

Тема 28. Дешифриране на изображения

28.1. Методи и задачи на дешифрирането. Демаскиращи и дешифровъчни признаци на обектите за дешифриране.

28.2. Технически средства при дешифрирането. Топографско и специално дешифриране (полско, лабораторно).

Направлението на Дистанционните изследвания се разви през 60-те години на миналия век във връзка с интензивното развитие на космическите изследвания. То се обособи като направление на фотограметрията, което почива на принципите на дешифрирането на снимки. Особеност на изследванията при дистанционните методи е получаването на информация в различни спектрални диапазони на електромагнитния спектър. Наред с традиционните честоти, които съответстват на видимата светлина, на което съответстват монохроматични и цветни изображения, се разви използването на канали в ултравioletовата, инфрачервената и топлинна зона на спектъра. Други диапазони това са на радиовълните, на рентгеновите лъчи и на други високоенергийни лъчения каквито са ядрените лъчения. Наред с тези енергии могат да се ползват и други видове енергии като гравитационна, акустична и други. Методите за дистанционни изследвания се разделят на фотограметрични и нефотограметрични. При нефотограметричните се получават съвкупности от данни, които могат и да имат определено геометрично разположение, но не формират изображение. Такива са например подспътникови данни получени по следата на спътника, но при голямо разстояние между отделните обиколки. При фотограметричните методи се получава двумерно изображение. Това ограничава използваните енергии до такива, които имат добро пространствено разрешение. Нормално това са по-високи честоти, но се ползват и други диапазони на електромагнитния спектър.

Осовен метод на дистанционните изследвания във фотограметричен смисъл е интерпретацията на многоканални изображения. Поради дистанционното регистриране на обектите (далече от обекта и далече от приемника), то основно се ползват цифрови телеметрични канали. Поради тази причина основна форма на получаване, предаване и съхранение на информацията е цифровата. Ето защо при дистанционните изследвания основно направление е автоматичното разпознаване и интерпретиране на изображенията.

28.1. Методи и задачи на дешифрирането. Демаскиращи и дешифровъчни признаци на обектите за дешифриране.

Дешифрирането на снимки е процес на откриване, разпознаване и определяне на характеристиките на обектите, изобразени на фотоснимките на местността.

Дешифрирането на снимките (фотосними, изображения) е един от най-важните и сложни процеси при създаването на картите. Процесът на дешифриране се дели на няколко етапа: подготовка за полско изследване, полско изследване,

дешифриране, изобразяване върху снимките, самокоректура и доизследване, предаване на готовата продукция.

Дешифрирането на фотоснимките зависи от знанията за закономерностите на фотографското възпроизвеждане, на неговите оптически и геометрически свойства с отчитане на пространственото разположение на обектите на местността. В основата на дешифрирането в съответствие с [1] са заложили две групи фактори:

- 1) Физико-математически, при което се отчита оптиката и геометрията на изображението;
- 2) географски, при които се отчита пространственото разположение на обектите.

В зависимост от предназначението и задачите, които се решават в процеса на дешифрирането се различават два вида дешифриране: общогеографско и тематично (специално).

Общогеографското дешифриране осъществява получаването на обобщена информация за повърхността на Земята: регионално или типологично райониране на земната повърхност; разкрива системата на хидрографията, пътната мрежа, населени места, растителност и други елементи на местността, установява тяхната взаимовръзка; съставяне и обновяване на топографски карти. То включва две разновидности: топографско и ландшафтно.

Топографското дешифриране се извършва с цел откриване, разпознаване и получаване на характеристиките на обектите, които трябва да бъдат изобразени на топографската карта. Топографското дешифриране е един от основните процеси при технологичната схема за създаване и обновяване на картите.

Ландшафтното дешифриране на снимките има за цел регионалното и типологично райониране на местността за целите на изучаване на повърхността на Земята и решаване на специални технически задачи.

Разновидностите на тематичното дешифриране са твърде многочислени. То се извършва за определяне на специфични характеристики на отделните групи обекти. Тематичните дешифриране бива:

- геоморфоложко, геоложко, почвено;
- растително (ботаническо), горско и селскостопанско;
- хидрогеоложко, метеороложко, военно и др.

Видовете и разновидностите на дешифрирането не са рязко различаващи се и поради това и методите и начините за дешифриране не са еднакви.

Методите за дешифриране на снимки биват: полски, аеровизуален, канцеларски, комбиниран.

Полският метод за дешифриране предвижда изпълнението на дейностите непосредствено на местността с откриване на зададените обекти, в това число и не изобразените на снимката. Полското дешифриране е трудоемко, скъпо и сложно в организационно отношение.

Аеровизуалният метод се заключава в разпознаване на обектите от самолет или въртолет. При него се повишава производителността и се понижават разходите. Той изисква специална подготовка на оператора по бързо ориентиране на оператора.

Канцеларското дешифриране се основава на разпознаване на обектите и получаване на техните характеристики чрез анализ на фотоизображенията. Основа за

вземане на решенията служат демаскиращите признаци на обектите от местността, които се изобразяват на снимката.

При комбинирания метод основната част от работата по дешифриране се извършва в канцеларски условия, а на полето или от летателното средство се разпознават тези обекти или характеристики, които не може да се разкрият канцеларски.

Начините на дешифриране се делят на визуален, автоматичен и комбиниран (автоматизиран).

Визуалният начин на дешифриране се прилага при полското, аеровизуално и канцеларско дешифриране. Дори и с развитието на автоматичните начини при полското и аеровизуалното дешифриране този метод ще остане основен.

При визуалното дешифриране на снимки се ползва непосредственото или инструменталното визуално дешифриране. Начинът на визуално дешифриране при използване на снимки еталони се нарича визуално дешифриране по еталони.

Автоматическият метод се основава на обработка на изображението или части от него. При това се формира цифрово изображение или се получават цифрови данни за определени точки от изображението. Преобразуването на цялото изображение в цифрова форма (растерно изображение) се явява основа на широк клас от начини основаващи се на обработка и анализ на цифровото изображение.

Комбинираният или автоматизираният начин представлява връзка на оператора с компютърната система, която дава максимум сведения за вземането на решение по разпознаването.

Обектите на дешифриране се класифицират по различни признаци. Видовете и разновидностите на дешифрирането дават своя отпечатък на групирането на обектите.

Според вида и разновидностите на дешифрирането обектите се делят на топографски, ландшафтни, геоложки и други.

Най-важни са топографските обекти. Тук се отнасят практически всички на земната повърхност, които са изобразени на снимки, които подлежат на дешифриране и респективно на картиране. Това са населени места, хидрография, растителност, пътища, проводи. Топографското дешифриране се интересува основно от външния вид и свойствата на тяхната повърхност.

Ландшафтните обекти се определят от типа на покривка на територията. Към тях се отнасят пустинен, степен, горски и други, планински.

Геоложките обекти включват релефни форми, прекъсвания и пукнатини на Земната повърхност.

Според произхода си обектите се поделят на обекти с естествен и изкуствен произход. Обекти с естествен произход са гори, блатата, езера. Обекти с изкуствен произход са населени места, пътища, мостове, съоръжения. Изкуствените обекти са отличават със специфични, често стандартни форми, постоянство на състава, типови размери и ясна взаимовръзка с околната среда.

Според размера и отношението на размерите обектите биват: компактни (точкови), линейни (протяжни) и площни. Тази класификация зависи от мащаба на снимката, респективно разрешаващата способност на изображението. Компактните обекти имат малки размери, най-често съизмерими с разрешението на снимката.

Точковите обекти биват къща, отделно дърво, самолет, мост, чешма, кладенец. Към линейните обекти се отнасят тези, при които отношението на дължина към широчина е по-голямо от три пъти. Линейните обекти са например път, река, самолетна писта, проводи. Площните обекти имат големи размери и при формата е от значение. Примери за площни обекти са град, горски масив, летище, нива, ливада, езеро, море.

Според състава и предназначението на елементите си обектите биват прости и сложни. Простите обекти представляват неразделим обект, който обиковено влиза в състав на по-сложен. Прости обекти са например къща, дърво, самолет, писта. Сложните обекти представляват подредена съвкупност от прости, които са обединени от желязо предназначение. Сложни обекти са населено място, горски масив, летище.

Според отражателната си способност обектите биват малкоконтрастни, контрастни и висококонтрастни. Тази класификация се определя от разликата в коефициента на отражение на обектите. При цветни изображения или изображения в невидимата зона спектъра отражателната способност зависи от дължината на електромагнитната вълна. Малкоконтрастни са елементите на блата, ливади, ниви. Контрастни са гори, населени места. Висококонтрастни са пътища с изкуствена покривка, водни повърхности, летища.

Според постоянството на местоположението на обектите те биват динамични и стационарни. Динамичните обекти променят своето местоположение или изчезват в продължение на часове, денонощия или седмици. Динамични са ледни блокове в морето, облаци, движещи се превозни средства. Стационарните обекти също могат да се променят, но това става за по-продължителен период – сезон, години. Стационарни са хидрография, пътна мрежа.

Демаскиращи признаци – характерни особености на засниманите обекти, които позволяват тяхното пряко различаване при опознаването им на терена (полско дешифриране). Такива признаци са цвета, формата, спектралната отражателна способност (цвет), сянка, положение, взаимна връзка и проява на човешката дейност.

Дешифровъчни признаци – позволяват да се различават заснетите обекти по техните изображения (фотографските изображения – снимки при въздушно или космическо заснемане). Те отразяват демаскиращите признаци. Такива са : форма, размер, структура (текстура), светлота, тон, цвят, сенки и др.

Основните класификационни групи и принципите за класификация на обектите са представени в таблица 28.1.

Таблица 28.1

№	Принципи на класификация	Тип на класифицирани обекти	Примери
1	Вид (разновидност) на дешифриране	Топографски обекти	Населени места, хидрография, растителност, пътища
		Ландшафт	Пустинен, степен
		Геоложки обекти	Разломи, пукнатини на

			земната повърхност, структура на релефа
		Други типове	Инженерни съоръжения
2	Произход на обекта	Естествен	Гори, блата, езера
		Изкуствен	Населени места, пътища, мостове
3	Величина и съотношение на размерите на обекта	Компактни (точкови)	Къща, отделно дърво, самолет
		Линейни	Път, река, писта на летище
		Площни	Град, горски масив, летище
4	Състав и предназначение на елементите на обекта	Прости	Къща, отделно дърво, писта, самолет
		Сложни	Населено място, горски масив, летище
5	Отражателни характеристики на повърхността	Малкоконтрастни	Блата, ливади, пасища
		Контрастни	Гори, населени места
		Висококонтрастни	пътища с изкуствена покривка, водни повърхности, ародрумни писти
6	Постоянство на местоположението	Динамични	Лед в морето, облаци
		Стационарни	Хидрография, пътна мрежа

28.2. Технически средства при дешифрирането. Топографско и специално дешифриране (полско, лабораторно).

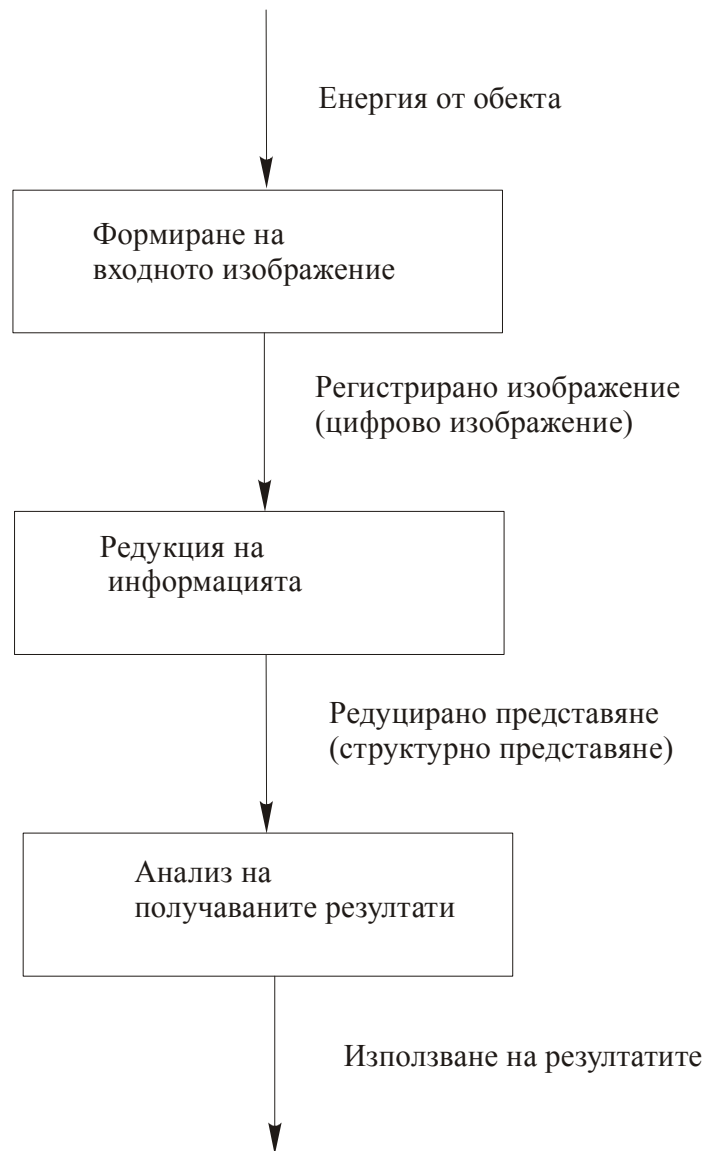
Процесът на дешифриране може да се приложи както по отношение на монохроматични (черно-бели) снимки, а така също и по отношение на многоканални изображения – цветни, синтезирани в изкуствени цветове, кодирани в условни цветове (false color coded).

