O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA’LIM VAZIRLIGI
O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGI VAZIRLIGI
TOSHKENT IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA INSTITUTI

Sh. S. Shokirov, I. M. Musaev, M.S.Akbarov

MASOFADAN ZONDLASH

Oliy ta’lim muassasalarining 5A311502–“Geodeziya va kartografiya (geoinformatika)” magistratura yo‘nalishi bo‘yicha ta’lim olayotgan talabalari uchun o‘quv qo‘llanmasifatida tavsiya etilgan

TOSHKENT – 2015

Taqri z chilar :

YergeodezkadastrDavlatqo‘mitasigeodeziyavakartografiyaMilliymarkazi boshmuhandisi***X. Magdiev,***

Toshkent irrigatsiya va melioratsiya instituti Geodeziya va yer kadastri kafedrasidotsenti, i.f.n. ***Q. Raxmonov,***

Qoraqalpoq Davlat universiteti geografiya kafedrasi dotsenti, g.f.n. ***P.Reymov.***

Ushbu o‘quvqo‘llanmadanko‘zlanganmaqsadmasofadan zondlash fanini, uningilmiy, nazariyvaamaliyasoslarinio‘rganishdaniborat. Qo‘llanmada masofadan zondlash faniga muqaddima, uning tarixi va ta’rifi keltirilgan bo‘lib, elektromagnit nurlanish va uning ahamiyati, passiv va aktiv sensorlar, radarlar, tasvirni vizual interpretatsiya qilish, raqamli axborotni qayta ishlash kabi muhim mavzular bayon etilgan.

Kitob geoinformatika mutaxassisligi bo‘yicha ta‘lim olayotgan magistrantlarga mo‘ljallangan. Shu bilan birga undan ilmiy izlanuvchilar va soha mutaxassislari foydalanishlari mumkin.

O‘quvqo‘llanma TEMPUSdasturiningGE-UZ – “Geoinformatika: O‘zbekistondabarqarorrivojlanishga erishishnita’minlash” loyihasiningbevosita ko‘magidanashrgatayyorlandi.

1-bob. Masofadan zondlash faniga kirish

Masofadan zondlash – tadqiq qilinayotgan obyekt, maydon yoki hodisa bilan to‘g‘ridan to‘g‘ri aloqada bo‘lmagan asbob – uskuna yordamida olingan axborotlarni tahlil qilish orqali erishilgan ma’lumotlar haqidagi fandir. Mana shu so‘zlarni o‘qish mobaynida siz masofadan zondlashni ishlatmoqdasiz. Sizning ko‘zlaringiz sahifadan qaytgan yorug‘likni sezuvchi sensor vazifasini bajarmoqda, ko‘zlaringiz qabul qilayotgan “ma’lumotlar” sahifadagi qorong‘u va yorug‘ joylardan qaytayotgan yorug‘lik miqdoriga muvofiq keluvchi impulslardan iborat. Ushbu ma’lumotlarni sizning aqliy kompyuteringiz tahlil qiladi yoki tushunadi va bu esa sizga sahifadagi harflar yig‘indisidan tashkil topgan so‘zlarni tushuntirish imkonini beradi. Shuningdek, so‘zlar gaplarni shakllantiradi va siz gaplarda namoyon etilayotgan ma’lumotlarni anglaysiz.

“Masofadan zondlash” inglizcha “Remote Sensing” so‘zlaridan olingan bo‘lib, “Remote” masofadan yoki uzoqdan, “Sensing” ma’lumot olmoq yoki kuzatmoq degan ma’noni anglatadi. Masofadan zondlash masofadan turib obyektlar to‘g‘risida ma’lumotlar olish ma’nosini anglatadi. Besh xil his etish tuyg‘ularidan uchtasini biz masofadan zondlashda ishlatishimiz mumkin:

1. Stadionda turib futbol musobaqasini tomosha qilish (ko‘rish hissi);
2. Duxovkada yangi pishirilgan pirogni hidlash (hid bilish hissi);
3. Telefon qo‘ng‘irog‘ini eshitish (eshitish hissi).

Boshqa qanday his etish tuyg‘ularimiz bor va nima uchun biz ularni “masofa”dan ishlata olmaymiz?

1. Monitorning tekisligini his etib ko‘rish (tegish hissi);
2. Mazasini bilish uchun olmani tanovul qilish (maza bilish hissi).

Oxirgi ikki holatda obyekt haqida ma’lumot olish uchun biz obyektga organlarimiz bilan tegmoqdamiz va shuning uchun bular masofadan zondlashga kirmaydi.

Geofazoviy fan dunyosida masofadan zondlash, *yerni kuzatish* deb ham nomlanadi, bu esa Yer yuzasiga nisbatan baland masofadan turib yerni sensorlar

yordamida kuzatish degan ma'noni anglatadi. Sensorlar oddiy fotoapparatlarga o'xshash, farqi esa ular nafaqat ko'rinuvchi nurlarni,balki elektromagnit spektrning boshqa diapazonlarini ya'ni, infraqizil, mikroto'lqinlar va ultrabinafsha intervallarini ishlatadi. Sensorlar juda taraqqiy etib bormoqda, ular yordamida juda katta hajmdagi maydonlarning suratlarini olish imkoniyati mavjud. Hozirgi kunda masofadan zondlash asosan fazodan turib sun'iy yo'ldoshlar orqali amalga oshirilmoqda.

Ushbu o'quv qo'llanma mualliflari kitobni yozishdayaqindan yordam bergan Yevropa Ittifoqidagi hamkor institutlar, jumladan Vengriyaning G'arbiy Vengriya universiteti, Angliyaning Grinvich universiteti, Avstriyaning Zalsburg universiteti, Shvetsiyaning Qirollik texnologiya instituti hamda respublikamizdagi turdosh institutlarda faoliyat ko'rsatayotgan geodeziya, kartografiya, geoaxborot tizimi sohalaridagi professor-o'qituvchilarga o'z minnatdorchiliklarini bildiradilar.

