

УДК 581.133.12

ЕЛЕМЕНТИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Кохан С.С.

*Національний аграрний університет України,
ННІ земельних ресурсів та правознавства, м. Київ, Україна
E-mail: GIS_chair@twin.nauu.kiev.ua.*

В статті подається програма підготовки фахівців аграрного профілю при вивченні дисциплін з дистанційного зондування Землі. Розглядаються підходи щодо класифікації зображень.

Ключові слова: класифікація, ймовірність, теорія Демпстер-Шейфер.

ВСТУП.

Підготовка фахівців за напрямом 0709 „Геодезія, картографія та землевпорядкування” передбачає вивчення теорії і практики геоінформаційних систем, методів і технологій створення просторових даних, в тому числі на основі використання даних дистанційного зондування Землі та навігаційних систем.

В Національному аграрному університеті вивчення дисциплін “Дистанційний моніторинг земельних ресурсів” та „Методи дистанційного зондування Землі” передбачає викладання на основі використання GPS iFinder, використання знімків низького, середнього і високого розрізнення (KA Terra/Aster, Aqua/Modis, Spot 4/HRV, Landsat TM/ETM+, програмні продукти IDRISI Kilimanjaro, Carta Links, Erdas Imagine V.9.0, ArcGIS 9.1.

Вивчення дисциплін “Дистанційний моніторинг земельних ресурсів” та „Методи дистанційного зондування Землі” передбачає попереднє засвоєння курсів “ГІС і бази даних”, „Цифрові плани і карти”, „Фотограмметрія і дешифрування”, що забезпечують засвоєння основних методів збору просторової інформації, організацію даних в ГІС (формати, структури і моделі даних, топологію, атрибутивну інформацію, редагування даних в ГІС), функціональні можливості сучасних ГІС (елементарний просторовий аналіз, SQL - запити), бази даних, структури баз даних, обробку та дешифрування аерофотознімків.

Теоретичні заняття передбачають вивчення тем:

- Історичний огляд розвитку методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Класифікація методів ДЗЗ. Інформативні ознаки. Аеровізуальні спостереження та їх інформаційні можливості.
- Спектр електромагнітного випромінювання та його розподіл. Основні радіометричні закони. Поняття про „колір”. Взаємодія випромінювання з атмосферою та з землею поверхнею. Спектральні образи об’єктів підстилаючої поверхні. Спектральні властивості фітоелементів, окремих рослин та рослинного покриву в цілому. Аналіз факторів, що впливають на

отримання спектральної інформації. Гіперспектральна зйомка та її інформаційні можливості.

- Отримання даних ДЗЗ. Формати зберігання даних. Сенсорні системи. Активне та пасивне зондування. Фотографічне зображення, його отримання та характеристики. Цифрові зображення та їх особливості. Розрізнення сенсорних систем: просторове, радіометричне, спектральне, темпоральне. Порівняльний аналіз наземних, авіаційних та космічних методів ДЗЗ.
- Основні космічні системи (Landsat, SPOT, IRS, Radarsat, Ikonos, Quick Bird, ERS, Formosat, Kompsat, Radarsat) та їх технічні характеристики. Можливості використання знімків з низьким, середнім і високим розрізненням в моніторингу земельних ресурсів.
- Попередня обробка знімків: радіометрична та геометрична корекція. Рівні попередньої обробки. Поліпшення зображень. Класифікація зображень (керована та некерована).
- Наземне забезпечення авіакосмічних спостережень. Завіркові полігони. Типи додаткової інформації: гідрометеорологічна, біофізична, фенологічні спостереження, відбір зразків для аналізу. Типи організації вибірки наземних даних.
- Огляд космічної програми України. Сучасна структура української системи аерокосмічних спостережень. Огляд існуючих міжнародних програм. Міжнародні програми з оцінки стану рослинного покриву: LACIE, MARS, MERA та їх основні результати.