Процесът на получаването и използването на данни при дистанционните изследвания може да се представи опростено на следната блок-схемата, представена на фиг.28.1.

Основните процеси, включващи се в третата част от блок-схемата на една система за дистанционни изследвания – обработката и интерпретацията на получените резултати включват класификация на обектите (получаване на качествени характеристики за обектите) и на количествени данни – за пространствените параметри.

Под разпознаване на фотоизображенията се разбира определянето на същността на изучавания обект, неговото функционално предназначение (интерпретационен подход) или причисляването на даден обект към един от предварително установен клас (формален подход). Интерпретационният подход е

характерен за визуалния метод на дешифриране, а формалния – за всички разновидности на автоматичния подход.



Фигура 28.1

28.2.1. Визуални методи за интерпретиране на изображения

Визуалните методи за интерпретация на изображения се разделят на:

- а) методи без използване на технически средства;
- б) методи с използване на технически средства

Технически средства за интерпретация на изображения:

- лупа;
- стереоскоп;
- интерпретоскоп;
- многоканален синтезиращ проектор.

Лупата се използва за подобро определяне на формата на обекта.

Стереоскопа и интерпретоскопа се ползват за дешифриране на стереоизображения.

Интерпретоскоп

Интерпретоскопът е стереоскопичен уред, на който от поставената стереодвойка се наблюдава умалено пространство, макар и перспективно деформирано изображение на фотографирания обект. Основното предназначение на уреда е дешифриране на въздушни и на земни фотоснимки. Посредством интерпретоскопа може да се дешифрира на негативи, на диапозитиви, на контактни и увеличени фотокопия. За тази цел екранът върху който се поставят фотоизображенията, е от матирано стъкло с размери 62/32cm и може да се осветява отгоре, когато се дешифрира на контактни и увеличени фотокопия, или отдолу, когато се дешифрира върху негативи или върху диапозитивни стъклени плаки. Може да се наблюдават хроматични, инфрачервени или цветни фотоматериали. Оптичката система на интерпретоскопа е така устроена, че наблюдаваните фотоизображения могат да се увеличават от 2 до 15 пъти в два окуляра поотделно. Това дава възможност да се наблюдава стереодвойка от две фотоснимки с разлика на мащабите до 1:7,5. Тази възможност е особено ценна при дешифриране на фотоснимки, защото позволява от лявата страна да се постави контактното фотоизображение, а от дясната увеличено в приблизителен мащаб фотокопие и направо да се чертае върху увеличеното фотокопие. Друга характерна особеност на оптичката система е, че е възможно превъртане от 0 до 400° по оптически път на левия и десния образ независимо един от друг, а това означава, че негативните изображения могат да се наблюдават и дешифрират направо от филмова лента, без да се изрязват отделните негативи. В оптичката система има вградена мерна марка, с която може да се обхожда стереодвойка върху екрана с размери по направени на абсцисната ос 240mm и по направление на ординатната ос 300mm. Интерпретоскопът има паралактичен винт, посредством, който е възможно да се измерват хоризонтални паралакси в интервал от 90 до 310mm с точност 0,02mm на 10mm. Възможно е също да се елиминират вертикални паралакси до 65mm. Мерната марка, вградена в наблюдателната система, представлява черна точка с диаметър, равен на 0,1mm, и при 15 пъти увеличение $d=0,03mm$, отнасящо се за равнината на снимките. Оптичката система на интерпретоскопа е пригодена за едновременно наблюдение от двама наблюдатели – за всеки наблюдател има отделно бинокулярно устройство. Осветлението на отделните фотоизображения се регулира чрез реостати, което дава възможност за наблюдение както на стереодвойки с различно тонални фотоснимки, така и за най-подходяща осветеност при наблюдението. Разрешаващата сила на оптичката система е в зависимост от степента на увеличението. При 2 пъти увеличение броят на линиите в един милиметър е 13, при 6 пъти 40, а при 15 пъти увеличение е 100.

Многоканален синтезиращ проектор MSP – 4С.

Такива са Проекционното устройство серия 70 на “Спектрал Дата” САЩ. То позволява наблюдението на 4 снимки оцветени в истински или “лъжливи”

цветове. Обективът е с $f=180\text{mm}$ и относителен отвор $f/5,6$. Увеличението на оптичката система е 4^x . Разрешението върху екрана е $25\text{лин}/\text{mm}$ при разрешение на снимката $100\text{лин}/\text{mm}$. Форматът на обработваните снимки е $70\times 70\text{mm}$, филм с широчина 70mm и филм с широчина 240mm .

Друг апарат от този клас е Mini Addcol Viewer на фирмата International Imaging Systems САЩ.- модели А и 6040PT. И двата модела са проектирани за обработка на филм с широчина 70mm . Модел А има 6 канала и проектра изображението на екран с увеличение $3,3^x$. Моделът 6040 е четириканален и има две увеличения $3,37$ и $6,73$.

Аналогичен на тези системи е апаратът MSP-4C, който представлява 4 канален синтезиращ проектор, разработен от Karl ZEISS Jena. Той е предназначен специално за обработка на снимки, правени с камерата MKF-6.

Камерата MKF-6 е многозонална камера, предназначена за заснемане в 6 канала на видимия спектър и близката инфрачервена зона. Каналите са съответно:

480nm синьо-зелен с ширина 40nm

540nm жълто-зелен с ширина 40nm

600nm жълт с ширина 40nm

660nm червен с ширина 40nm

720nm близка инфрачервена зона с ширина 40nm

840nm близка инфрачервена зона с ширина 100nm

Камерата има формат на кадъра $56/80\text{mm}$ и е снабдена с 6 обектива Пинотар $f=125\text{mm}$ с ъглов обхват 42° . Върху панхроматичните изображения заснети зад цветните филтри се експонират 9 кръста за позициониране на снимките и съвместяване на изображенията от отделните канали.

Обработката на снимките от тази камера може да се извършва освен цифрово и посредством визуално дешифриране посредством многоканалния проектор MSP-4C, производство също на фирмата Karl Zeiss Jena. Той представлява 4 канален синтезиращ проектор за наблюдение на изображения от камерата MKF-6 или други монохроматични изображения с размери $64\times 92\text{mm}$. Той позволява да се наблюдава синтезираното изображение в естествени цветове или в условни цветове "фалшиви". Във всеки от каналите има инсталирани по 7 цветни филтъра (неутрален, син, синьо-зелен, жълтозелен, зелен, червен и виолетов). Има възможност за регулировка на яркостта на всяко от изображенията посредством 4 филтъра за затъмнение в отношение (1:1, 1:2, 1:4, 1:8), а така също и посредством регулировка на напрежението на осветителните халогенни лампи в диапазон 1:25. Увеличението на оптичката система е практически постоянно $5x \pm 1\%$. За съвместяване на изображенията в отделните канали на матовото стъкло на проектора са нанесени 5 кръста, които позволяват позициониране посредством 5 от деветте кръста експонирани върху снимките на MKF-6. Позиционирането позволява завъртане в диапазона $\pm 5^\circ$, преместване по координатите x и y в диапазона $\pm 30\text{mm}$, по z координатата $\pm 2\text{mm}$ (1%) чрез което се осигурява фокусирането на всяко от изображенията. Позиционирането може да се извършва при две скорости грубо и прецизно при отношение в скоростта 1:10.

Регистрирането на синтезираното изображение може да става посредством касета с цветен филм (чрез контактно копиране) или посредством професионален

фотоапарат, монтиран на специална рамка. Освен цветните изображения в някои от носачите на апарата може да се постави графично изображение, съдържащо картографска мрежа или условни знаци, посредством което може да се получи цветна фотокарта. Тази методика изисква предварително геометрично трансформиране на цветните изображения.

Апаратът MSP-4C има 4 оптически канала, които осигуряват осветеност $2400lx$ чрез халогенни лампи (250w/24v). Всеки канал има възможност за плавна регулировка на осветлението (1:25) чрез напрежението на лампите и стъпална посредством филтри на 4 степени с максимално отношение 1:8. Максималният формат на снимките, които могат да се обработват е 70/91mm. В каналите има 7 цветни филтъра:прозрачен, виолетов, син, синьо-зелен, гълъбово син, зелен, жълт и червен. Чрез цветните филтри се осигурява формирането на цветно изображение. Проекционната система има панкратичен обектив f-175mm с относителен отвор 5,6/175 и осигурява увеличение $5^x \pm 1\%$. Разрешението върху екрана е 13лин/mm.

Екранът на апарата е с формат 350/455mm и има 5 кръста за позициониране.

Диапазоните на позициониране са:

за завъртане ± 5

x преместване $\pm 30mm$

y преместване $\pm 30mm$

z фокусировка $\pm 2mm$

мащаб $\pm 1\%$

Апаратът има две скорости за позициониране с отношение 1:10.

Апаратът позволява да се експонира екрана върху касета с формати 90x120, 240x300, 300x400 и 400x500. Има възможност да се извършва заснемане и с фотоапарат от специална рамка.

Формирането на синтезираното цветно изображение е в истински цветове, ако при поставяне на съответните снимки, те се осветяват през съответните им цветни филтри. При използване на филтри с цветове, които са различни се получава синтезирано изображение в изкуствени “лъжливи” цветове, което обаче може да има много по-добри дешифровъчни характеристики.

28.2.2. Методи при автоматичното интерпретиране на изображения

Автоматическият подход при интерпретацията на изображения се основава на методите за разпознаване на образи.

Основа на дадената методология е двустъпковата процедура, при която:

1.интересуващите ни класове се описват чрез анализа на данните, представящи тези класове (формиране на вектор на признаците);

2. Всички постъпващи обекти се класифицират на основа на данните за тях с помощта на числени методи, ползващи описанията на класовете.

Разпознаването на образи е идеален метод в болшинството случаи на приложение на количествените оценки при дистанционните изследвания. Това е компютърно ориентирана методология, която позволява бърз и многократен анализ.

Тя позволява статистическа трактовка на многомерни данни и лесно се разпространява върху широк кръг проблеми, осигуряващи получаването на количествени резултати.

Разпознаването на образи не е единственият количествен метод за анализ, прилаган по отношение на данните от дистанционните изследвания. Освен него могат да се ползват корелационен и регресионен анализ. В редица случаи те обаче не се ползват самостоятелно, а като част от процедурите за обработка на данни при разпознаването или при обработката на изображенията (например корелационният анализ се ползва широко при автоматичната обработка на стереоизображения). Наред с това за интерпретацията на изображения в последно време все по-широко се привличат и методите и достиженията в областта на изкуствения интелект, които позволяват да се интерпретират автоматично резултатите от разпознаването. Тези методики все повече доближават методите, прилагани при компютърната обработка до тези, използвани от човека интерпретатор, тъй като позволяват да се отчитат асоциативни връзки и отношения между обектите – интерпретация на основата на обкръжението, годишното време, условията на заснемане и други косвени признаци.

Разпознаването на образи е най-приложимо, когато цел се явява отнасянето или класификацията на всяко елементарно наблюдение към един от ограничен брой класове. Например класификацията на селскостопански данни по типове селскостопански култури – това е пример за разпознаване на образи. В много случаи на приложението на дистанционните изследвания се срещат подобни класификационни задачи и затова разпознаването на образи се избира за основа в системите за обработка на данните при дистанционните изследвания.