O'quv qo'llanma o'zbek tilida ilk bor tayyorlanganligi sababli kamchiliklardan holi emas. Mualliflar o'quv qo'llanma to'g'risida bildirilgan barcha fikr va mulohazalarni mamnuniyat bilan qabul qiladilar.

1.1. Masofadan zondlash tarixi

Masofadan zondlash falsafasini uch xil bo'limga ajratish mumkin: birinchidan, bu qanday texnologiya; ikkinchidan, bu texnologiya nima uchun va qanday qilib rivojlanmoqda; uchinchidan, bu texnologiya nima maqsadda ishlatiladi va qanday imkoniyatlari mavjud.

Masofadan zondlashning tarixi XIX asrning oxirlaridan; havo sharlari va varraklar yordamida fotoapparatlarning havoga chiqazilishidan boshlanadi. Samolyotlarning yaratilishi keyinchalik havodan turib suratga olish imkoniyatlarini kengaytirdi va I jahon urushi davrida axborot va ma'lumotlar olish usuli sifatida masofadan zondlash birinchi bo'lib ishlatilgan. Masofadan zondlash tarixi bu sohaning nima uchun rivojlanganligi va nima sababdan hozirgi kungacha taraqqiy etayotganligini mantiqiy asosini ko'rsatib beradi. Dastlab va hozirgi kungacha

suratga olish voqealar haqida o‘z vaqtida ma’lumot olishning eng qiziqarli va ajoyib usuli hisoblanib kelgan, sodir bo‘lgan hodisalarni yozib olish, qo‘l bilan chizishga qaraganda realroq va ma’lumotlarni ancha tez yig‘ish mumkin. Shuning uchun, havodan suratga olish jadal rivojlanib ketgan, dastlab, kichikroq joy tajribadan o‘tkazilgan, keyinchalik esa yerga qaraganda havodan yerning ko‘rinishi butunlay boshqacha ekanligi anglab yetilgan.

Hozirgi kunda masofadan zondlash samolyotlar orqali havodan va sun’iy yo‘ldoshlar yordamida fazoviy usullardan foydalanib amalga oshirilmoqda. Shuningdek, masofadan zondlashda nafaqat fotoplyonkalar, balki raqamli fotoapparatlar, skanerlar, videolar, radar va termal sensorlar ishlatilmoqda. O‘tgan zamonlarda esa masofadan zondlash elektromagnit spektrning ko‘rinuvchi qismini ishlatish imkoniyati bilan cheklangan, spektrning inson ko‘ziga ko‘rinmaydigan qismi hozirgi kunda spektral filtrlar, fotoplyonkalar va boshqa turdagi sensorlar yordamida ishlatilishi mumkin. Shuningdek, yerning ko‘rinishi amaliyotga va hayotiy muammolarni hal etishga tadbiq etilgan, bunga misol qilib I jahon urushi davridagi havo razvedkasini keltirishimiz mumkin. Aerosuratlar dushman qo‘shini joylashgan joyni tez va yerdan kuzatganga qaraganda ancha xavfsiz kuzatish imkoniyatini bergan. Aerosuratlar harbiy kartalarni va strategik joylar haqidagi ma’lumotlarni tez va nisbatan aniqroq yangilash imkonini bergan. Hozirgi kunda esa masofadan zondlash tez, aniq va yangi ma’lumotlar to‘plash talab qilinadigan soha bo‘lgan atrof muhit boshqaruvida juda keng foydalanilmoqda. Sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari va ko‘p – spektrli sensorlarni yaratilishi imkoniyatlarni yanada kengaytirdi, ushbu texnologiyalar yordamida yerning juda katta maydonlaridan atrof muhit to‘g‘risida inson ko‘ziga ko‘rinmaydigan ma’lumotlarni olish mumkin.

Masofadan zondlash 1840-yilda havo sharlari ixtirochilarining yangi ixtiro qilingan fotoapparatlardan foydalanib yerni suratga tushirishidan boshlanadi. XIX asr oxirining eng yangi texnologiyasi sifatida kaptarlarga fotoapparat o‘rnatilgan

holda uchirib yerni suratga olish Evropada amalga oshirilgan. Bu uslub I jahon urushida razvedka ishlarini olib borishda juda foydali qurol sifatida ishlatilgan.

Sensorlarning fazoga chiqarilishi avtomatlashgan fotoapparatlarni N'yu Meksiko, Vayt Sendsga qo'ngan German V-2 raketasiga o'rnatib ma'lumot olishdan boshlanadi. Birinchi kosmonavt va astronavtlar Yer shari atrofini aylanish davomida belgilangan regionlarni hujjatlashtirish uchun fotoapparatlardan foydalangan. 1960 yillarda Yer yuzasining qora va oq tasvirlarini oluvchi sensorlar meteorologik sun'iy yo'ldoshlarga o'rnatilgan.

1970 yillarda Skylab va Landsatda suratga oluvchi asboblarni uchirib masofadan zondlash amalga oshiriladi.

1.2. Masofadan zondlash uzoqligi

Masofadan zondlash tadqiq qilinayotgan obyekt yoki maydondan uzoqda sodir bo'ladi. Qiziqarlisi shundaki, masofadan zondlash uzoqligi aniq belgilanmagan, uzoqlik obyekt yoki maydonga nisbatan 1 m, 1000 m yoki 1 million metr bo'lishi mumkin. Aslida butun astronomiya masofadan zondlashga asoslangan. Juda ko'p innovatsion masofadan zondlash tizimlari, ko'rish va raqamli suratlarni qayta ishlash usullari dastlab boshqa planetalarning landshaftlarini ya'ni, Oy, Mars, Saturn, Yupiter va boshqalarni masofadan zondlash uchun yaratilgan.