Лабораторні заняття передбачають використання космічних знімків різного розрізнення і містять теми:

- Основні поняття дешифрування космічних знімків (яскравість, фототон, колір, текстура). Використання методів покращення аерокосмічних знімків. Візуальне виділення наземних об'єктів. Покращення знімків за допомогою корегування гістограми. Поняття просторової частоти.
- Алгоритми некерованої класифікації. Визначення класів об'єктів за допомогою кластерного аналізу. Інтерпретація визначених класів.
- Ознайомлення з алгоритмами керованої класифікації. Відбір еталонних полігонів. Проведення керованої класифікації. Виділення класів об'єктів землекористувань.
- Класифікація на основі нечітких сигнатур.
- Поняття „гнучких” класифікаторів. Теорія Демпстер-Шейфер.
- Ознайомлення з методом геометричної корекції. Вибір проекції. Вибір опорних точок. Вибір алгоритму ректифікації. Оцінка точності.
- Аналіз головних компонентів. Визначення адекватності характеристик земної поверхні на основі знімків, зроблених в різних діапазонах спектру.

При вивченні дисциплін розглядаються проблемні питання традиційних підходів щодо вирішення завдань природоохоронного напрямку та моніторингу земельних ресурсів на основі використання даних дистанційного зондування Землі, які об'єднуються в групи завдань:

- Класифікація типів землекористувань;

- Виділення масивів ґрунтового покриву з ознаками деградаційних процесів;
- Виявлення процесів засолення;
- Виявлення розвитку ерозійних процесів, проявів яружно-балочної ерозії;
- Прогнозування стану посівів та урожайності зернових культур.

Один з найважливіших напрямків використання даних дистанційного зондування Землі в навчальному процесі підготовки фахівців аграрного профілю передбачає класифікацію зображень та створення тематичних карт.

1. АВТОМАТИЗОВАНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

При дешифруванні, розпізнанні та інтерпретації аерокосмічних зображень виділяють ряд етапів. Розпізнання об'єктів передбачає відокремлене сприйняття та аналіз ознак об'єктів і встановлення сутності досліджуваного об'єкта. На місцевості та в просторі об'єкти характеризуються рядом ознак, що дозволяють забезпечувати їх розпізнання.

До прямих ознак, що сприяють безпосередньому розпізнанню об'єктів відносять щільність фототону, форму, розмір, структуру поверхні об'єкту, текстуру. З метою підвищення достовірності дешифрування використовують непрямі ознаки. До непрямих ознак відносять асоціації – розташування об'єктів відносно інших та приуроченість одних об'єктів до інших.

Методика автоматизованого дешифрування аерокосмічних зображень передбачає модель розпізнання за Байесом [1]. Перевага моделі полягає в тому, що вона дозволяє використовувати апріорну та різномірну за природою інформацію [2]. Методика включає ряд етапів, основні з яких передбачають:

- встановлення множин класів;
- визначення апостеріорних умовних ймовірностей для встановленої множини класів;
- геоприв'язку зображення;
- визначення умовних ймовірностей з урахуванням характеристик місцевості;
- визначення коефіцієнта схожості контуру об'єкту з еталонами класів та відповідної умовної ймовірності;
- визначення відстані від об'єкта до району розташування та відповідної умовної ймовірності;
- визначення апостеріорних ймовірностей належності об'єкта до класів;
- визначення належності об'єкта до певного класу на основі значень апостеріорних ймовірностей.

На сучасному етапі розвитку методів інтерпретації даних дистанційного зондування Землі постає проблема злиття даних – формалізація правил комбінування і узагальнення інформації, зокрема комбінування інформаційних рішень [3].

Ймовірнісна модель Байєса та множини нечітких сигнатур пропонуються як альтернативні підходи у вирішенні даних питань. Застосування малих виборок

даних та їх невизначеність все більше передбачає використання методів нечіткої логіки, що базуються на теорії нечітких множин. Одним з найбільш досконалих підходів у використанні методів нечіткої логіки виступає теорія Демпстер-Шейфер, що дозволяє враховувати як нечітку, так і неточну або випадково виявлену інформацію.

2. КЛАСИФІКАТОРИ З «ЖОРСТКИМИ» ТА «ГНУЧКИМИ» УМОВАМИ

Класифікацією називають процес розбиття пікселів неперервного растрового зображення на категорії на основі їх файлових спектральних значень, в результаті чого кожному пікселю присвоюється нове значення. В статті передбачено розгляд керованої класифікації з використанням програмного продукту Idrisi Kilimanjaro. Використано зображення території Національного аграрного університету, одержані на основі КА Spot 4 (0,5–0,59 мкм, 0,61–0,68 мкм, 0,79–0,89 мкм) та Quick Bird (для поліпшення інтерпретації зображення з КА Spot 4).