Процесът на разпознаване се състои в това, че разпознаващата система на основата апостериорната информация относно всеки постъпил на входа на системата обект или явление с априорно описание на класовете взема решение за принадлежността на този обект (явление) към един от класовете.

Правилото, което съпоставя на всеки обект в съответствие определено наименование на класа, се нарича решаващо правило. При определяне на решаващите правила в зависимост от обема на изходната априорна информация се срещат следните ситуации:

1. Количеството изходна информация е достатъчно за това, че по пътя на нейния анализ и непосредствена обработка да се определи решаващото правило (системи за разпознаване без обучение).

2. Количеството на изходната информация е недостатъчно за определяне на решаващите правила на основата на нейната непосредствена обработка, във връзка с което се реализира процедура на обучение (обучаващи се разпознаващи системи). Характерно за анализа на изображенията при дистанционните изследвания е използването на изображения, получени в различни канали на електромагнитния спектър – многоканални изображения.

Етапи при класификацията на многоканални изображения

Мултиспектралната класификация е процес на класифициране на пиксели в краен брой индивидуални класове или категории, базирани на техните стойности от файловете с данни. Ако даден пиксел отговаря на определен набор от критерии, то той се причислява към този клас, който съответства (отговаря) на тези критерии. Този процес се нарича още сегментация на изображението. В зависимост от типа информация, която искаме да извлечем от оригиналните данни класовете могат да бъдат свързани с познати обекти на Земята (особености, черти на терена). Възможно е те просто да представят области, които според компютъра изглеждат различно. Пример за класифицирано изображение е карта на земната покривка, показваща растителност, пустеещи земи, пасища, населени места и др.

Тема 29. Спектрални характеристики на природните обекти.**29.1. Отражателна способност на обектите при дистанционните изследвания****29.2. Атмосферно влияние.****29.3. Спектрални характеристики на различни природни образувания.****29.1. Отражателна способност на обектите при дистанционните изследвания***Извличане на дешифровъчни признаци за обектите*

Изображенията на обектите, получавани при дистанционното изследване на земята и другите планети и спътниците им съдържа подробна информация за повърхността по време на заснемането. Интерпретаторът на изображенията анализира изображенията, като най-често използва и допълнителна информация, получавана от карти и отчети за полски наблюдения (подспътникови наблюдения).

Систематичното изследване на изображенията при дистанционните изследвания според [Lillesand, T, R.Kiefer, 1987, стр.112-118] включва следните няколко основни характеристики:

-яркост – разлика в градационната характеристика на обектите. Тя може да се ползва както при монохроматични така и при цветни изображения. В редица случаи не е достатъчна за правилната класификация;

-цветен тон (hue) – относителна яркост на отделните основни цветове (цветен тон) определяща цвета на обектите. Тази характеристика дефинира цвета в системата Hue, Saturation, Luminance (Цветен тон, Наситеност, Яркост). Без отчитане на цвета в редица случаи не могат да се класифицират успешно обектите. Тази характеристика е свързана със спектралната отражателна способност на природните образувания;

-текстура – тя характеризира наличието и вида на определен повтарящ се фрагмент в изображението. Тексурата има съществено значение при интерпретацията на обекти на природни образувания или селскостопански насаждения като ниви (изорани), овощни и зеленчукови градини и други. Наличието на текстурата зависи от размерите на идентичните обекти, които я пораждаат и съответно от мащаба на изображението. Тя позволява да се различават обекти, които по друг начин не могат да се класифицират, понежи имат близки средна яркост и цветен тон;

-форма – основна форма, конфигурация, очертание като често е достатъчно като единствена характеристика. За стереоскопично изследвани обекти може да се включва и височината;

-размер – в контекста на мащаба на изображението; като често се отчита относителният размер на обектите в изображението;

-модел – пространственото разположение на обектите;

-сенки на обектите, които се отразяват в два аспекта:

а) различната форма на изпъкнали или вдлъбнати обекти създава определени сенки, които позволяват да се интерпретира формата на обекта (дори и при еднакви яркостни или спектрални характеристики),

б) засенчването на обектите затруднява интерпретацията на обектите в сянката. Това е особено характерно за интерпретацията на изображения в едри мащаби на населени места;

Други характеристики са:

-разположение на обекта – топографско или географско в определени области;

-асоциация – появата на определени характеристики във връзка с други (виенско колело близо до река или в увеселителен парк).

В процеса на интерпретация се ползват интерпретационни ключове. Те могат да представляват:

А) колекции от анотирани фотоси или стереоизображения;

Б) графично или текстово описание, което систематизира дешифровъчните признаци;

В) компютърно описание, което съдържа числени характеристики или еталони на обектите.

Интерпретационните ключове могат да се обособят в следните два основни типа:

-селективни – набор от примери с изображения (набор фотоси) с пояснителен текст;

-елиминационни – изключват признаци или условия. Частен случай се явяват дихотомичните, които разделят на алтернативи (позволяват да се направи избор между два варианта или два класа обекти).

29.2.1. Дискриминантни характеристики на природните образувания.

При дистанционните изследвания на обектите от въздушни и космически летателни апарати се използват основно свойствата на отразяващата повърхност да разсейва различно падащата върху тях електромагнитна енергия. Основно се ползва информацията от отразената енергия. Източникът на енергията може да бъде естествен и това е слънцето или собствена радиация и това се ползва при пасивните системи за дистанционни изследвания или изкуствен и тогава се ползват вълни в областта на ултракъсовълновия радиодиапазон или лазерни източници (това са радарите или в последните години и лазерните системи). Това са тъй наречените активни системи. От радиолокационните системи съществено значение имат радарите със синтезирана апертура със страничен обзор, които позволяват да се построява модел на терена. Друг източник на енергия, който може да се регистрира това е собственото инфрачервено излъчване на природните образувания. То присъства денонощно, но през деня се скрива от много по-силното влияние на отразената радиация във видимата и близката инфрачервена зона на спектъра. При системите, които ползват естествена радиация е съществено влиянието както на сезона и времето от денонощието, а така също и влиянието на атмосферата. Независимо от посочените влияния и зависимости основен източник на информация се явяват пасивните системи, които ползват отразената радиация на

слънцето. При тях получаваната информация зависи от характеристиките на отразяващата повърхност. Обект на оценка се явяват спектралните отразителни характеристики на повърхността. Наред с това от значение е структурата на повърхността, която определя разпределението на отразения от повърхността поток. По този критерий могат да се класифицират четири типа повърхности [Хадсон, Р., 1972]:

- ортотропни повърхности – отразяват падащия поток равномерно във всички посоки;

- огледални повърхности, които отразяват падащия поток в равнината на падане и под ъгъл на отражение равен на ъгъла на падане;

- грапави (изсечени) повърхности, които отразяват предимно в посока на източника на излъчване;

- комбинирани повърхности, които имат два максимума на отразяване на падащия поток.

Спектърът на отразената от естествените природни образувания слънчева радиация е непрекъснат. При интерпретацията на спектралните отразителни характеристики се изследват краен брой от дължините на вълните и то най-често във видимия и близкочервен инфрачервен обхват. Множеството от стойности на коефициентите на отражение за тези дължини на вълните образуват дискретизирана отразителна характеристика.

Всяко природно образувание се описва от дискретизирана отразителна характеристика $r_j(\lambda_i)$, където r_j е коефициентът на отражение, а λ_i – дължината на вълната $i=1,2,\dots,n$. Образуванията с близки отразителни характеристики образуват клас от обекти. Резултатите от редица изследвания дават основание да се приеме наличието на нормално разпределение или сума от нормални разпределения. Поради големият брой дължини на вълните, за които трябва да се извършва измерването (голяма размерност на вектора на признаците) се налага да се редуцира този брой. Задачата може да се формулира по следния начин: да се определи наборът от стойности от дължините на вълните, за да бъдат идентифицираните спектралните отразителни характеристики $r_j(\lambda_i)$ на едно предварително зададено множество от обекти O_j , $j=1,2,\dots,J$. Функциите са известни със своите доверителни интервали и са стационарни случайни величини. Тази задача се решава по два начина – идентификация чрез непосредствено използване на спектралните отразителни характеристики и предварително преобразуване чрез подходящи трансформации и следващо идентифициране на преобразуваните функции.

Преобразуването на първичната функция има смисъл, ако новата функция дава по-добри възможности за идентификация. Критерий за това е дали критерият на Байес дава по-добри резултати след преобразуването (води до намаляването на сумарната грешка от първи и втори род).

Признаците за класификация, които формират многомерният вектор за описание на образа се делят на градационни, спектрални и текстурни. Градационните признаци могат да се ползват за панхроматичното изображение и се основават на разделяне на градациите на нивото на сиво на области, съответстващи на дадени класове. Тези признаци могат да се ползват за отделни спектрални

канални на многоканалните изображения. Като такива признаци могат да се ползват и текстурните признаци.

29.1.2. Градационни признаци

От класификациите по локални признаци базисна е класификацията по градационни нива (нива на сиво). Тя може да бъде едномерна (за монохроматични изображения) или многомерна (при многозонални или цветни изображения). Едномерната класификация по градационни признаци е най-проста и се реализира най-бързо. Тя е особено удобна за формиране на бинарни изображения. При по-голям брой класове по-надеждни резултати дава многомерната класификация. За цветни изображения се обработват трите основни цвята [Прэйт У.К., 1982, т.1; Eklund J.O., Rosenfeld A, 1980]. При многозоналните изображения най-често се формира многомерен вектор на признаците, но може да се ползва обработка в отделните спектрални зони и следващо обединение чрез прилагане на логически операции над областите, получени за отделните спектрални зони [Mishev, D.N., P.V.Petrov, 1976a; Mishev, D.N., P.V.Petrov, 1976b; Мишев Д.Н., 1981].

Същността на сегментирането по градационни признаци (нива на сиво) се състои в определянето на един или няколко прага, които разделят диапазона от нива на сиво на зони, съответстващи на класовете обекти в полето на изображението.

Елементите на изображението, които попадат между два съседни прага се класифицират към един и същи клас и принадлежат на една и съща област, ако са топологически свързани. Основен метод на разделянето на полето на изображението се явява бимодалното (обект и фон). Той се реализира най-леко в алгоритмично отношение и може лесно да се обобщи за разделяне на по-голям брой класове. За определянето на праговете се използва статистически подход. За целта се строи хистограма на нивата, отразяваща броя точки, притежаващи определено ниво на сиво. При представителност на извадката (достатъчен в статистически смисъл брой точки), честотата на срещане на дадено градационно ниво съответства на вероятността за неговата поява. Максимумите на хистограмата съответстват на нивата на сиво на различните класове обекти, а минимумите между тях могат да се приемат за прагови нива. Разработени са различни модели за определяне на праговете нива. Едни от тях използват апроксимацията на хистограмата с полином от втора степен. За оптимизиране на разделянето може да се използва модел, предполагащ някакъв закон за разпределение на нивата - например нормален закон [Nakagava, Y., A.Rosenfeld, 1979].

Друг подход за определяне на праговете се явява дискриминантният [Otsu, N., 1979].

Методът за сегментация по градационни признаци трябва да се справя с редица затруднения. Основно между тях се явява наличието на шум от различни източници. Неговото влияние може да се отстрани чрез локални операции върху изображението от типа на елиминиране на малки области, с различаващи се от околното ниво стойности, или посредством разширяване и свиване, еквивалентно на \min и \max ограничение [Nakagava, Y., A. Rosenfeld, 1978]. Друг проблем се явява недостатъчно ясното очертаване на максимумите на хистограмата, които могат да се подобрят чрез нейното итеративно уточняване [Peleg, S., 1978; Nahin, P. 1979]. Друга група методи се основава на използването на определени точки от

изображението за построяване на хистограмата - например такива с достатъчно голям градиент [Weszka, J.S., R.N.Nagel, A.Rosenfeld, 1974], изчислен посредством Лапласов оператор. По такъв начин се елиминира влиянието на различните размери на областите, принадлежащи към различни класове, каквито са случаите при анализ на графична информация.

Друг източник на грешка се явява замазването на минимума на хистограмата, дължащо се на недостатъчно резките граници между областите в изображението. В този случай се прибегва до анализ в по-сложно пространство - на средния тон и на диференциалната разлика [Kirby, R.L., A. Rosenfeld, 1979; Panda, D.P., A. Rosenfeld, 1978]. Точките от изображението с ниска стойност на диференциалната разлика се обединяват в една хистограма, която е бимодална (за случая на два класа) и има минимум на праговото ниво, а точките с голяма диференциална разлика се обединяват във втора хистограма, която е унимодална с един максимум за праговото ниво.