Masofadan zondlash texnologiyalari ichki bo'shliqlarni tahlil qilishda ham ishlatilishi mumkin, masalan, elektron mikroskop va uning birlashgan uskunalari terining, ko'zning yoki boshqa organning juda kichkina obyektlarini suratga olishda ishlatiladi. Shuningdek, rentgen nurlari qurilmasi tana ichidagi suyak va boshqa a'zolarni tekshirish uchun ishlatiladigan masofadan zondlash asbobi hisoblanadi. Bunday holatlarda esa masofadan zondlash masofasi 1 metrdan ham kam bo'ladi.

1.3. Masofadan zondlash ta'rifi

Masofadan zondlashga Milliy aviatsiya va fazo boshqarmasi (National Aeronautics and Space Administration (NASA)) tomonidan quyidagicha rasmiy va batafsil ta'rif berilgan:

Kuzatilayotgan tafsilotlarga fizik va to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'lmagan yozib oluvchi qurilma yordamida material, obyekt yoki hodisaning ayrim xususiyatlari haqida ma'lumot yoki axborot olish va o'lchash; atrof muhitga tegishli bo'lgan juda ko'p bilimlarni o'z ichiga olgan material, obyekt yoki hodisalarning ayrim xususiyatlari kuch maydonlari, elektromagnit to'lqinlar, tovush energiyalaridan foydalanadigan fotoapparatlar, radiometr va skanerlar, lazerlar, radio chastotalarni tutuvchi qurilmalar, radar tizimlar, tovush lokatorlar, issiqlik qurilmalari, seysmograflar, magnetometrlar, gravimetrlar, stsintillyatsion o'lchagichlar va boshqa vositalar yordamida o'lchangan.

Kanada masofadan zondlash markazi (Canada Centre for Remote Sensing (CCRS)) tomonidan quyidagicha soddaroq ta'rif berilgan:

Masofadan zondlash to'g'ridan-to'g'ri aloqada bo'lmasdan turib Yer yuzasi haqida ma'lumotlar olish haqidagi fandir. Bu esa qaytgan va ajralib chiqqan energiyani yozib olish, qayta ishlash, tahlil qilish va ma'lumotlarni tadbiq qilish orqali amalga oshiriladi.

Quyida boshqa bir alternativ ta'rif keltirilgan:

Masofadan zondlash – Yer yuzasi, okeanlar va atmosferadagi (quyosh tizimidagi boshqa jismlarning tashqi qismi, osmondagi yulduz va galaktika) tafsilot va obyektlar haqida ma'lumot yaratish maqsadida geofazoviy ma'lumotlar olish va qayta ishlash uchun nurlanish hamda kuch maydonlaridan namuna olish texnologiyasi haqidagi fandir.

Janubiy Karolina universitetidan Jon Jensen masofadan zondlashga quyidagicha ikkita ta'rif bergan:

1. Maksimal ta'rif: *Masofadan zondlash obyektga tegmasdan turib u haqida ma'lumot olish demakdir.*

Bu ta'rif qisqa, oddiy, umumiy va esda qoladigan, biroq bunda yerni masofadan zondlashning ayrim qismlari tushirib qoldirilgan. Bu esa fotoapparatlar, optik – mexanik skanerlar, chiziqli va maydonli panjaralar,lazerlar, radiochastota qabul qiluvchilar, radar tizimlar, ultratovush lokatorlar, seysmograflar, gravimetrlar, magnitometrlar, rentgen nurlari va boshqalar kabi barcha masofadan zondlash qurilmalarini o'z ichiga oladi.

2. Maksimal ta'rif: *Masofadan zondlash – obyekt bilan to'g'ridan-to'g'ri aloqa qilmasdan turib samolyot yoki kosmik kemada joylashgan fotoapparatlar, skanerlar, lazerlar, chiziqli panjaralar, maydonli panjaralar kabi asboblar yordamida elektromagnit spektrning ultrabinafsha, ko'rinuvchi, infraqizil va mikroto'lqin intervallaridan ma'lumot yozib olish hamda mana shu olingan ma'lumotlarni ko'rinuvchi va raqamli qayta ishlash orqali tahlil qilish.*

Hindiston Masofadan Zondlash Milliy Agentligi quyidagicha ta'rif bergan: *Masofadan zondlash – Yer yuzasidagi obyektlar bilan fizik aloqa qilmasdan turib ular haqida ma'lumot olish texnikasidir.*

1.4. Masofadan zondlash fani

Masofadan zondlash matematikaga o'xshash vosita yoki texnikadir. Sensorlar yordamida masofadan turib obyekt yoki geografik maydondan ajralib chiqayotgan elektromagnit energiya miqdorini o'lchash hamda olingan axborotlardan matematik va statistik algoritmlar asosida kerakli ma'lumotlarni ajratib olish – ilmiy faoliyatdir. U kartografik fanlarning boshqa turdagi fazoviy ma'lumot yig'ish texnikasi yoki vositasi bo'lgan kartografiya va geoaxborot tizimlari bilan mos ravishda faoliyat yuritadi. Ilmiy bilim va real hayotiy amaliyot tajribasini birgalikda ishlatishi natijasida tadqiqotchi suratlardan kerakli ma'lumotlarni ajratib olishda o'z bilim va tajribasidan kelib chiqib yangi narsalarni o'rganish hamda kashf etish mahoratini rivojlantiradi.