При проведенні керованої класифікації використовувались наступні етапи:

- підбір, знаходження і виділення еталонних полігонів (до уваги приймалась просторова роздільна здатність вихідного космічного знімка та результати польових обстежень для збору різноманітних еталонних зразків, що сприяють розширенню тематичних шарів);
- призначення кожному типу покриття специфічного ідентифікатора; аналіз пікселів у межах кожного еталонного полігона і створення спектральних сигнатур для кожного типу покриття;
- класифікація зображення, порівняння спектральних значень пікселів зі створеними сигнатурами; віднесення пікселів до того чи іншого класу покриття здійснювалось з використанням статистичного аналізу.

Оцінка сигнатур проводилась їх накладанням у двох каналах. Графік (скаттерограма) відображував положення всіх пікселів у двох каналах, де відбиття одного каналу - на осі X, іншого - на осі Y. Частота пікселів у кожній точці X,Y положення відмічалась кольором палітри у кількісному вигляді. Перекриття сигнатур на графіку свідчило про якість визначення типів покриття досліджуваних каналів.

Класифікація за методом мінімальної спектральної відстані полягає в розрахунку відстані значень відбиття пікселя до середнього спектрального значення кожного файлу сигнатури і потім призначає пікселі до категорії з найближчим значенням. Є два шляхи розрахунку відстані. Перший розраховує евклідову відстань від значень відбиття пікселя до кожного спектрального значення категорії.

Недоліком цього способу класифікації виступає нехтування дисперсією спектральних характеристик пікселів у межах полігонів. Класифікатор передбачає розрахунок нормалізованої відстані. У цьому випадку класифікатор обчислює стандартне відхилення значень відбиття навколо середнього, створюючи контури стандартних відхилень, що дозволяє призначати даний піксель до найближчої категорії у вигляді стандартних відхилень.

Класифікатору в цілому характерно віднесення пікселя до певного класу, маючи велике значення відхилення від похибки середнього. Результати використання алгоритмів розрахунку мінімальної спектральної відстані відображені на Рис.1.

Використання методу лінійних дискримінант (за Фішером) забезпечило одержання тематичного зображення, яке за якістю наближалось до растру, отриманого за методом максимальної подібності (Рис.2), коефіцієнт Карра становив 0.45.

Класифікація за методом максимальної подібності вважається однією з оптимальних, оскільки базується на ймовірностних принципах [4]. Дисперсія значень відбиття в еталонному полігоні описується функцією імовірності щільності, яка базується на статистиці Байєса. За цією класифікацією розрахунок імовірності ведеться на основі значень статистичних характеристик еталонних вибірок. Метод максимальної подібності, без сумніву, є одним з найбільш використовуваних при класифікації даних дистанційного зондування. Покладена в основу методу теорема Байєса виражає взаємозв'язок між ознакою, попередніми знаннями та ймовірністю в тому, що обрана гіпотеза є істинною.

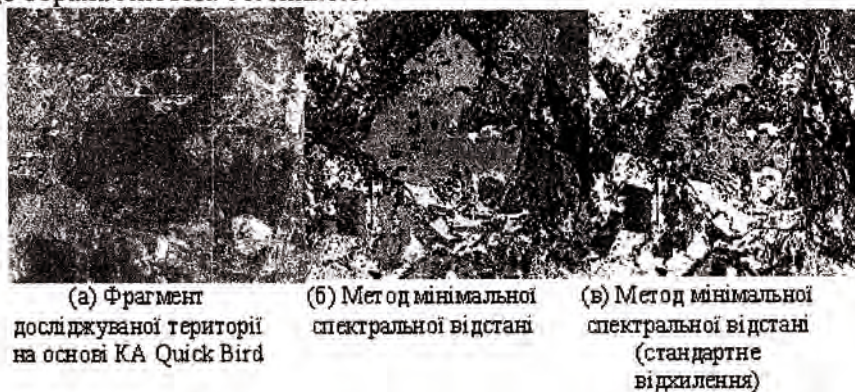


Рис. 1. Фрагмент досліджуваної території (а) та використання алгоритму розрахунку мінімальної спектральної відстані (б) і нормалізованої відстані (в)