В реалните изображения съществен източник на нискочестотен шум се явява общият фон, който се мени с координатите, в резултат на което се мени и праговото ниво. Борбата срещу този ефект се води като се разделя полето на изображението на области, за всяка от които се определя праговото ниво. Извършва се интерполация между неговите различни стойности по полето на изображението [Nakagava Y., A. Rosenfeld, 1979]. Най-удобна от алгоритмична гледна точка се явява правоъгълната форма на областите на апроксимация. За всяка от областите се определя стойността на прага.

Усложняването на алгоритъма, ползващ метода на интерполацията се компенсира от подобренията му характеристики. Освен подтискане на нискочестотния шум, методът може да работи успешно и за сложни изображения, които в различните си части съдържат области, разделени с различни прагови нива.

29.1.3. Текстури признаци

Сегментацията по градационни признаци може да се ползва успешно както при обработката на графични материали, а така също и при анализа на сцени. Тя обаче не е особено пригодна при обработка на изображения на ландшафта, тъй като при тях отделните класове обекти трудно се различават само по своята яркост, която зависи от редица допълнителни фактори като ъгъл на наблюдение, състояние на осветяване и други. За изображенията на природните образувания по-добра разделимост на класовете се получава при отчитане на периодичната им структура, приета да се означава с наименованието текстура. За такъв тип изображения е по-удачно да се прилага сегментация на базата на текстурни признаци. Според Хоукинс [Прэйт У.К., 1982, т.1] текстурното изображение притежава следните основни характеристики:

1. В него може да се намери фрагмент, който периодично се повтаря в цялата област, размерите на която са по-големи от размерите на фрагмента;
2. Рисунъкът на фрагмента се състои от съставни части, които са разположени случайно;
3. Елементарните части на фрагмента са еднородни единици, имащи точно еднаква форма по цялата текстурна област.

За целите на обработка на текстурни области освен качествено описание е необходимо и разработването на математически модел.

Основно свойство на текстурата се явява размерът на нейните фрагменти. Поради това е необходимо при обработката да се определи правилно този размер. Друга особеност е периодичността на структурата, което позволява използването на периодични функции за нейното моделиране. Трета особеност е наличието на елемент на случайност, което налага използването на апарата на статистическия анализ.

Поради периодичния характер на текстурата добри резултати дава използването на спектрални оценки [Davis L.S., A. Rosenfeld, J.C. Weszka, 1978; Tanimoto S.L., 1978; Wechsler H., M. Kidode, 1979] или оценки на основата на пространствени автокорелационни функции.

Дискретната двумерна спектрална функция $F(u,v)$ се получава от израза:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} f(x, y) \cdot e^{-2\pi i(xu+yv)} \quad (1.20)$$

където $0 \leq u, v \leq n - 1$,

а n е размерът на областта.

Тъй като получените параметри не са пригодни за идентифициране на текстурите, обикновено се използват осреднени по ъгъл или радиус оценки. Осредняването по радиуси дава разпределението на амплитудите в различни направления, докато осредняването по ъгъл дава оценка за разпределението за различни радиуси, съответстващи на различни пространствени честоти.

Периодичните характеристики на текстурата могат да се получат и чрез изчисляване на автокорелационната функция в пространството на изображението:

$$A(\varepsilon, \eta, x, y) = \sum_{m=x-W}^{x+W} \sum_{n=y-W}^{y+W} f(m, n) \cdot f(m - \varepsilon, y - \eta) , \quad (1.21)$$

която се изчислява върху прозорец с размери $(2W+1) \times (2W+1)$.

Използването на автокорелационната функция се основава на нейната връзка с размера на елементарните области на текстурата. За по-едрозърнеста текстура дисперсията има по-голяма стойност, отколкото за по-дребнозърнеста.

Автокорелационната функция може да се изчисли и в спектралната област след Фурие преобразуване. При работа в спектралната област по-лесно може да се извърши предварителна филтрация например прилагане на “избелващ” филтър (със спектрална характеристика на бял шум). Ако автокорелационната функция има характеристики на марковски процес, то като преобразуващ оператор може да се ползва градиентен оператор от Лапласов тип или оператор с маска. За анализ на пространствената автокорелационна функция се ползват различни оценки - основно чрез определяне на нейните моменти.

Друга характеристика на текстурните области, свързана с тяхната пространствена периодичност, е определянето на броя преходи на градационното ниво в околностите на дадена точка, предложено от [Rosenfeld A., E. Troj, 1970]. За

нейното получаване се създава контурен препарат чрез прилагането на контурен детектор, който има по-нисък праг в сравнение със случаите на формиране на контури. Контурният препарат сумира броя на преходите в рамките на прозореца.

Голяма група от методи се основава на оценка на статистическите характеристики на съседни точки в изображенията [Weszka J.S., C.R. Dyer, A. Rosenfeld, 1976; Connors R.W., C.A. Harlow, 1980; Haralic R.M., K. Shanmugan, I. Dinstein, 1973]. Използват се статистики от първи ред, втори ред [Ahuja N., A. Rosenfeld, 1978; Davis L.S., S.A. Johns, J.K. Aggarwal, 1979] и на дължините на сериите.

Статистиките се изчисляват за двойка точки, разположени по направление на вектора на съседство $r(d, \Theta)$. Обикновено се използват четирите основни направления, съвпадащи с мрежата на дискретизация и четирите диагонални направления. За дължина на вектора се ползват различни последователности, но най-често образуващи прогресията 1,2,4,8.

Статистиките от първи ред се основават на локални свойства, базиращи се на абсолютната диференциална разлика между градационните нива на съседни точки, определени от вектора на съседство. В резултат на статистическата обработка се получава вектор на честотата на поява на диференциални разлики с определена стойност:

$$f_r^1(i) = P\{g_r(n, m) = i\} \quad (1.22)$$

$$\text{където } g_r(n, m) = |g(n, m) - f(n + \Delta n, m + \Delta m)| \\ \Delta n = d \cdot \cos \theta, \quad \Delta m = d \cdot \sin \theta.$$

Размерността на вектора $f_r^1(i)$ зависи от броя на нивата на сиво.

Статистиките от втори ред оценяват честотата на поява на определени комбинации от градационни нива при зададен вектор на съседство. Те се оформят в матрица на съседство (матрица на вероятностите на съвместна поява), с размерност $L \times L$, където L е броят на градационни нива.

$$f_r^2(i, j) = P\{\Phi_r(m, n) = (i, j)\} \quad (1.23)$$

$$\text{където } \Phi_r(m, n) = \{f(m, n), f(m + \Delta m, n + \Delta n)\}.$$

Между статистиките от първи и втори ред съществува взаимна връзка - елементите на вектора на диференциалните разлики се получават посредством сумиране на елементите на матрицата на съседство, успоредни на главния диагонал.

Статистиката, основаваща се на дължините на сериите, оценява честотата на поява на елементи с дължина j , лежащи в i -та област на градационните нива за всяко направление θ :

$$f_\theta^r(i, j) = P\{R_\theta(m, n) = (i, j)\} \quad (1.24)$$

Тъй като различните видове статистики строят разпределение на съответна случайна величина в пространството на избрания параметър, естествено е за разделящи признаци да се използват съответни параметри на разпределенията - математическо очакване, първи и втори момент. За статистиките от втори ред най-

често използвани параметри са средна стойност, втори ъглов (начален) момент, контраст, корелация. Някои параметри се основават на изчисление на вариацията, сумарната вариация, диференциалната вариация, инверсния диференциален момент. Друга група величини оценяват информативността на параметъра чрез изчисляване на ентропията - ентропия, сумарна ентропия, диференциална ентропия. Аналогични параметри се изчисляват и за статистиките от първи ред - средно, контраст, втори ъглов момент, инверсен диференциален момент, ентропия. При статистическата оценка, използваща разпределението на дължините на сериите, се изчисляват аналогични от математическа гледна точка параметри, но техният физически смисъл е друг. Това са средна дължина, разпределение на дължините, разпределение на градационните нива, дължини на късите серии, дължини на дългите серии.

По своята изчислителна сложност най-трудоемки са спектралните методи и статистиките от втори ред, а по-леки са статистиките от първи ред и на дължините на сериите. За сравнение на качествата на различните методи са провеждани експериментални и теоретични изследвания по отношение на тяхната точност при класификация на естествени и изкуствени текстури [Connors R.W., C.A. Harlow, 1980; Naralic R.M., K. Shanmugan, I. Dinstein, 1973]. За осъществяване на сравнителния анализ се ползва някой от следните методи: на синтез и определяне на разстояние между реални и синтезирани текстури, на класификация на реални текстури, на формиране на функционал на разстояние между текстури. Най-добри резултати при оценката дават спектралните методи и статистиките от втори ред. На последно място се нарежда методът на дължините на сериите. Тези резултати би трябвало да се отчитат при избора на алгоритъм за класификация на текстурни области, когато се търси компромис между надеждност на решението и бързодействие на алгоритъма.

29.2. Атмосферно влияние.

Атмосферно влияние
разсейване, поглъщане

Атмосферни прозорци – диапазони на честотата на електромагнитното излъчване, за които имаме пропускане на светлината (във видимата и инфрачервената област.

- 1 прозорец - 0,3-1,3 μm
- 2 прозорец – 1,5-1,8 μm
- 3 прозорец – 2,0-2,6 μm
- 4 прозорец – 3,0-3,6 μm
- 5 прозорец – 4,2-5,0 μm
- 6 прозорец – 7,0 – 15,0 μm

29.3. Спектрални характеристики на различни природни образувания.

Друга съществена характеристика на обектите е тяхната спектрална отражателна способност. В това отношение важно значение има подходящият избор на честотните диапазони на входните преобразуватели, формиращи изображения, които са обект на класификация. Тези проблеми са обект на теоретично и

експериментално изследване. Това определя основно характеристиките на входните датчици на многоканалните изображения. За този клас изображения градационните нива на пикселите от изображенията в отделните спектрални диапазони формират многомерен вектор на признаците. За решаването на фиксиран клас задачи може да се подбере оптимален набор от признаци, който да осигурява най-добра класификация, при минимален брой признаци. Това се извършва обикновено чрез прилагане на процедури на обучение с използване на опитни полигони.

Термините многозонални, мултиспектрални и цветни изображения (снимки) се ползват за идентифициране на изображения, регистрирани в отделни тесни канали на видимата и най-често близката инфрачервена зона на спектъра. Многозоналните снимки се получават при фотографска регистрация зад цветни филтри, което не позволява да се получи твърде тясна лента на пропускане около централната спектрална честота на пропускане. При мулти-спектралните изображения (които са обикновено сканерни се използва пространствено разделяне на разложената светлина, което позволява по точно настройване както на честотата, а така също и използване на много по-тясна лента на пропускане. При тях спектралното разделяне се извършва след оптико-механичната система, формираща геометрията на изображението. При цветните изображения регистрацията в отделните канали се извършва в различни слоеве на един и същи геометрически и механически носител (фотоснимка). Регистрацията обикновено се ограничава до три или четири канала, от които два или три са във видимата зона на спектъра (цветни) или комбинирани от два канала във видимата зона и един в инфрачервената зона на спектъра или инфрачервени (два или три канала в инфрачервената зона на спектъра).

Извличането на качествени характеристики от изображенията в дребни мащаби (космически изображения) се основава на различната отражателна способност на природните образувания за електромагнитното излъчване в различни зони на спектъра. Спектралните отражателни характеристики на различни типове покривка са разгледани в [Свейн, Ф., Ш. Дейвис, 1983, стр.239-271].

А) Спектрални характеристики на растителната покривка

В спектралната отражателна характеристика на зелената растителност има два минимума в областта на циния и червен цвят, съответстващи на поглъщането на хлорофила (максимум в зеления цвят) и минимума в областта на инфрачервена зона, дължащи се на поглъщането на водата. В близката инфрачервена зона отражателната способност силно се повишава поради слабото поглъщане на зеления лист. В средния инфрачервен диапазон е съществено влиянието на наличието на влага, тъй като съдържанието на влага в зелените листа е значително.

Кривите на отражателните характеристики на почвите не са така сложни както при растителността. Като цяло обща е зависимостта за увеличение на отражателната способност с увеличение на дължината на вълната, особено във видимия и близкия инфрачервен диапазон на спектъра. Факторите, които влияят на отражателната способност са: влага, органични вещества, железни окиси, глина, прах, пясък, зърнистост на почвата.