Shuni ta'kidlash lozimki, ayrim tasvirni tahlil qiluvchilar boshqalariga qaraganda ancha ustunlikka ega.Chunki ular:

(1) ilmiy tamoyillarni yaxshiroq tushunadi;

(2) juda ko‘p joylarni sayohat qilgan hamda Yer yuzasi obyektlari va geografik maydonlarni o‘z ko‘zlari bilan ko‘rgan;

(3) mantiqiy va to‘g‘ri xulosalar chiqarishda ilmiy tamoyillar va real hayotiy bilimlarni sintez qila oladi.

Shuning uchun masofadan zondlash o‘ziga xos san'at va fandir.

1.5. Axborot

Olimlar tabiatni kuzatish jarayonida sinchkov kuzatuvlar va o‘lchov ishlarini olib boradilar, undan keyin esa hodisalarga tegishli farazlarni qabul qilish yoki rad etishga harakat qiladilar. Axborotlarni yig‘ish jarayoni to‘g‘ridan to‘g‘ri joylarda (joyda olingan axborot) yoki obyekt yoki maydondan ma'lum bir uzoq masofadan turib amalga oshirilishi mumkin.

1.5.1. Joyda olingan axborot (In situ data)

Axborot to‘plashning bir turi olim yoki ilmiy xodimning joyga borib hodisa haqida savol-javob qilishidan iborat. Aksincha, olim datchik yoki joyda o‘lchovchi asbobni tanlab o‘rganilayotgan maydonda o‘lchov ishlarini olib borishi ham mumkin. Datchiklar fizik miqdordagi farqni (bosim yoki yorug‘lik kabi) elektron signalga aylantirib beradigan yoki bunga teskari vazifani bajaradigan asbobdir va ular obyekt bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri fizik aloqada bo‘lgan holatda joylashtiriladi. Juda ko‘p turdagi datchiklar mavjud, masalan, ilmiy xodim termometrni havo, tuproq yoki suvning haroratini o‘lchash uchun; spektrometrni esa spektral qaytaruvchanlikni o‘lchash uchun; anemometrni shamol tezligini o‘lchash uchun; psixrometrni esa havoning namligini o‘lchash uchun ishlatishi mumkin. Datchiklarda yozib olinayotgan ma'lumotlar analogli signal bilan o‘lchanayotgan

obyektning intensivligi bilan bog‘liq bo‘lgan kuchlanishning o‘zgarishi (voltage variation) bo‘lishi mumkin. Juda ko‘p holatlarda bu analog signallar analogdan – raqamliga (analog – to – digital (A to D or A/D)) o‘tkazish jarayonlari yordamida raqamli qiymatlarga o‘tkaziladi.

Shuni tushunishimiz lozimki, biz obyekt bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqada bo‘lmaydigan asboblardan foydalanib **joyda olingan axborot**ni to‘plashimiz mumkin, lekin muhimi, bizdan axborot to‘plash uchun o‘rganilayotgan joyga borish talab qilinadi, masalan, obyekt yuzasidan qaytayotgan elektromagnit nurlanishning juda qisqa bo‘lgan to‘lqin uzunligini spektrometr yordamida **joyda olingan axborot**ni yig‘ish, bu holatda, biz asbobni obyektga tekkazmasdan ishlatamiz, lekin bu masofadan zondlash (Yerni kuzatish uchun) emas, chunki axborotlar o‘rganilayotgan joyga borib olinmoqda.

Shuni esda tutish kerakki, ilmiy xodim qay darajada ehtiyotkor bo‘lmasin va qay turdagi asbob ishlatilmasin, joyda ma’lumot yig‘ish jarayonida xatolik kelib chiqishi mumkin.

1.5.2. Masofadan zondlash axboroti

Obyekt yoki maydon bilan to‘g‘ridan to‘g‘ri aloqada bo‘lmagan maxsus asboblarni ishlatib, hamda o‘rganilayotgan maydonga bormasdan turib o‘sha obyekt yoki geografik maydon haqida ma’lumotlar to‘plash mumkin. To‘g‘ridan to‘g‘ri aloqa qilmasdan, fazo orqali ma’lumotlarni olish vositalari turli maqsadlarni amalga oshirish uchun ishlatilmoqda. Masofadan zondlashda ma’lumotlarni olish elektromagnit nurlanishdan foydalanib amalga oshirilmoqda. Elektromagnit nurlanish — bu yorug’lik tezligida harakatlanadigan elektr va magnit maydonidan tashkil topgan va kuzatib bo‘ladigan energiya turidir. Ushbu energiyani qayta ishlash uchun qabul qilish zondlash deb ataladi. Obyektdan qaytgan yoki ajralib chiqqan elektromagnit nurlanish masofadan zondlash ma’lumotlarining asosiy manbasi bo‘lishiga qaramasdan elektromagnit nurlanish o‘rniga boshqa turdagi kuch maydonlari ham ishlatilishi mumkin. Yer resurslarida tadbiq etish uchun

to‘plangan masofadan zondlash axborotlarining juda ko‘p qismi sensorlarda yozib olingan elektromagnit energiya natijasidir. Asosiy diqqatimizni sensorlar yordamida elektromagnit spektrning ko‘rinuvchi va qaytgan infraqizil segmentlarida yaratilgan suratlar va tasvirlarga qaratamiz, radar hamda termal sensorlardan olingan bir nechta tasvirlarni ko‘rib chiqamiz.

Masofadan ma’lumot to‘plash boshida aerofotoapparatlarning fotoplyonkalarini ishlatish orqali amalga oshirilgan. Hozirgi kunda esa, sun’iy yo‘ldoshlar Yerning (Yerning qoplanishi, yerdan foydalanish, relyef, harorat va boshqa) fizik va biofizik hususiyatlarini elektron sensorlar yordamida raqamli o‘lchashda asosiy asbob hisoblanadi.