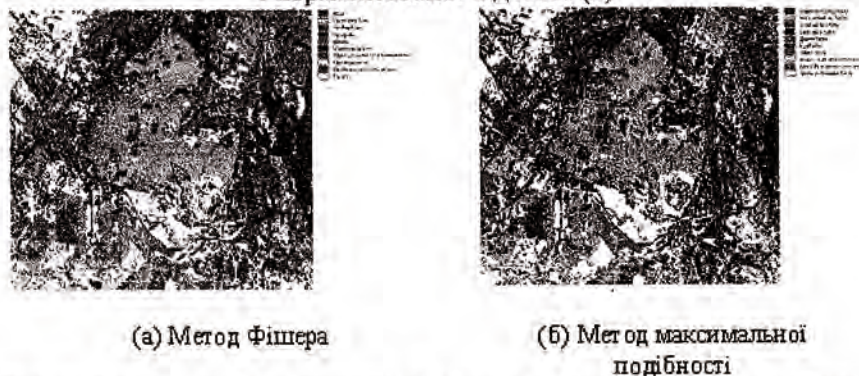
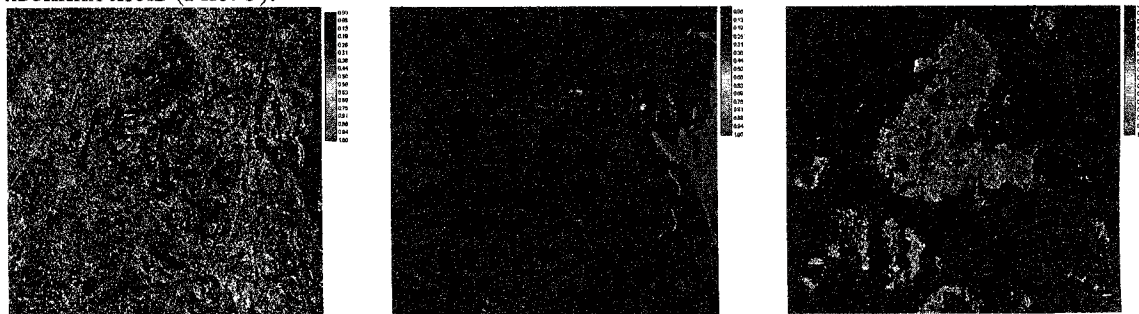


Рис. 2. Класифікація за методами Фішера та максимальної подібності

Поняття “гнучкий” класифікатор враховує оцінку ступеня належності пікселя до набору класів різних типів покриття. Замість того, щоб приймати чітко встановлене рішення про належність кожного пікселя певному класу, вихідний файл представляє собою зображення з дійсним типом даних, притаманне для кожного класу, яке виражає встановлену належність пікселів до класу в межах від 0 до 1. Значення в кожному із зображень представляють оцінену ймовірність того, що кожний піксель належить певному класу.

У випадку, коли багато пікселів досліджуваних класів покриття мають ступінь належності до відповідного класу, менший 1 (тобто існує невизначеність, що піксель відноситься до даного класу), ймовірність свідчить, що піксель належить до змішаного класу покриття, або показник відбиття пікселів перебуває в межах перекриття ділянок розподілу сигнатури класів. До класів, для яких характерна суттєва ступінь належності пікселів, відносять класи водойм, поселень, листяних і хвойних лісів (Рис. 3).



(а) Зображення невизначеності класифікації

(б) Зображення невизначеності класифікації для категорії водних ресурсів

(в) Зображення невизначеності класифікації для категорії листяних лісів

Рис. 3. Зображення невизначеності класифікації

Створені набори растрів для відображення ймовірності належності пікселів до класів різних типів покриття, що є характерним для всіх класифікаторів з “гнучкими” умовами. Кожний з методів відрізняється підходом до прийняття рішення щодо належності пікселів кожному з класів покриття.

Одним з головних передбачень підходу за Байесом щодо класифікації зображень є визначення еталонних полігонів шляхом виділення чистих репрезентативних зразків для кожного класу, які вони представляють. Однак, такі випадки трапляються досить рідко. Наявність включень призводить до зростання варіювань та ненормалізації в багатомірному розподілі величин відбиття, що в свою чергу зменшує розпізнавальну здатність сигнатур.

На прикладі зображення досліджуваної території застосовано підхід з використанням сигнатур на основі нечіткої логіки. В основу підходу покладено концепцію нечіткої множини. Нами передбачається, що кожний піксель потенційно

може входити в більш, ніж один клас (множину) відповідно до ступеня, з яким суміші класів існують у межах пікселя.