Б) Спектрални характеристики на почвата

Съставът и структурата на почвата влияят силно върху съдържанието на влага в нея и определят вида на отражателните характеристики, показани на следните фигури:

Железният окис влияе съществено на отражателната характеристика. Червеният цвят на много почви се обяснява с наличието в тях на нехидратирани железни окиси. Увеличеното съдържание на железни окиси води до значително намаляване на отражателната способност особено във видимия диапазон на спектъра. Намаляването на железните окиси води до повишаване на отражателната способност в диапазона от 0.5-1.1 μm , но на практика не влияе над 1.1 μm .

Съдържанието и степента на разлагане на органичните вещества силно влияе на цвета на почвите. Цветът на почва с 5% съдържание на органични вещества е тъмно-кафяв или черен, а с ниско съдържание – светло-кафяв или сив. Това влияние е показано на следната фигура.

Влияние върху цвета оказва и дренирането на почвите и климатичните условия. В зони с тропически и умерено топъл климат дори и при по-ниско съдържание на органични вещества (3%) цветът е черен, а не кафяв.

Текстурата на почвата предизвиква увеличение на отражателната способност при намаляване на размера на частиците (колкото е по-малка зърнистостта на почвата, по-висока е отражателната способност).

В) Спектрални характеристики на водата и снега

За отражателните характеристики на водата основно влияние оказва водната повърхност, обусловена от природата на самата вода. Наличието и границите на водните маси лесно се установяват в близкия инфрачервен диапазон. Картографирането на снежната покривка става най-лесно в средния инфрачервен диапазон. Във видимия диапазон върху отражателната способност влияе съдържанието на органични и неорганични вещества.

Обработката на спътникови данни показва, че надеждното разделяне на облаците от снега е невъзможно поради еднаквата отражателна способност в диапазона 0.5-1.1 μm . Отражателната способност на облаците и снега е така висока, че детекторите на Landsat се насищат. Тези образувания е възможно да се различат в диапазона 1.55-1.75 μm и съответно 2.1-235 μm . В тези диапазони отражателната способност на облаците е висока (те са с бял цвят), а на снега е ниска и той изглежда по-тъмен (дори черен).

Спектрални характеристики на различните многоканални изображения

Спектралните характеристики на различните многоканални системи зависят от метода на регистрация.

1. Фотографски системи

а) със спектрално разделяне:

- цветни – син, зелен червен) във видимата област,
- спектрозонални (зелен, червен, близката инфрачервена зона),
- инфрачервени – най-често двуканални;

б) с пространствено разделяне:

-многозонални снимки – отделните снимки са монохроматични (черно-бели).

2. Сканерни системи

а) с пространствено разделяне мултиспектрални сканери
 б) със спектрално - разделяне камери CCD с едномерен регистриращ елемент в няколко канала на спектъра.

Спектралните характеристики на някои многозонални камери са следните:

Камера Wratten (Courtesy International Imaging Systems) – 4 канална:

Син 0.4-0.5 μm ,

Зелен – 0.5-0.6 μm ,

Червен – 0.6-0.7 μm ,

Близка ИЧ – 0.7-0.9 μm .

Камера MKF-6M (Karl Zeiss Jena) – 6 канална:

Синьо-зелен 0.48 μm (40nm),

Жълто-зелен 0.54 μm (40nm),

Жълт 0.60 μm (40nm),

Червен 0.66 μm (40nm),

Близка ИЧ (1) 0.72 μm (40nm),

Близка ИЧ (2) 0.81 μm (100nm).

Данните за някои мултиспектрални сканери са показани в следната таблица:

Таблица 8.1

Сензор	MSS	RBV (1)	TM	HRV	HRV	LRV	Visible MSU	IR-MSU	MSU-SK	MSU-E
Мисия	Landsat 1-5 (3*)	Landsat 1-2 (3*)	Landsat 4-5	SPOT 1-2 (3-4*)	SPOT 3-4	SPOT 3-4	Алмаз	Алмаз	Гамма-Био	Гамма-Био
Държава	САЩ	САЩ	САЩ	Франция	Франция	Франция	Русия	Русия	Русия	Русия
Тип	сканер мултиспектрален	видикон с обратен лъч	сканер	CCD - 3x6000 линейен сензор	CCD - 6000 ел. линейен сензор	сканер	сканер многоканален	сканер инфрачервен	TV-камера средно разрешение	TV-камера високо разрешение
Разрешение [m]	79 240*	80 30*	30 120*	20	10	1000	20	170	120 300*	14
Обхват [km]	185	183x98		60	60	2200	1000	600	350	30
Панхроматичен		0.505-0.750*			0.51-0.73		0.5-0.75			
1 канал		0.475-0.575	0.45-0.52			0.43-0.47	0.43-0.45		0.45-0.55	
2 канал	0.5-0.6		0.52-0.60	0.50-0.59		0.50-0.59	0.49-0.51			0.5-0.6
3 канал	0.6-0.7	0.58-0.68	0.63-0.69	0.61-0.68		0.61-0.68	0.54-0.56		0.6-0.7	0.6-0.7
4 канал	0.7-0.8	0.69-0.83	0.76-0.90	0.79-0.89		0.79-0.89	0.66-0.68		0.7-0.8	0.7-0.9
5 канал	0.8-1.1						0.74-0.76		0.8-1.0	
6 канал			1.55-1.75	1,58-1.75*		1,58-1.75	0.39-0.41	1.5-1.7		
7 канал			2.08-2.35				0.55-0.57	3.5-3.9		
8 канал							0.63-0.65	8.25-8.75		
9 канал	10.4-12.6*		10.4-12.5*				0.62-0.64	10.3-11.3	10.4-12.6*	
10 канал							0.77-0.80	11.5-12.5		
11 канал							0.995-1.005			

Резултатите от отделните канали могат да се обработват със средствата на системите за цифрова обработка на изображения или да се изведат в аналогова форма за визуално дешифриране.

Тема 30. Дешифриране на многоканални изображения.

30.1. Методи за дешифриране на многоканални изображения.

30.2. Приложение на принципите на разпознаването на образи при дистанционните изследвания. Автоматизиране на дешифрирането.

30.3. Системи за автоматично разпознаване и интерпретация на изображения.

30.1. Методи за дешифриране на многоканални изображения.

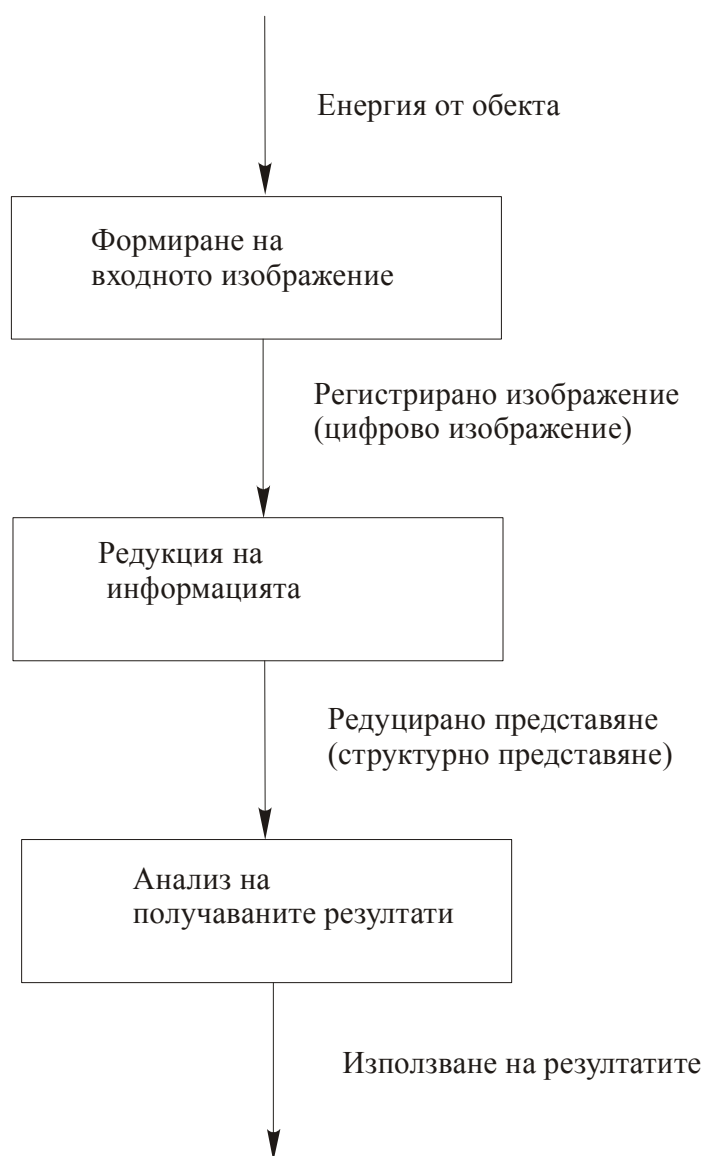
30.1.1. Обработка на многоканалните изображения

При обработката на многоканални изображения се използват различни технологични схеми на използване на изображенията в отделните канали.

1. Дешифриране на отделна снимка, най-добре удовлетворяваща целите на определен вид дешифриране
2. Последователно дешифриране на няколко зонални изображения
3. Съпоставяне на серии от зонални снимки за откриване на спектралния образ на изучаваните обекти
4. Дешифриране на цветни синтезирани изображения

30.1.2. Дешифриране на изображения при дистанционните изследвания.

Процесът на получаването и използването на данни при дистанционните изследвания може да се представи опростено на следната блок-схема:



Основните процеси, включващи се в третата част от блок-схемата на една система за дистанционни изследвания – обработката и интерпретацията на получените резултати включват класификация на обектите (получаване на качествени характеристики за обектите) и на количествени данни – за пространствените параметри.

Под разпознаване на фотоизображенията се разбира определянето на същността на изучавания обект, неговото функционално предназначение (интерпретационен подход) или причисляването на даден обект към един от предварително установен клас (формален подход). Интерпретационният подход е характерен за визуалния метод на дешифриране, а формалния – за всички разновидности на автоматичния подход.

Автоматическият подход при класификацията на изображения се основава на методите за разпознаване на образи.

Основа на дадената методология е двустъпковата процедура, при която:

1. интересуващите ни класове се описват чрез анализа на данните, представящи тези класове (формиране на вектор на признаците);

2. Всички постъпващи обекти се класифицират на основа на данните за тях с помощта на числени методи, ползващи описанията на класовете.

Разпознаването на образи е идеален метод в болшинството случаи на приложение на количествените оценки при дистанционните изследвания. Това е компютърно ориентирана методология, която позволява бърз и многократен анализ. Тя позволява статистическа трактовка на многомерни данни и лесно се разпространява върху широк кръг проблеми, осигуряващи получаването на количествени резултати.

Разпознаването на образи не е единственият количествен метод за анализ, прилаган по отношение на данните от дистанционните изследвания. Освен него могат да се ползват корелационен и регресионен анализ. В редица случаи те обаче не се ползват самостоятелно, а като част от процедурите за обработка на данни при разпознаването или при обработката на изображенията (например корелционният анализ се ползва широко при автоматичната обработка на стереоизображения). Наред с това за интерпретацията на изображения в последно време все по-широко се привличат и методите и достиженията в областта на изкуствения интелект, които позволяват да се интерпретират автоматично резултатите от разпознаването. Тези методики все повече доближават методите, прилагани при компютърната обработка до тези, използвани от човека интерпретатор, тъй като позволяват да се отчитат асоциативни връзки и отношения между обектите – интерпретация на основата на обкръжението, годишното време, условията на заснемане и други косвени признаци.

Разпознаването на образи е най-приложимо, когато цел се явява отнасянето или класификацията на всяко елементарно наблюдение към един от ограничен брой класове. Например класификацията на селскостопански данни по типове селскостопански култури – това е пример за разпознаване на образи. Вмного случаи на приложението на дистанционните изследвания се срещат подобни класификационни задачи и затова разпознаването на образи се избира за основа в системите за обработка на данните при дистанционните изследвания.

Процесът на разпознаване се състои в това, че разпознаващата система на основата апостериорната информация относно всеки постъпил на входа на системата обект или явление с априорно описание на класовете взема решение за принадлежността на този обект (явление) към един от класовете.

Правилото, което съпоставя на всеки обект в съответствие определено наименование на класа, се нарича решаващо правило. При определяне на решаващите правила в зависимост от обема на изходната априорна информация се срещат следните ситуации:

1. Количеството изходна информация е достатъчно за това, че по пътя на нейния анализ и непосредствена обработка да се определи решаващото правило (системи за разпознаване без обучение).

