як і ліси, що свідчить про їхню однакову відбивну здатність. Слабше поглинання сонячного проміння руслами порівняно з іншими водоймами спричинене меншою глибиною, а відтак меншою потужністю водної товщі.

Дрібноплямисту мозаїку долини Стоходу формують кольори, вибрані для позначення торфовищ і заплавних лук. За їхнім поєднанням досить добре виділена заплава. Відкриті перезволожені торфовища – добра маркувальна ознака долин. За цими ж ознаками можна простежити долини малих річечок. Проте в окремих місцях вони виражені слабо, про їхнє місцезнаходження можна тільки здогадуватись.

За згрупованими в смуги дрібними плямами боліт і торфовищ можна розпізнати й інші зниження в рельєфі, навіть тоді, коли вони частково вкриті вільшняками, адже вільхові ліси через надмірну вологу тут часто розріджені. З іншого боку, оскільки на аналізованих чорно-білих знімках за тональними особливостями листяні й хвойні породи дерев не розрізнити, то заболочені ділянки в масивах лісів є індикаторами вільхових і березово-вільхових насаджень. Про місцеположення фрагментів борової тераси свідчать інші дешифрувальні ознаки – сільськогосподарські угіддя і населені пункти.

У долині Стиру зміна колірної гами збігається з різними висотними рівнями, які закономірно нарастають від долини Прип'яті до півдня. На найнижчому з них (менше 160 м н. р. м.), який охоплює відтинки між населеними пунктами Кримно–Копачів, малюнок зображення формують заплавні лучні угіддя і відкриті торфовища. В цих великоплямистих поєднаннях домінування одних чи інших визначене геоморфологічними умовами. Набагато ліпше, ніж на космічному знімку, тут виражені ділянки вільхових лісів, оскільки вони передані відмінним від загального фону кольором.

На відтинку Сопачів–Кузнецовськ, що припіднятий до 160–165 м, основу малюнка зображення становлять кольори лук, що є ознакою ліпшої дренажності цієї ділянки заплави. Тут площі відкритих боліт мізерні. По обидва боки простягаються широкі борові тераси, на яких розташовані поселення. Прилеглі межиріччя високо підняті, вкриті ксерофітними сосняками.

У проміжку між Кузнецовськом і Старим Чорторійськом долина Стиру зображена кольорами, які характерні для відкритих пісків або інших світлих об'єктів. На їхньому

тлі особливо чітко виділене русло з дрібними меандрами. У внутрішній частині великої меандри Стиру велику площу займають піщано-супіщані ґрунти під сільськогосподарськими угіддями, а розташовані на захід від них сосняки переважно ксерофітні.

Досить велика площа на досліджуваній території є під безлісими, зокрема, трав'яними, моховими і чагарниковими болотами. В загальному малюнку зображення вони виділені великими плямами й відмінними від решти лісового оточення кольорами. На противагу космічному знімку, де болота досить одноманітні за зображенням, на класифікованій карті для них характерна складна структура, утворена плямами лук, мохів, місцями вкритих зверху водою, й іншої рослинності, у тому числі з відбивною здатністю, близькою до відбивної здатності пісків, тобто сухої.

Отже, попри додаткові критерії, що їх дають космічні знімки для визначення ландшафтних особливостей тієї чи іншої території, зокрема, компонентного наповнення ландшафтних контурів, що підсилює достовірність складеної легенди, вважати їх достатнім джерелом інформації для ландшафтного картування не можна. Передусім тому, що межі рослинних угруповань, які сприймаємо на знімках, не завжди збігаються з межами форм рельєфу, які, зазвичай, беремо за основу проведення меж урочищ. Процедура ускладнюють плями освоєних територій, які хоча й приурочені до певних місцеположень, проте часто охоплюють кілька ландшафтних систем, і розділити їх за умови однакового малюнка зображення на чорно-білих знімках доволі важко. На панхроматичних зображеннях, окрім того, листяні й хвойні ліси показані одним тоном, і в разі розташування єдиним масивом їх не розрізнити.

Ідентифікації всіх складових ектоярусу суттєво перешкоджає чинник подібності відбивних властивостей різних його елементів, що призводить до повторюваності однієї й тієї ж яскравості в різних фізіономічних структурах.

До переваг класифікованих зображень насамперед належить змога підібрати таку колірну гаму, яка б максимально забезпечувала контрастність окремих елементів зображення. Одночасно збільшується кількість виділених географічних складових. У межах заплави, наприклад, завдяки відмінній відбивній здатності різних рослинних угруповань розрізняють ділянки різного ступеня перезволоження. Всередині населених пунктів простежують території з різними угіддями та забудовою. Сільськогосподарські масиви диференційовані за характером ґрунтового покриву, ступенем гумусованості, типом та проективним покриттям рослинності. А за варіаціями відбивної здатності різних відтінків ґрунтових доріг можна скласти уявлення про субстрат, по якому вони прокладені.

Зазначена вище детальність відтворення елементів зображення водночас ускладнює цілісність сприйняття, а отже, процедуру проведення реальних ландшафтних меж, особливо тоді, коли слабо виражені примезові природні контрасти. Тонально однорідний на космічному знімку ареал на класифікованій карті постає як складна мозаїка кольорів. Широкий розкид значень яскравості зумовлює різко відмінні показники відбиття мікроелементів, з яких складаються фізіономічні окремоті.