Створення нечітких сигнатур включає наступні етапи:

- Визначення еталонів;
- Створення матриці сегменту нечіткої логіки;
- Створення множини просторових зразків, які представляють нечітку належність до різних градацій. Створюються зображення для кожного типу покриття, в якому зберігаються співвідношення в кожному еталонному класі;
- Створення нечітких сигнатур (Рис. 4, 5):

IDR_ID	Воде	Лес_листв	Лес_хвойн	Застройка	Дороги	Ж_Д	Пашня	Поля_кулет	Частный_сез_взрны
2	0	0.7	0.15	0	0	0	0	0.05	0.05
3	0	0	0.7	0.05	0	0	0	0	0.05
4	0	0	0.8	0	0.05	0	0	0	0.05
5	0	0	0	0.05	0.6	0.2	0.05	0	0.05
6	0	0	0	0	0.1	0.8	0.05	0	0.05
7	0	0	0	0	0	0	0.7	0.1	0.1
8	0	0.1	0	0	0	0	0	0.7	0.1
9	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0.55
10	0	0	0	0.05	0	0	0	0.1	0.2

Рис.4. Матриця створення нечітких сигнатур для 10 класів покриття

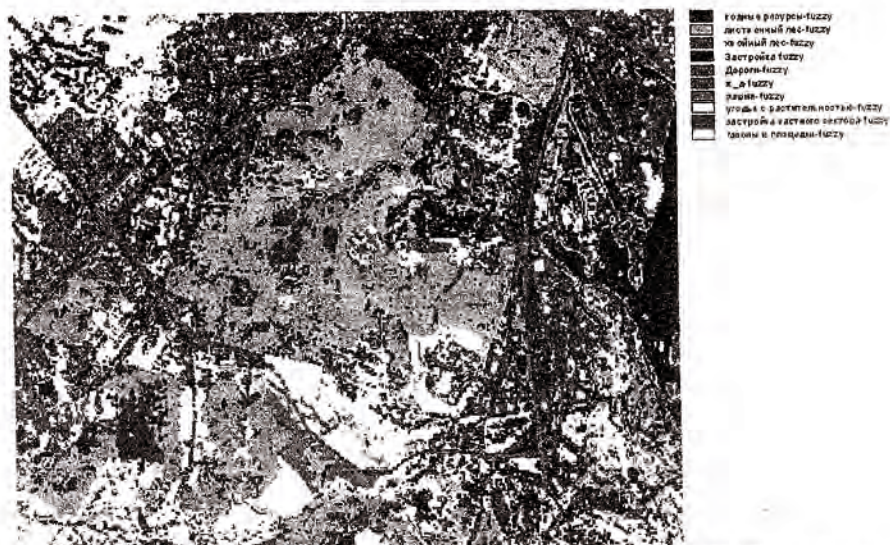
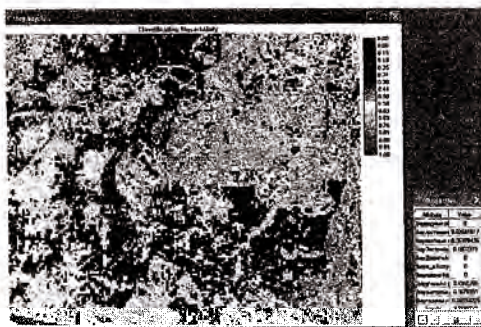


Рис. 5. Класифікація за методом максимальної подібності з використанням нечітких сигнатур (Карра= 0.52)

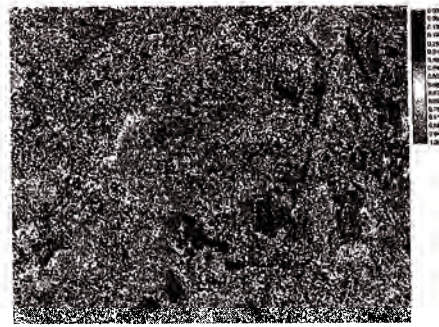
Різниця між класифікацією з використанням нечіткої логіки та апіорної ймовірності в досліджуваних категоріях угідь може сприяти ідентифікації найбільш проблематичних пікселів.

Класифікація на основі теорії ймовірності Байєса має різновид, відомий як теорія Демпстер-Шейфер. При класифікації зображень використовувалась рівна апіорна ймовірність. Вихідні зображення представляють собою серію зображень переконливості Демпстер-Шейфер та зображення невизначеності класифікації. Результати аналізу зображень показали, що величини значень невизначеності класифікації значно вищі при використанні теорії Демпстер-Шейфер в порівнянні з вихідним зображенням, одержаним при класифікації за теорією ймовірності Байєса. Це може бути пов'язаним з тим, що класифікація на основі теорії Демпстер-Шейфер приймає до уваги позицію щодо можливості існування неідентифікованих типів покриття.