2. Количеството на изходната информация е недостатъчно за определяне на решаващите правила на основата на нейната непосредствена обработка, въ връзка с което се реализира процедура на обучение (обучаващи се разпознаващи системи).

Обработка на многоканалните изображения

При обработката на многоканални изображения се използват различни технологични схеми на използване на изображенията в отделните канали.

1. Дешифриране на отделна снимка, най-добре удовлетворяваща целите на определен вид дешифриране
2. Последователно дешифриране на няколко зонални изображения
3. Съпоставяне на серии от зонални снимки за откриване на спектралния образ на изучаваните обекти
4. Дешифриране на цветни синтезирани изображения

30.2. Приложение на принципите на разпознаването на образи при дистанционните изследвания. Автоматизиране на дешифрирането.

Разпознаване на образи (Pattern Recognition)

Разпознаването на образи е науката и изкуството за откриване на съдържателни структури в данни които могат да бъдат извлечени чрез класификация. След пространствено и спектрално подобряване и преобразуване на изображението разпознаването на структури може да се извърши от човешка. Човешкият мозък автоматично сортира дадени текстури и цветове в класове – визуално разпознаване.

В компютърната система спектралното разпознаване на структури може да бъде по-научно. От спектралните характеристики на всички пиксели в изображението се извличат статистически характеристики. След това пикселите се сортират на базата на математически критерии. Класификационният процес се разделя на две части:

обучаваща фаза;

класифицираща фаза (при нея се използва -решаващо правило - Decision Rule).

Обучаваща фаза (Training)

Първо компютърната система трябва да бъде обучена да различава структурите в данните. Обучението е процеса на дефиниране на критериите, по които тези структури ще се различават. То може да се извърши по два метода:

обучение с учител

обучение без учител

Класификация при обучение с учител (Supervised Training)

Обучението с учител се осъществява при строг контрол на оператора(анализатора). В този процес вие избирате пиксели ,които представят особеностите на земната покривка ,които вие разпознавате или които може да

идентифицирате с помощта на други източници като въздушни снимки ,лично наблюдение(дешифриране) или карти. Преди класификацията се изисква познаване на данните и на желаните класове. Чрез идентифициране на структурите може да накараме компютърната система да разпознае(идентифицира) пиксели с подобни характеристики. Ако класификацията е точна получените класове представят категориите от данните ,които първоначално са идентифицирани.

Класификация на обучение без учител

Обучението без учител се извършва до голяма степен автоматично,от компютъра.Това ви позволява да зададете параметри, които компютъра използва за да открие статистически модели (структури), които се съдържат в (са присъщи за) данните. Тези модели не е задължително да съответстват директно на съдържателни характеристики на изображението, такива като съседни,лесно различими областиот определен тип почва или земя.Това са обикновено класове от пиксели с подобни спектрални характеристики.В някои случаи може да бъде по-важно да се идентифицират групи от пиксели сподобни спектрални характеристики, отколкото да се сортират пиксели в отделно категории.

Обучението без учител зависи от самите данни при дефинирането на класове.Този метод обикновено се използва, когато имаме малко информация за данните преди класификацията.След класификацията самият анализатор трябва да придаде значение на създадените класове.Класификацията на обучение без учител е полезна само ако класовете могат да бъдат подходящо интерпретирани.

Еталони (Signatures)

Резултатът от обучение без учител е набор от сигнатури (еталони), които определят примерния еталон или кластер. Всяка сигнатура отговаря на определен клас и се използва дадено правило за да се причислят пикселите от файла с изображението към даден клас. Един клас обаче може да съдържа единствен еталон или набор от еталони. Сигнатурите в програмата ERDAS Imagine могат да бъдат параметрични и непараметрични.

Параметричната сигнатура е базирана на статистически параметри (например стойност и ковариационна матрица) от пиксели, които са в примерния образец или кластер. Обучението с учител или без учител може да създава параметрични сигнатури. Набор от параметрични сигнатури може да бъде използван за обучение на класификатор на статистическа основа (например максимално сходство), за да дефинира класове.

Непараметричната сигнатура се базира не на статистика, а на дискретни (отделни) обекти (полигони и правоъгълници) в анализираното изображение, които се изобразяват в пространството на признаците. Тези обекти в пространството на признаците се използват за дефиниране на границата на класовете. Непараметричният класификатор използва набор от непараметрични сигнатури за да причисли пиксели към даден клас, на базата на тяхното положение вътре или

извън областта на пространството на признаците. Обучението с учител се използва за създаване (генериране) на непараметрични сигнатури.

разпределение на данните, единственият обект в пространството на признаците (ПНП), за който това би било математически валидно ще бъде елипса.

Когато параметрични и непараметрични сигнатури са използвани едновременно за класифициране на изображението ние имаме по-голяма възможност да анализираме и визуализираме (представим нагледно) отделните класове, отколкото като използваме който и да е тип сигнатура по отделно.

Решаващо правило (Decision Rule)

След като сигнатурите са дефинирани, пикселите на изображението сортират в класове. Тези класове се базират на тези сигнатури като се използва правило за класификация. Това правило е математически алгоритъм, който извършва самото сортиране на пикселите в отделни класове по стойности, използвайки данните съдържащи се в сигнатурата.

Параметрично решаващо правило (Parametric Decision Rule)

Тези сигнатури се дефинирани от стойностен вектор и ковариантна матрица за стойностите на пикселите в сигнатурите от файла с данните. Когато се използва параметрично решаващо правилосеки пиксел се причислява към даден клас, тъй акто параметрично решеното пространство е непрекъснато.

Непараметрично решаващо правило (Nonparametric Decision Rule)

Това правило не се базира на статистика, следователно не зависи от свойствата на данните. Ако даден пиксел се намира в рамките на непараметричната сигнатура, тогава това решаващо правило го причислява към сигнатурата на този клас. Всъщност непараметричното решаващо правило определя дали пиксела се намира в границата на непараметрична сигнатура или не.

37.1.1. Класификация на системите за разпознаване

От гледна точка на общност на класификацията системите за разпознаване е рационално в качеството на класификационен принцип да се използва свойството на информацията, използвана в процеса на разпознаване.

Системите за разпознаване могат да се разделят на прости и сложни в зависимост от това физически еднородна или физически нееднородна ли е информацията, която се ползва за описание на разпознаваните обекти, има ли признаци на езика на които е извършено описание на азбуката (речника) на класовете, единна или различна ли е физическата природа.

Прости системи за разпознаване: четящи автоматични разпознаващи устройства, автомати за размяна на монети, за бракуване на детайли. Класификационни признаци могат да бъдат линейните размери, или само маса или само тегло.

Сложни системи за разпознаване: медицинска диагностика, военно разузнаване, геоложко разузнаване, дистанционните изследвания.

По метод на получаване на апостериорната информация сложните системи могат да се разделят на едностепенни и многостепенни.

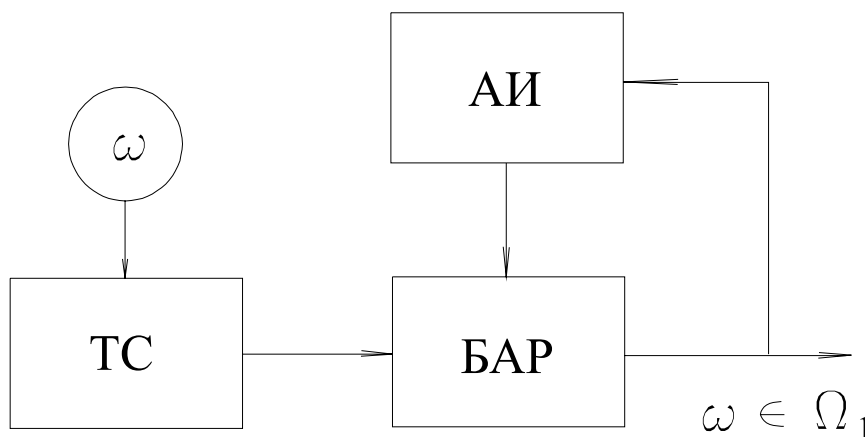
Едностепенни системи – апостериорната информация за признаците на разпознаваните обекти се определя посредством преки измервания непосредствено в резултат на обработката на резултатите от експериментите.

Многостепенните системи – апостериорната информация се получава на основата на косвени измервания, получени от специализирани локални разпознаващи системи.

Според количеството на първоначалната априорна информация за разпознаваните обекти или явления, то системите се разделят на системи без обучение, обучаващи се и самообучаващи се.

Многостепенните системи не се разделят еднозначно, тъй като всяко от нивата може да се причислява към един от горните типове.

Системи без обучение. При тях първоначалната априорна информация е достатъчна за това да се определи априорната азбука на класовете, да се построи априорен речник на признаците, т.е. в първо приближение е достатъчно да се определят решаващите граници, решаващите правила.



АИ – априорна информация

ТС – технически средства

БАР – блок алгоритми за разпознаване

Обучаващи се системи.

При тези системи първоначалната информация е достатъчна за това да се определи априорната азбука на класовете и да се построи априорния речник от признаци, но е недостатъчен или по едни или други съображения е нецелесъобразно да се използва записване на класовете на езика на признаците. Изходната информация необходима за построяване на обучаващи се системи за разпознаване не позволява да се отделят конкретни обекти, принадлежащи към различните класове и може да се представи в следния вид:

$$\omega_1 \omega_2 \dots \omega_r \subset \Omega_1$$

$$\omega_{r+1} \omega_{r+2} \dots \omega_q \subset \Omega_2$$

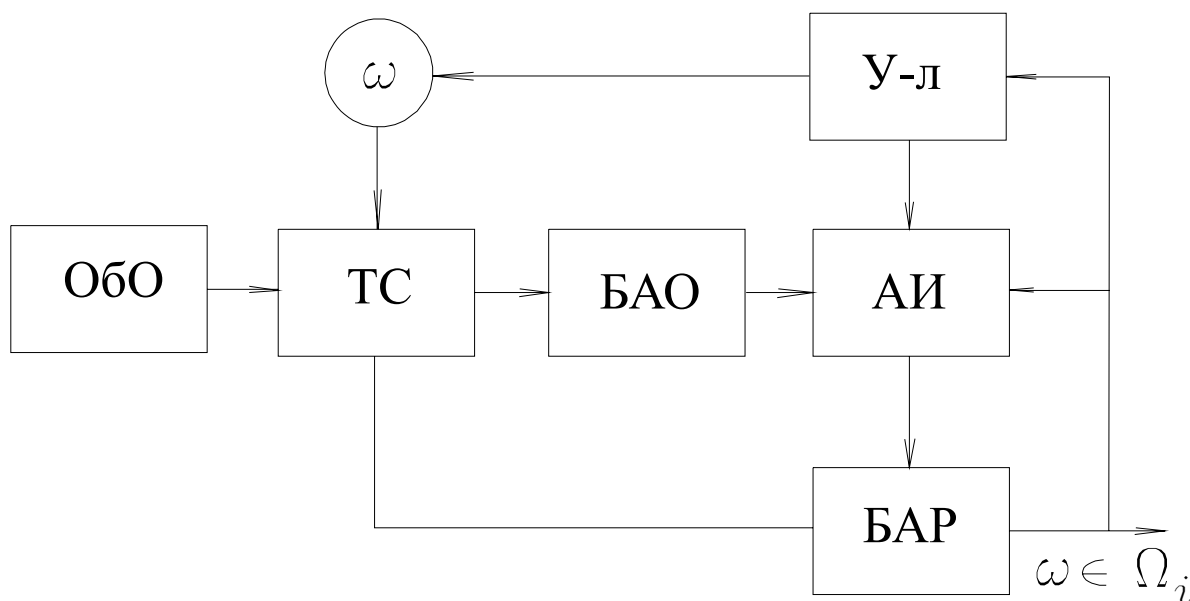
...

$$\omega_{g+1} \omega_{g+2} \dots \omega_l \subset \Omega_m$$

Ω_i – класове обекти

ω_j - обекти, постъпващи на етапа на обучение

Блок-схемата на такава система е показана на фиг 2



Фиг. 2

Където

ОБО – обучаващи обекти

ТС - технически средства

БАО – блок алгоритми за обучение

АИ - априорна информация

БАР – блок алгоритми за разпознаване

Пунктир – реим на обучение

Непр. Линия - изпит

Цел на обучаващата процедура е да се определи разделящата функция

$$F_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad i=1, \dots, p$$

Посредством представяне на системата за разпознаване на различни обекти с указание за класовете, към които тези обекти принадлежат.