1.5.3. Masofadan zondlash jarayoni

Masofadan zondlash jarayoni energiyani talab qiladi. Misol uchun, biz kompyuterning ekraniga qaraganimizda masofadan zondlash jarayonida faol ishtirok etamiz. Nurlanish manbai bo‘lgan yorug‘likning fizik miqdori ekrandan tarqatiladi. Nurlangan yorug‘lik sensor (ko‘zlar) bilan uchrashguncha va sensor (ko‘zlar)da ma’lumot olingunga qadar qandaydir masofani bosib o‘tadi. Ko‘z har bir axborotni yozib olib va qayta ishlab ma’lumotga aylantirish uchun protsessorga (miya) signal jo‘natadi. Insonning sezgi organlari to‘lqin yoki pulslar orqali obyektlardan uzatilgan ma’lumotlarni ajralib chiqqan yoki qaytgan, aktiv yoki passiv bo‘lgan turli signallarni qabul qilib, tashqi dunyo haqida deyarli to‘liq ma’lumot to‘playdi.

Shu hisobga olinishi kerakki, masofadan zondlangan energiya quyoshdan keladi, energiya quyoshning atom qismlaridan nurlanadi, keyin fazo bo‘shlig‘ida yorug‘lik tezligida tarqaladi, Yer atmosferasi bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi, undan keyin Yer yuzasi bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi, energiyaning ayrim qismi orqaga qaytadi, so‘ngra Yer atmosferasi bilan yana bir marta o‘zaro ta’sirga kirishadi va nihoyat sensorgacha yetib boradi, u Yerda optik tizimlar, filtrlar, fotoplyonkalar yoki detektorlar bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi.

1.1-rasm masofadan zondlash jarayonining boshidan oxirigacha bo‘lgan quyidagi eng asosiy 7 ta elementini tushunishda yordam beradi.

Energiya manbaidan nurlanishi. Masofadan zondlashning birinchi talabi tadqiq qilinayotgan obyektga elektromagnit energiyani yuborish uchun energiya manbaining mavjudligi.

Energiyaning atmosfera bilan o‘zaro ta’sirga kirishishi. Energiya o‘z manbaidan chiqib obyektga tomon borayotganida atmosfera bilan aloqaga yoki o‘zaro ta’sirga kirishadi. Agarda energiya manbai Quyosh bo‘lsa, energiya birinchi o‘rinda bo‘shliqdan o‘tadi, lekin bu yerda energiya hech qanday ta’sirga uchramaydi.

Obyekt bilan o‘zaro ta’sirga kirishishi. Energiya atmosferadan o‘tib obyektga tomon borayotganida, obyektning va nurlanishning xususiyatlariga bog‘liq bo‘lgan holda obyekt bilan o‘zaro ta’sirga kirishadi. Ta’sirga uchragan energiyaning bir qismi obyektdan aks etadi yoki ajralib chiqadi.

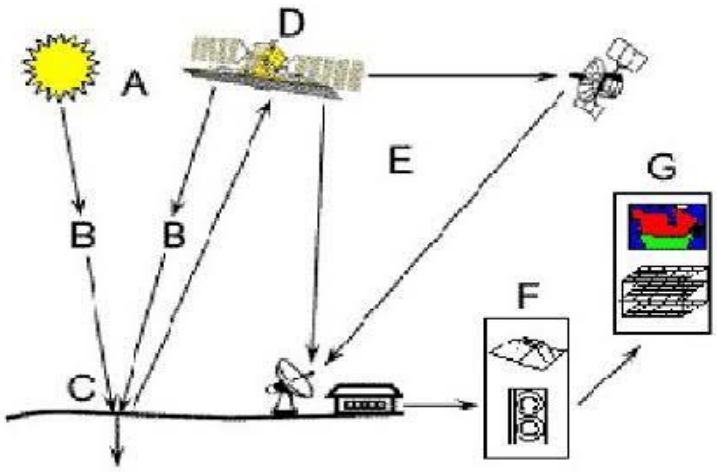
Yer atmosferasi bilan yana bir marta o‘zaro ta’sirga kirishishi. Obyektdan qaytgan yoki ajralib chiqqan energiya sensor yoki tasvirga olish qurilmasiga tomon harakatlanayotganda Yer atmosferasi bilan yana bir marta o‘zaro ta’sirga kirishadi.

Sensorning energiyani yozib olishi. Energiya obyektdan qaytgandan yoki ajralib chiqqandan so‘ng bizga elektromagnit nurlanishni yozib olish uchun sensor kerak bo‘ladi.

Uzatish, qabul qilish va qayta ishlash. Sensorda yozib olingan energiya yerda joylashgan qabul qiluvchi va qayta ishlovchi stantsiyaga elektron shaklda uzatilishi lozim, u yerda qabul qilingan axborot qayta ishlanadi va tasvir holatiga keltiriladi.

Interpretatsiya va tahlil qilish. Qayta ishlangan tasvir obyekt to‘g‘risida ma’lumot olish uchun vizual yoki raqamli (elektron) interpretatsiya qilinadi.

Tadbiq etish. Nihoyat, tasvirdan ajratib olingan obyekt haqidagi axborotdan yangi ma'lumot olamiz yoki ma'lum bir muammoni hal etishda foydalanamiz.



1.1-rasm. Masofadan zondlash jarayoni (Manba: 7 adabiyot):

A – Energiya manbaidan nurlanish;

B –Energiyaning atmosfera bilan o'zaro ta'sirga kirishishi;

C – Obyekt bilan o'zaro ta'sirga kirishishi;

D – Sensorning energiyani yozib olishi;

E – Uzatish, qabul qilish va qayta ishlash;

F – Interpretatsiya va tahlil qilish;

G – Tadbiq etish.