В той же час класифікація за Байєсом передбачає, що дана множина сигнагур визначає кожний тип покриття на досліджуваній території. Забезпечується оцінка ймовірності, що піксель належить даній сигнатурі і повинен відноситись до однієї з перерахованих сигнатур (Рис. 6). До класів, для яких характерна суттєва ступінь належності пікселів, відносять класи забудов і дороги. Низька ймовірність показує, що піксель належить до змішаного класу покриття або показник відбиття пікселів перебуває в межах перекриття ділянок розподілу сигнатури класів.



а) Невизначеність класифікації з використанням теорії ймовірності Байєса



б) Специфічна форма невизначеності, відома за теорією Демпстер-Шейфер як ігнорування

Рис. 6 Невизначеність класифікації з використанням теорії ймовірності Байєса (а) та теорії Демпстер-Шейфер (б)

Теорія Демпстер-Шейфер враховує можливість того, що певна частка доказу може підтримувати декілька класів без здатності їх чіткого визначення. Наприклад, очевидність може підтримувати висновок, що піксель належить класу широколистяних або хвойних лісів без здатності чіткого визначення, до якого саме класу.

Одержані вихідні зображення модуля за використання опції ймовірності перебувають у вигляді серії зображень ймовірності Демпстер-Шейфер. Величини значень в кожному зображенні представляють оцінені ймовірності - вид тієї ймовірності, що відображує найвищу потенційну ймовірність того, що кожний піксель належить даному класу.

В той час, як достовірність вказує на ступінь стійкої підтримки гіпотези, ймовірність виражає ступінь, за яким дана гіпотеза не викликає сумніву – тобто вона виражає ступінь, для якого не вистачає очевидності проти гіпотези.

Території, що мають високий рівень ймовірності характеризуються низькою достовірністю, а території, що мають низьке значення ймовірності характеризуються високою достовірністю.

Інтервал довіри представляє собою різницю між ймовірністю і достовірністю для певного класу і виражає міру невизначеності щодо стану об'єкта про даний клас.

Приймаючи до уваги ігнорування, теорія Демпстер-Шейфер забезпечує більші розпізнавальні можливості в порівнянні з теорією ймовірності Байєса. Аналіз за Байєсом, використовуючи повністю всі наявні знання, створює майже рівноцінні високі значення ймовірностей для просторових категорій, що можуть мати подібні значення відбиття або відбиття, що перекриваються.

ВИСНОВКИ

Використання теорії Демпстер-Шейфер забезпечує більші розпізнавальні можливості в порівнянні з теорією ймовірності Байєса, враховуючи описову складову невизначеності класифікації.

Список літератури

1. Автоматизированная обработка изображений природных комплексов Сибири/ Алексеев А.С., Пяткин В.П., Дементьев В.Н. и др. – Новосибирск: Наука.-1988. -224с.
2. Еремеев В.А., Мордвинцев И.Н., Платонов Н.Г. Современные гиперспектральные сенсоры и методы обработки гиперспектральных данных// Исследование Земли из космоса. 2003. № 6. С.80-90.
3. Кохан С.С., Поліщук І.П. Дистанційний моніторинг земельних ресурсів. –К.: НАУ.-2004.-68с.
4. Попов М.О.. Сучасні погляди на інтерпретацію даних аерокосмічного дистанційного зондування Землі// Космічна наука і технологія. 2002. Т.8. №2/3. С.110-115.

Кохан С.С. Элементы цифровой обработки изображений в учебном процессе // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского – 2007. – Серия «География». - Том 20 (59). - № 1. - С. 80-88.

В статье подается программа подготовки специалистов аграрного профиля при изучении дисциплин с дистанционного зондирования Земли. Рассматриваются подходы к классификации изображений.

Ключевые слова: классификация, вероятность, теория Демпстер-Шейфер.

Kokhan S.S. Elements of digital image interpretation in teaching process // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. – 2006. – Series «Geography». – V. 20 (59). - № 1. – С. 80-88.

Working curricula for specialist training in agricultural sector while study remote sensing of the Earth is observed. Image classification is discussed in the article.

Key words: classification, plausibility, Dempster-Shafer theory.

Поступила в редакцию 27.04.2007г.