Системите за разпознаване, работещи на етапа на формиране “работят с учител”. Работата се състои в това, че учителят многократно представя на обучаващата се система обучаващи обекти от всички определени класове и указва към кои класове те принадлежат. След това учителят изпитва системата и коригира отговорите докато среднотоколичество грешки не спадне под определено желано ниво.

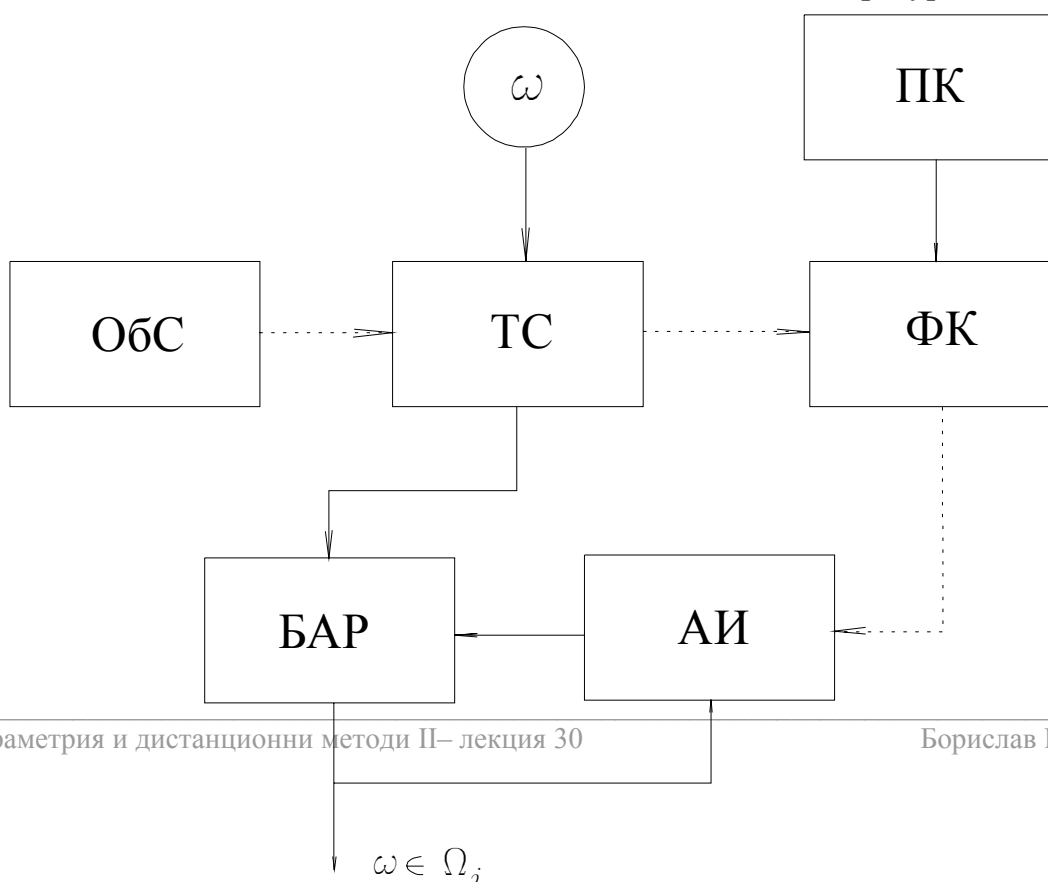
Самообучаващи се системи

При тези системи първоначалната априорна информация е достатъчна само за това да се определи речника от признаци, но е недостатъчна за извършване на класификация. На етапа на формиране на системата се представят само изходната съвкупност от обекти $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_\ell$, зададени със значенията на своите признаци за всеки от тях

$$\omega_1 = (x_1^1, \dots, x_n^1), \dots, \omega_\ell = (x_1^\ell, \dots, x_n^\ell)$$

Поради ограничения обем на първоначалната информация системата при това не получава указание за това към кой клас принадлежат обектите. Тези указания се заменят с набор от правила, към които се придържа системата, в съответствие с които системата сама изработва класификация още на етапа на обучение. Тази класификация може да се различава от естествената и в последствие системата се придържа към нея.

Блок схемата на такава система е показана на следната фигура



Фиг. 7.3

Където

ОС – обекти за самообучение;

ТС – технически средства;

БАР – блок алгоритми за разпознаване;

АИ – априорна информация;

ПК – правила за класификация;

ФК – формиране на класовете;

Пунктир – режим на самообучение;

Напрекъснатата линия – разпознаване на неизвестни обекти.

Други признаци, по които системите за разпознаване могат да се класифицират са следните:

Според характера на информацията за признаците на разпознаваните обекти, а оттам и на алгоритъма за разпознаване системите се подразделят на детерминирани, вероятностни, логически, структурни и комбинирани.

Детерминирани системи. В тези системи за построяване на алгоритми за разпознаване се използва “геометрична” мера за близост основана на измерването на разстоянието между разпознаваните обекти и еталоните на класовете. В общия случай приложението на детерминирани методи за разпознаване предвижда наличие на координати на еталоните на класовете в признаковото пространство или на координатите на обектите, принадлежащи към съответните класове.

Вероятностни системи. В дадените системи за построяване на алгоритми за разпознаване се използват вероятностни методи за разпознаване, основани на теорията на статистическите решения. В общия случай приложението на вероятностните зависимости между признаците на разпознаваните обекти и класовете, към които тези обекти принадлежат.

Логически системи. В тези системи за построяване на алгоритми за разпознаване се използват логически методи за разпознаване, основани на дискретния анализ и базиращите се на него изчисления на съждения (предикати). В общия случай приложението на логически методи за разпознаване предвижда наличието на логически връзки, изразени посредством система от булеви уравнения, в които променливи са логическите признаци на разпознаваните обекти, а неизвестни величини – класовете, към които тези обекти принадлежат.

Структурни (лингвистически) системи. В тези системи за построяване на алгоритми за разпознаване се използват специални граматика, пораждащи езици, състоящи се от изречения, всяко от които описва обекти, принадлежащи към даден клас. Приложението на структурните методи за разпознаване изисква наличието на съвкупност от изречения, описващи множеството от всички обекти, принадлежащи към всички класове на азбуката на класовете на разпознаващата система. При това множеството изречения може да бъде подразделено на подмножества по броя на класовете на системата. Елементи на подмножествата се явяват изречения, описващи обекти, принадлежащи към дадено подмножество (клас). По такъв начин априорните описания на класовете се явяват съвкупност от изречения, всяко от които съответства на конкретен обект, принадлежащ на даден клас.

Комбинираните системи. В тези системи за построяване на разпознаващи алгоритми се използват специално разработени методи за изчисление на оценки. Такива алгоритми се наричат алгоритми за изчисляване на оценки. Тяхното приложение изисква наличието на таблици, където се съдържат обектите, принадлежащи към съответните класове, така също значения на признаците, които характеризират тези обекти. Признаците могат да бъдат детерминирани, логически, вероятностни, структурни.

37.1.2. Методи за класификация на образи

-Класификация на образи с помощта на функция за минимум разстояние.

Класификацията на образи с помощта на функцията за разстояние е една от първите идеи за автоматично разпознаване на образи. Този прост метод за класификация се оказва твърде ефективен инструмент при решаване на такива задачи, в които класовете се характеризират със степен на изменчивост, ограничена в разумни предели. Най-прост е случаят на характеризиране на всеки клас с по един еталонен образ за всеки клас.

а) единствен еталон

В някои случаи образите на всеки клас проявяват тенденция за групировка около единствен еталон. Това са случаите на малка изменчивост и слаби смущения.

Ако M класа допускат представяне с еталонни образи z_1, z_2, \dots, z_M , то евклидовото разстояние между произволен вектор на образа x и i -я еталон се дава от израза:

$$D_i = \|\bar{x} - z_i\| = \sqrt{(x - z_i)'(x - z_i)}$$

Решението за принадлежността на образа x към i клас се дава от

$$x \in \omega_i, \text{ ако } D_i < D_j \quad j \neq i$$

Тъй като класификацията по минимум разстояние се извършва на принципа на пълното съвпадение, то тя се нарича още корелационен метод или (съпоставяне с кластера).

- Класификация по правилото на най-близкия съсед.

Методът на минималното разстояние не е единствено възможен от детерминираните методи. За извадка от N образа с известна класификация, които принадлежат на някой от M класа

$\{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ набор от образи N ,

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M$ набор от M класа.

Може да се определи и класификационно правило на принципа на най-близкия съсед (БС-правило), което отнася класифицируемия образ $s_i \in \omega_j$ към този клас, който е най-близко до него.

Условието за такава класификация се дава от израза

$$D(s_i, x) = \min_{\ell} \{D(s_{\ell}, x)\} \quad \ell = 1, 2, \dots, N$$

$$s_i \in \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$$

- Метод на кластерния анали.

Методите за намиране на центровете на еталонни обекти или центровете на кластери играе основна роля в методите за построяване на класификатори по метода на минимум разстояние. Методите за формиране на кластерите се явяват основа на кластерния анализ. Този процес в редица случаи носи емпиричен и евристичен характер. Той зависи както от характера на самите данни, а така също и от избраната мера за сходство и от методите за идентификация на кластерите. Тази методика лежи в основата на системи за разпознаване, разботещи в режим на самообучение (без учител).

За да се формира кластер в множеството от данни е необходимо да се въведе мера на сходство (подобие). Такива са следните:

- а) евклидово разстояние – една от най-често използваните мери за сходство
- б) разстояние на Махаланобис,
- в) косинуса на ъгъла между векторите

Тази мера е удобна, когато кластерите се разполагат по направление на главните оси на системата от признаци.

Двоичният вариант на мерата на сходство, определяща ъгъла между двата вектора се нарича мера на Танимото:

- г) Мера на Танимото:

Мерата на Танимото намира широко приложение при информационното търсене, нозологията (класификацията на болести), таксономията (класификацията на видовете животни и растения).

Проблемът за кластеризацията не се решава единствено с избора на мерата за сходство, но и с избора на процедура за формиране на кластерите. По-голяма част от тези процедури носи евристичен характер. Разработката на тези процедури изисква избор на показател на качеството, който съответно да се максимизира или минимизира. Тук се ползват различни процедури. Такива процедури са:

- А. Алгоритъм на максиминното (максимално-минималното) разстояние
- Б. Алгоритъм на K вътрешногруповите средни
- В. Алгоритъм ИСОМАТ (IsoData)

30.3. Системи за автоматично разпознаване и интерпретация на изображения.

Тема 31. Приложение на изображенията, получавани при дистанционните изследвания.

31.1. Области на приложение на данните от дистанционните изследвания.

31.2. Тематично картографиране в дребни мащаби. Въвеждане на информацията в ГИС.

31.3. Интерактивни системи за обработка. Интегриране на системите за дистанционни изследвания с ГИС

Обработката на изображения в дистанционните изследвания има най-разнообразни области на приложение. Мултипликативният ефект от използването на данните от дистанционните изследвания има огромно научно, практическо и икономическо значение.

31.1. Области на приложение на данните от дистанционните изследвания.

Областите на приложение на данните са много разнообразни. Те включват:

- Изучаване на теренните форми и образования както и скалните породи;
- Изследване на залесените територии;
- Изследване и контрол на водните ресурси, на водните басейни и океанологията;
- Метеорологични наблюдения и контрол на климата;
- Изучаване на почвите и растителността;
- Изучаване на урбанизираните територии и влиянието на човешката дейност;
- регионален анализ и население;
- проучване на териториите за целите на проектиране на глобални линейни или площни обекти.

Данните, получавани при дистанционните изследвания традиционно се ползват за получаването на качествена информация – т.е. за интерпретация на получаваната информация. Наред с това съществено е значението на пространственото разположение на анализирания обект и тяхната промяна във времето. Така че получаването на тематична информация в резултат на класификацията е неразривно свързано с получаването и на метрична информация. Въпреки че поради дребните мащаби и сложната геометрия на получаване на изображенията, те в редица случаи не могат да се ползват директно за получаване на тримерна информация, а само на двумерна, то въпросът за нейното точно геодезическо привързване и трансформиране е от особено съществено значение. Така че в повечето случаи крайният продукт има картографски характер, дори и в случаите когато той се формира и съхранява като слой в някоя конкретна ГИС. Наред с това съвременните технически средства при ДИ и методите за регистрация позволяват получаването не само на геометрична информация с все по-висока

точност, но и получаването на тримерна информация под формата на модел на релефа.