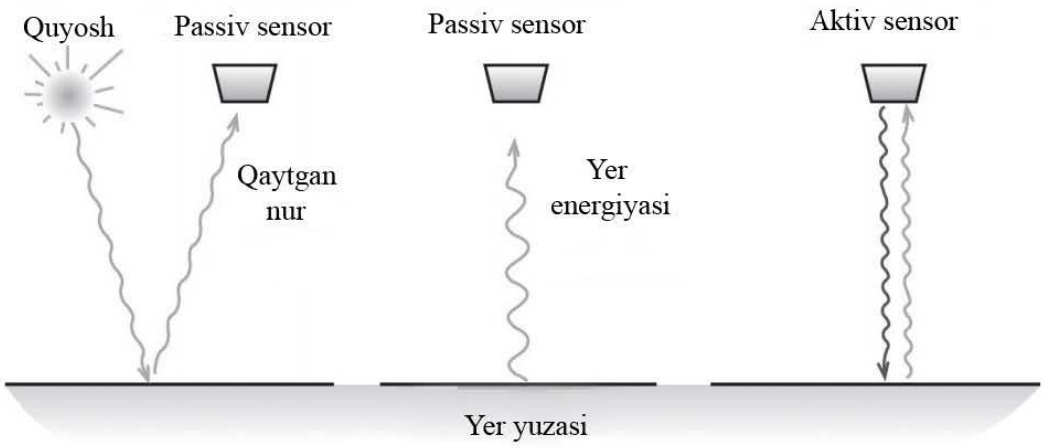
Eslatma: Samolyot orqali masofadan zondlash amalga oshirilayotganda uzatish va qabul qilish talab etilmaydi, chunki samolyot qaytib yana yerga qo'nadi, lekin tushunarli tasvir hosil qilish uchun qayta ishlash amalga oshiriladi.

Nazorat savollari

1. Masofadan zondlash tushunchasini ayting.
2. Masofadan zondlash jarayoniga oddiy hayotiy ta'rif bering.
3. Masofadan zondlash obyektdan qanday masofalarda sodir bo'lishi mumkin?
4. Masofadan zondlashga ta'rif bering.
5. Masofadan zondlashning ilmiy jarayoni haqida aytib bering.
6. Joyda olingan axborot nima?
7. Datchikning vazifasini tushuntiring.
8. Sensor yordamida yerdagi obyektlarning qanday xususiyatlari o'lchanadi?
9. Masofadan zondlash jarayonini tushuntiring.
10. Masofadan zondlashning birinchi talabi nima?
11. Masofadan zondlash jarayonining boshidan oxirigacha qamrab olgan yettita elementni tushuntiring.
12. Energiyaning obyekt bilan o'zaro ta'sirini tushuntiring.
13. Energiyaning atmosfera bilan o'zaro ta'sirini tushuntiring.
14. Sensorning energiyani yozib olish jarayonini tushuntiring.
15. Uzatish, qabul qilish va qayta ishlash jarayonlarini tushuntiring.
16. Masofadan zondlashning rivojlanishi haqida tushuncha bering.

2- bob. Elektromagnit nurlanish va boshqa qonunlarning ahamiyati

Masofadan zondlash elektromagnit energiyani o‘lchashga asoslangan. Elektromagnit energiyaning bir nechta shakllari mavjud. Yer yuzasining eng asosiy elektromagnit energiya manbai hisoblangan Quyosh bizga ko‘rinuvchi yorug‘lik, issiqlik va inson terisi uchun zarar yetkazishi mumkin bo‘lgan ultrabinafsha nurlari bilan ta’minlaydi.



2.1-rasm. Masofadan zondlashda sensor qaytgan yoki taralgan energiyani o‘lchaydi (Manba: 6 adabiyot).

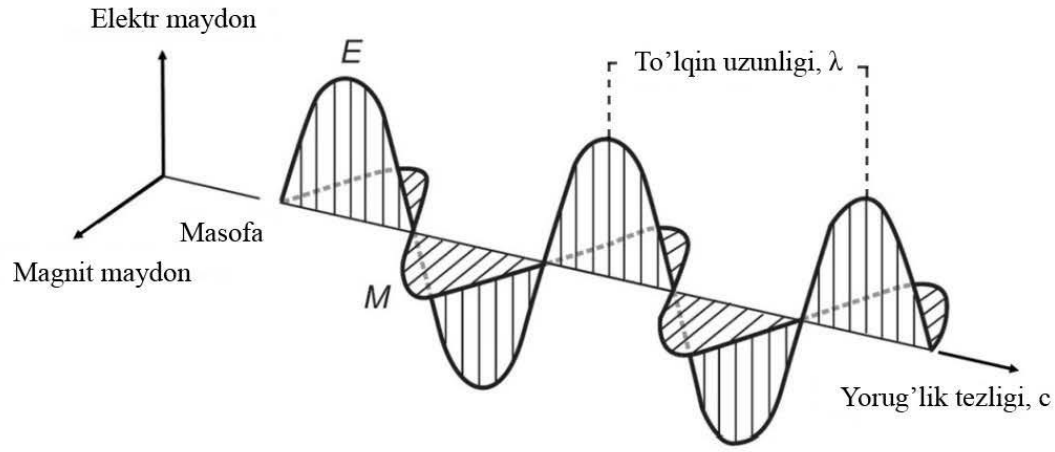
Masofadan zondlashda ishlatiladigan juda ko‘p sensorlar qaytgan quyosh nurini o‘lchaydi. Shuningdek ayrim sensorlar Yer yuzasidan taralayotgan energiyani tutadi yoki o‘zi energiya bilan ta’minlaydi. Elektromagnit energiya, uning xarakteristikasi va o‘zaro ta’sirga kirishishining asosini tushinish, masofadan zondlash tamoyillarini anglashni talab qiladi. Bu bilimlar esa masofadan zondlash axborotlarini to‘g‘ri qayta ishlashda ham kerak bo‘ladi.