Розділити окремі ландшафтні системи в такому разі можна лише тоді, коли вони сформовані контрастними щодо сусідніх кольорами. У контури структурованих елементів зображення, до того ж, часто вкрадаються "чужі" покриви. З одного боку, це добре, оскільки відтворюється реальна природно-господарська ситуація. З іншого, – це може бути наслідком подібної відбивної здатності, а не ознакою саме того покриву, для якого колір вибрали, що, зрозуміло, веде до ідентифікаційних помилок.

Тому для достовірного ландшафтного картування, окрім знімків, треба використовувати інші джерела інформації, передусім топокарти та карти, які передають геологічну будову, – корінні й четвертинні відклади.

1. Брюханов А. В., Господинов Г. В., Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические методы в географических исследованиях. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1982. – 232 с.
2. Волошин В. І., Буцуєв Є. І., Паршина О. І., Федоров О. П. Методика класифікації покривних елементів ландшафту // Косм. наука і технологія. – 2004. – №5/6. – С. 190–193.
3. Глушко Е. В. Опыт применения системного подхода к изучению современных ландшафтов по космическим снимкам // Исследование Земли из космоса. – 1990. – № 1. – С. 40–48.
4. Давидчук В., Сорокіна Л., Родіна В. Методи ландшафтного картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій // Вісн. Львів. ун-ту. сер. геогр. – 2004. – Вип. 31. – С. 263–270.
5. Дистанционное зондирование: количественный подход. – М.: Недра, 83. – 415 с.
6. Дистанционные исследования ландшафтов. – Новосибирск: Наука, 1987. – 190 с.
7. Журкин И. Г., Цветков В. Я. Геоинформационное моделирование при обработке данных дистанционного зондирования // Исследование Земли из космоса. – 1998. – № 6. – С. 66–72.
8. Загультська О.Б. Ландшафтна інтерпретація аерокосмічної інформації (на прикладі західних областей України): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – К., 1996. – 24 с.
9. Загультська О. Б. Географічна інформативність зображення ландшафтних систем на космічних знімках // Геодезія, картографія і аерофотознімання – 2003. – Вип. 63. – С. 170–174.
10. Космические методы изучения среды. Автоматизированный аэрокосмический практикум. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1989. – 143 с.
11. Круглов І., Божук Т. Геоекологічна інформаційна система Українського Мармарошу: модель на ділянці «Квасний» // Вісн. Львів. ун-ту. сер. геогр. – 2004. – Вип. 30. – С. 159–166.
12. Лялько В. І., Маринич А. М., Федоровський А. Д. Аерокосмічні дослідження ландшафтних комплексів України // Укр. геогр. журн. – 1994. – № 4. – С. 3–8.
13. Потапенко В. Г. Типологія та ГІС-моделювання агро ландшафтів // Укр. геогр. журн. – 1998. – № 3. – С. 63–67.
14. Плюснин В. М., Биличенко И. М. Дистанционные и количественные методы изучения ландшафтной структуры (на примере хребта Хамар-Дабан) // Геогр. и природн. ресурсы. – 2001. – № 2. – С. 127–136.
15. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Кн. 2. – М.: Мир, 1982. – 480 с.
16. Распознавание образов: состояние и перспективы. – М.: Радио и связь, 1985. – 104 с.
17. Пузаченко Ю. Г., Хорошев А. В., Алещенко Г. М. Анализ организации ландшафта на основе космического снимка // Исследование Земли из космоса. – 2003. – № 3. – С. 63–67.
18. Светличный А. А., Андерсон В. Н., Плотницкий С. В. Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.
19. Табачний Л. Я., Готинян В. С., Мельник І. В. та ін. ГІС-ДЗЗ технологія створення тематичних карт на територію радіоактивного забруднення // Матеріали Третьої укр. наради користувачів аерокосмічної інформації. – К.: Знання України, 2001. – С. 91–98.
20. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978. – 416 с.
21. Федоровський А. Д., Гриневецкий В. Т., Костюченко Ю. В., Кувишинов А. Ю. Ландшафтний підхід при дешифруванні космічних знімків // Косм. наука і технологія. – 1998. – Т. 4. – № 1. – С. 39–45.
22. Федоровський А. Д., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. К вопросу оценки космических снимков для дешифрирования природных ландшафтов // Косм. наука і технологія. – 1999. – №1. – С. 24–31.
23. Федоровський А. Д., Якимчук В. Г., Новиков Р. И. и др. Дешифрирование космических снимков: распознавание ландшафтных зон на основе структурного анализа // Косм. наука і технологія. – 2000. – Т. 6. – № 2/3. – С. 39–44.

24. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Рябоконеко С. А. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов с использованием марковской модели изображения // Косм. наука і технологія. – 2001. – Т. 7. – № 5/6. – С. 80–84.
25. Федоровский А. Д., Якимчук В. Г., Рябоконеко С. А. и др. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов на основе структурно-текстурного анализа // Косм. наука і технологія. – 2002. – Т. 8. – № 2/3. – С. 76–83.

**PROBLEMS of LANDSCAPE INTERPRATATION of the SPACE IMAGES
the VOLYNSK POLISSYA**

О. Zagul's'ka

*Ivan Franko National University of Lviv,
P. Doroshenko St., 41, UA – 79000 Lviv, Ukraine*

It is investigated of an opportunity of the automated landscape interpretation of space pictures on territory of the Volynsk Polissya. It is considered advantages and lacks of the automated processing of images. It is outlined the problems arising during landscape mapping behind pictures.

Key words: remote sensing of the Earth, the Volynsk Polissya, the landscape interpretation, the automated classification.

Стаття надійшла до редколегії 11.06.2007
Прийнята до друку 27.09.2007