Приложение на ДИ в метеорологията.

Основен обект, който се изучава е облачната покривка. Определят се основни параметри на облачната покривка и се установява тяхната връзка със синоптичските процеси. Съставят се 5-дневни, десетдневни, месечни, сезонни и средногодишни карти на разпределение на облачността по земното кълбо. Изучава се сезонната циркулация на атмосферата, зоните на тропически и извънтропически циклони и бури. По специфичната форма на перестите облаци се установяват субтропическите и екваториални течения на големи височини.

Дрога област на изучаване това са прхо-пясъчните бури и потоци в атмосферата.

От инфрачервените изображения се изучава термичната нееднородност на повърхността, която е основа за ветровите течения.

Основна практическа полза има от използването на данните от метеорологическите спътници за създаване на краткосрочни и по-дългосрочни прогнози, които възвръщат изцяло разходите за метеорологическите спътници.

Приложение в океанологията

Повече от 70% о земното кълбо е заето от океаните. Наблюдават се разпределението на теченията и хидорсферните фронтове, следи се пространствената структура на вълненията, движението на твърдите частици, нефтените петна и други замърсявания. Наред с това се изучава строжа и разпределението на ледниковата покривка. Теченията и фронталните зони между водните маси се наблюдават на инфрачервени снимки.

По телевизионни снимки се наблюдават ледените полета и се следи състоянието на ледената покривка, както и нейното движение.

Приложение в хидрологията

В хидрологията космическите снимки се ползват за изучаване на снежната покривка, езерата и водохранилищата, ледниците, реки, структурата и изменението на хидрографската мрежа, стока от водосборните области, речният сток, влажността на почвите, блатата и замърсяването на водоемите.

Снежната покривка се контролира по многозонални снимки. Само по градационния тон може да се установи мощността и плътността на ледената покривка: маломощна спораадична, маломощна неплътна и мощна плътна (над 15cm).

Дистанционните методи за изследване позволяват да се следи за влажността на големи територии и промяната и във времето. За целта се ползват многозонални изображения и по-специално каналите в оранжево-червената зона на спектъра.

Последователните снимки през кратки интервали от време позволяват да се епроследи разливът на реките и заливането на мощурищата.

Приложение в геологията

Към геоложкото проучване на Земята, необходимо за научно прогнозиране на разпределението на полезни изкопаеми. Снимките от космоса позволяват да се обхванат големи територии, което позволява да се получи единно изображение на

геоложките и геоморфоложки обекти от регионален и глобален мащаб. На космическите снимки се виждат отчетливо местата на разломи и толагане на скални породи. Тези процеси може да бъдат както локални, а така също и да обхващат относително големи области. Основни признаци при геоложкото дешифриране се явяват особеностите на строежа на релефа и връзката на геоложките образувания с физико-географските характеристики на местността.

Приложение за селското стопанство и при охрана на околната среда

Космическите изображения позволяват да се определи типа на използване на територията както и състоянието на селскостопанските култури. На космическите снимки се установяват различните типове насаждения, фазите на тяхното развитие и тяхното състояние.

31.2. Тематично картографиране в дребни мащаби. Въвеждане на информацията в ГИС.

31.2.1. Геоложко и почвено картиране.

При анализа на геоложкото състояние се анализират от една страна състоянието на покривката, а от друга геоморфоложките образувания

Почвено картиране включва:

- основен анализ;
- типове почви;
- състояние на почвата.

31.2.2. Картиране на растителна покривка. Използване на дистанционните изображения за нуждите на селското и горското стопанство.

Покривката на повърхността (land cover) представлява характерните обекти върху земната повърхност – сгради, езера, дървета, лед и други.

Друг тип покривка е получената в резултат на човешката дейност, свързана с определен участък от земята – земеползване (land use).

Други характеристики като терени за обществено ползване, за частна собственост или еднофамилна частна собственост не могат да бъдат директно определяни при дешифриране на изображенията. Покривката за всички тези обекти се чвява еднаква – покриви, тротоари, трева, дървета.

Критериите, които се ползват при изграждане на класификационната система са съответно:

1. Минимално допустимо ниво на интерпретационна точност (85%).
2. Точност на интерпретация за някои категории обекти близка до 1.
3. Повторимост на резултатите при различни интерпретатори и в различни моменти от време.
4. Системата за интерпретация да е приложима и извън интензивните групи.
5. Категоризацията да позволява определяне на типа на земеползване по подразбиране в зависимост от типа покривка.
6. Класификационната система да може да ползва данни, получени през различни годишни времена.
7. Категориите да са поделими на подкатегории, на базата на снимки в по-едри мащаби и земни (полски) наблюдения.

8. Да бъде възможно агрегиране на класове.

9. Да бъде възможно сравнение с бъдещи данни за земеползването и покривката.

10. Да има възможност за откриване на многократното ползване на земята.

Пример за такава система е USGS, която извършва разделна класификация на покривката според земеползването и според покривката на терена. Тя е организирана в 4 нива.

- нива I и II са предназначени да осигуряват информация на национално-междубластно ниво;

- нива III и IV са предназначени за регионално ниво и за локално планиране.

Между нивата съществува връзка на базата на агрегиране.

Категориите на ниво I са съответно:

1. Градски територии и застроени площи
2. Селскостопанска земя
3. Смесени земи
4. Горски територии
5. Води
6. Влажни почви
7. Солени почви
8. Тундра
9. Сняг и лед

Данните от космически носители се ползват на нива I и II. По-специално това са снимки, получени от Landsat, Thematic Mapper, SPOT images. Ниво II се осигурява основно от дребномащабни цветни инфрачервени снимки.

Ниво	Източник	Мащаб	Картирана площ – min
I	Landsat MSS	1:500 000	150ha
II	Снимки в дребни мащаби Landsat, TM, SPOT	1:62500	2.5ha
III	Въздушни снимки в средни мащаби	1:24000	0.35ha
IV	Едромащабни въздушни снимки		

Приложение в селското стопанство (земеделието)

Физическите, биологични и технологични проблеми на модерното земеделие са разностранни и свързани с населението, енергията, качеството на околната среда, климата, времето.

По-специфичните проблеми са: състояние и инвентаризация на почвите. Те могат да се идентифицират посредством техните спектрални характеристики и текстурни характеристики. Успешната идентификация изисква познаване на фазите на развитие на растителността, календар на посевите и ползване на снимки от различните сезони. Съществено е ползването на цветни снимки във видимата и инфрачервената област, а стереоизображенията позволяват да се оцени височината на посевите (при използване на изображения в едри мащаби). За целите на идентификацията са достатъчни и еднократни снимки.

Състояние на посевите (оценка на състоянието)

Снимките в едри мащаби са полезни за документиране на вредните условия, причиняващи заболявания, вредата от насекомите, вредата от бедствия, детектиране на “стреса” на растенията.

Оценка на влиянието на бактериалните заболявания, на вредните насекоми, недостига на микроелементи в почвите (желязо, нитрати, соли), а също така водната ерозия, замърсяването от транспортните средства, на въздуха, пораженията от селскостопанската техника.

Могат да се ползват дихотомични ключове

1. Вегетация и почвено състояние
2. Следи от култивиране
3. Наличие или отсъствие на дървета
4. Вида на текстурата (едра или дребна)
5. Вегетация на посеви
6. Подредба на дърветата в редове
7. Редове от друг тип посеви в зависимост от развитието
8. Следи от напоителни съоръжения (бразди, канали).

Оценка на добивите – по-сложно и изисква анализ на комплексни фактори като влажност и състояние на почвата, вредното влияние на вредителите и “стреса” от други фактори. Установяване на корелацията между различни групи фактори.

30.2.3. Приложения за горското стопанство

Решавани задачи са: поддържане на горски материали, горските видове и опазване от пожари.

Сложността на интерпретацията произтича от наличието на различни дървесни видове на дадена територия, невъзможността да се наблюдава ниската растителност.

Дървесните видове се идентифицират посредством процес на елеминиране. Ползват с екосвени фактори – разположение, физиологията и климата. Наличието на определени дървесни видове по косвени признаци. Идентификацията може да се извърши на основата на фотоинтерпретация. Основни характеристики, които се ползват са:

Форма, размери, модел, сенки, цветен тон и текстура, форма на короната – заоблена, конична, сянката им върху терена – за едри мащаби.

Цветният тон представлява добра характеристика, но има лоша корелация и не позволява точна идентификация;

Текстурата – на области, дължащи се на формата на короната и гъстотата на дърветата.

Необходимост от полски проверки на областите за уточняване

Формата на короните и разклонеността се установява само по снимки едри мащаби

Мащаб	Характеристики
М 1:600	Морфометрични характеристики – корони, листа
М 1:2400, 1:3000	Средни отклонения, форма на короната
М 1:8000	Различават се отделни дървета, по формата на короната трудно се определят
М 1:15000	Само големи дървета

М 1:20000	Средният тон на масива и текстурата
-----------	-------------------------------------

Трудно се създават интерпретационни ключове поради зависимостта от възрастта, изложението на терена, географското разположение, геоморфоложки условия и други.

Корелация между интерпретационните характеристики и дървестните видове с паралелни земни наблюдения.

Височината на дърветата може да се оцени по сянката и по стереоизображения чрез сравнение с околния релеф.

31.2.4. Анализ и контрол на водните ресурси. Екологични приложения.

Факторите, които се анализират по отношение на водните ресурси са:

- замърсяване на водата;
- езерни замърсявания;
- наводнения.

Замърсяването на водните ресурси бива от различни източници:

Естествени – почвени наноси, от растителен произход;

Изкуствени – точкови източници на замърсяване от индустриални източници; разпределени – от селскостопански площи.

Категории замърсители:

- органични отпадъци;
- отпадъци от домакинствата;
- заводи – нарушения на водния баланс;
- синтетични органични химикали;
- неорганични химикали и минерални субстанции;
- седименти в колони, резервоари;
- радиоактивни замърсявания;
- повишение на температурата.

Езера.

Важен фактор е наличието на биомаса в езерата. В зависимост от използването има различно значение – например вредна е за водни спортове, но е подходяща за риболова.

Източници на информация се явяват многоканалните изображения, особено при използване на тесни спектрални канали. Особено полезни са синьо-зеления и зеления канали – за анализ на водната растителност.

Друг процес, който се анализира това са източниците на наводнения.

Друг фактор е влиянието на подземните води

31.2.5. Решаване на задачи на градското и регионалното планиране

Анализираните фактори са:

- теренна покривка (land cover);
- гъстота на населението;
- състояние на сградния фонд;
- транспортен поток и зони за паркиране;
- избор на зони за тип територии по предназначение;
- урбанистични промени.

31.3. Интерактивни системи за обработка. Интегриране на системите за дистанционни изследвания с ГИС

При обработката на данните от дистанционните изследвания се ползват цифрови системи за обработка, които притежават висока степен на автоматизация.

31.3.1. Интерактивни системи за обработка

При обработката на данните от дистанционните изследвания се ползват цифрови системи за обработка, които притежават висока степен на автоматизация. Независимо от това, че някои от тях са снабдени със системи, приитежаващи елементи на изкуствен интелект, то пълна автоматизация на процеса на дешифриране не може да се постигне. Поради тази причина повечето съвременни системи за класификация се отнасят към класа на системите, които подпомагат процеса на интерпретация, но се нуждаят от помощта на човека, при решаването на тези процеси.

Към тези системи се отнасят системите ERDAS IMAGINE на ERDAS, MGE Advanced Imager на Intergraph, ER mapper, E-cognition и други.

Системата ERDAS IMAGINE представлява универсална система за класификация и интерпретация на космически изображения, която притежава широк набор от програмни средства за обработка на изображения (като подобряване, геометрична трансформация, класификация и сегментация на многоканални растерни изображения, векторизация на класифицираното изображение и обработка на топологическото описание на сегментираните изображения).

Системата MGE Advanced Imager също представлява универсална система за обработка и класификация на изображения. При нея функциите за обработка на сегментираното изображение са изнесени в други модули, което е в съответствие с идеологията на Intergraph за разработка на модулна ГИС.

31.3.2. Интегриране на системите за дистанционни изследвания с ГИС

Функциите за интегриране с ГИС позволяват експортиране на данните във формат на съответната ГИС или наличие на входни конвертори в ГИС.

Системата ERDAS IMAGINE позволява да се експортират данните във формат на векторни слоеве за ArcInfo.