Ushbu bobning 2.2-mavzusida elektromagnit energiyasi, uning manbai va elektromagnit spektrning turli qismlariga tushuncha beriladi. Sensor va Yer yuzasi orasidagi atmosfera Yerdan sensorga tomon harakatlanayotgan energiyaga ta’sir ko‘rsatadi. Elektromagnit to‘lqinlarga atmosferaning ta’siri 2.3-mavzuda va Yer yuzasidagi ta’sir esa 2.4-mavzuda yoritilgan.

2.1.Elektromagnit energiya

2.1.1. To‘lqinlar va fotonlar

Elektromagnit energiya ikki yo‘l bilan to‘lqinlar yoki fotonlar deb nomlanuvchi energiya hosil qiluvchi zarrachalar bilan modellashtirilishi mumkin. To‘lqin modelida elektromagnit energiyaning sinusoid shaklida fazo bo‘ylab tarqalishi hisobga olinadi. Bu to‘lqinlar bir biriga perpendikulyar bo‘lgan elektr (E) va magnit (*M*) maydonlari bilan xarakterlanadi. Shuning uchun *elektromagnit energiya* termini ishlatiladi. Ikki maydonning tebranishi to‘lqinning harakatlanish yo‘nalishiga perpendikulyar (2.2-rasm). Bu ikki maydon 299,790,000 m/s yorug‘lik tezligida fazo orqali tarqaladi, bu tezlik (3 X 10^8)m/s ga yaxlitlanishi mumkin.



2.2-rasm. Elektromagnit to‘lqinning elektr (*E*)va magnit (*M*) maydoni (Manba: 6 adabiyot).

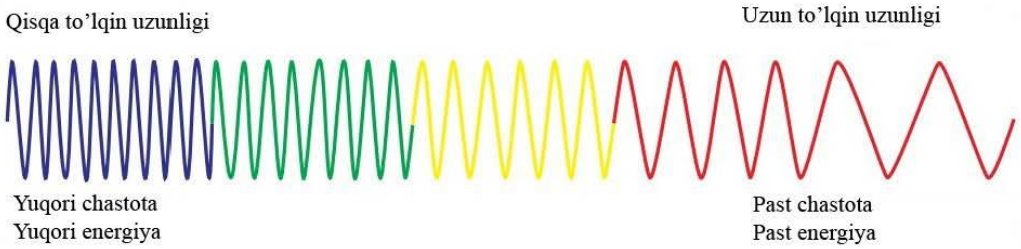
Elektromagnit to‘lqinlarning bir xususiyati masofadan zondlashni tushunishda alohida o‘rin egallaydi. Bu to‘lqin uzunligiλ, ikki to‘lqin cho‘qqisi orasidagi masofa sifatida aniqlangan (2.2-rasm). To‘lqin uzunligi metrda yoki metrning ulushlari bo‘lgan nanometr (nm, 10^{-9} m) yoki mikrometr (μm, 10^{-6} m) lar yordamida o‘lchanadi.

Chastota υ ma'lum bir vaqt ichida belgilangan nuqtadan o'tayotgan to'lqinning sikllar sonidir. Chastota gersda (Hz)o'lchanadi, bunda har sekundga bir sikl ekvivalent. Agar yorug'lik tezligi konstanta bo'lsa to'lqin uzunligi va chastota bir birigiga teskari proporsional bo'ladi.

$$s = \lambda \times \upsilon \qquad (2.1)$$

Ushbu tenglamada *s* yorug'lik tezligi, (3×10^8 m/s), λ to'lqin uzunligi (m), υchastota (har sekunddagi sikllar soni, Hz).

To'lqin uzunligi qisqa bo'lsa chastota yuqori bo'ladi yoki teskarisi, to'lqin uzunligi uzun bo'lsa, chastota past bo'ladi (2.3-rasm).



2.3-rasm. To'lqin uzunligi, chastota va energiyaning bog'liqligi (Manba: 6 adabiyot).

Elektromagnit energiyaning juda ko'p xususiyatlari yuqorida ko'rsatilgan "to'lqin" modeli orqali tasvirlanishi mumkin. Shuningdek, ayrim maqsadlarda elektromagnit energiya zarralar nazariyasi yordamida modellashtiriladi, elektromagnit energiya "fotonlar" deb atalgan diskret birliklardan tashkil topgan. Ushbu qarash ko'pspektrli sensor yordamida o'lchangan energiya miqdorini aniqlashda qabul qilingan. Ma'lum to'lqin uzunligining fotoni saqlab qoladigan energiya miqdori quyidagi formula orqali ifodalanadi.

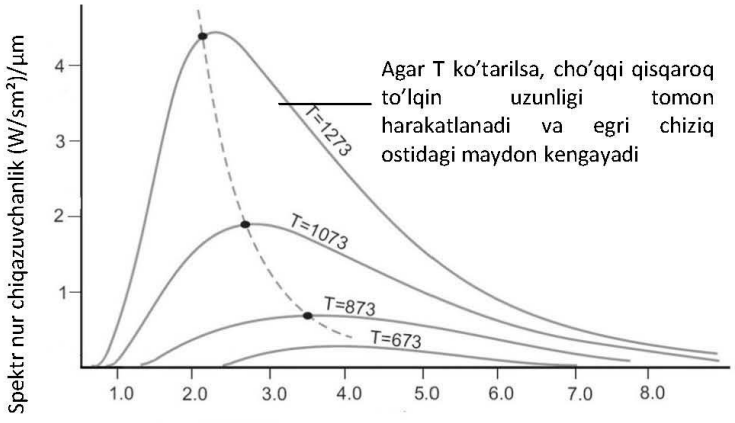
$$Q = h \times \upsilon = h \times \frac{c}{\gamma} \qquad (2.2)$$

Bunda, Q– foton energiyasi (J), h– Plank doimiysi (6.6262×10^{-34} Js) va υchastota (Hz). (2.2) tenglikdan ko‘rinib turibdiki, to‘lqin uzunligi qanchalik uzun bo‘lsa, energiya miqdori shunchalik kam bo‘ladi. Gamma nurlari (10^{-9}m atrofida) eng ko‘p energiyaga ega va radio to‘lqinlar (10^{8}) eng kam energiyaga ega. Masofadan zondlash uchun ahamiyatlisi shundaki, to‘lqin uzunligi uzun bo‘lgan energiyani o‘lchash to‘lqin uzunligi qisqa bo‘lgan energiyaga nisbatan ancha qiyin kechadi.

2.1.2. Elektromagnit energiya manbai

Harorat noldan yuqori bo‘lganda molekulalarning harakati tufayli elektromagnit energiya hosil bo‘ladi. Bunda quyosh va Yer to‘lqin shaklidagi energiyani tarqatadi. Elektromagnit energiyani butunlay yutadigan va qayta nurlaydigan obyekt**absolyutqora jism** deb ataladi**.** Absolyut qora jismuchun nurlanuvchanlik σ va yutuvchanlik α (maksimum qiymati) 1 ga teng.

Obyektdan nurlanayotgan energiya miqdori uning absolyut harorati, nurlanuvchanligi va to‘lqin funksiyasiga bog‘liq. Fizikada bu tamoyil Stefan – Botsman qonuni bilan aniqlangan. Absolyut qora jismdavomiy to‘lqinlarni nurlantiradi. Turli xil haroratda absolyut qora jism tomonidan nurlatilgan nur 2.4-rasmda ko‘rsatilgan.



2.4-rasm. Stefan – Boltsman qonuniga asoslangan absolyut qora jism nurlanish egri chizig‘i (K haroratda), (Manba: 6 adabiyot).

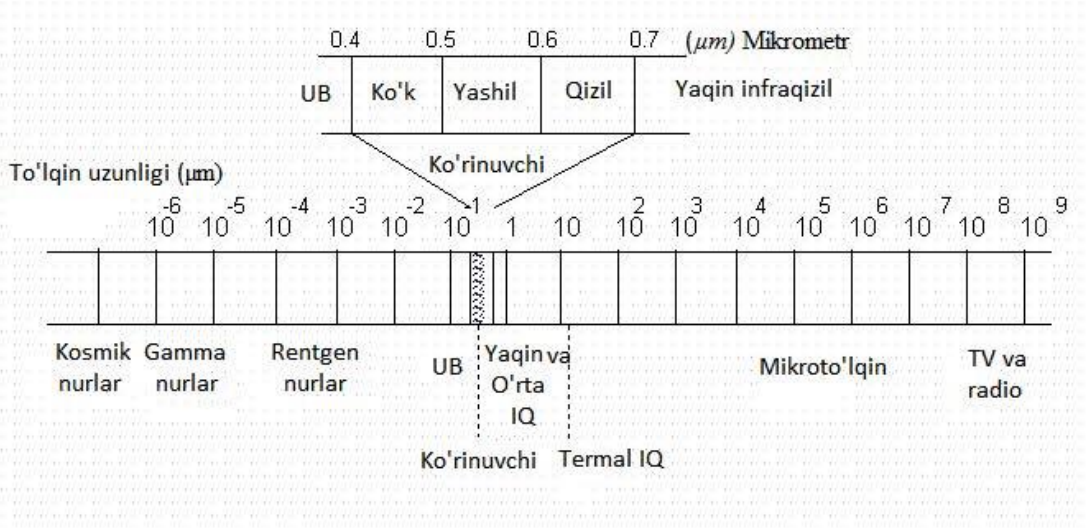
Rasmdagi birliklarni eslatib o‘tamiz:*x*o‘qi – to‘lqin uzunligi, *y*o‘qi – har bir birlik maydondagi energiya miqdori. Shuning uchun egri chiziq ostidagi maydon ma’lum haroratda nurlangan umumiy energiya miqdorini anglatadi. 2.4-rasmdan yuqori harorat ko‘proq qisqa to‘lqin uzunliklarning hosil bo‘lishiga asos bo‘ladi degan xulosaga kelish mumkin. 400°C li yuqori nurlanish 4 μm,1000°C li yuqori nurlanish esa 2.5 μm ga teng bo‘ladi. Haqiqiy materialning nur chiqazuvchanligi bilan absolyut qora jismni taqqoslanishi materialning nurlanuvchanligini bildiradi. Hayotda absolyut qora jismlar juda kam uchraydi; deyarli barcha tabiiy obyektlarning nurlanuvchanligi 1 dan kichik. Odatda qabul qilingan energiyaning 80–98 foizi qayta nurlanadi, natijada energiyaning qolgan qismi yutiladi. Bu fizik xususiyat global isish jarayonini modellashtirish bilan bog‘liq.

2.1.3. Elektromagnit spektr

Ma’lum haroratga ega bo‘lgan hamma narsa o‘zidan turli to‘lqin uzunligiga ega bo‘lgan elektromagnit to‘lqinlarni nurlantiradi. To‘lqin uzunligining umumiy oralig‘i e*lektromagnit spektr* deb yuritiladi (2.5-rasm). U gamma nurlaridan boshlab radio to‘lqinlargacha davom etadi.

Masofadan zondlash elektromagnit spektrning bir nechta qismlarida amalga oshadi. *Elektromagnit spektrning optik qismi* ana shu qismga optik qonunlar qo‘llanilishi mumkinligini anglatadi. Bu nurlar fokuslashda ishlatilishi mumkin bo‘lgan nurning qaytishi va sinishi kabi hodisalarga bog‘liq. Optik oraliq rentgen nurlari (0,02 μm) dan boshlab elektromagnit spektrning ko‘rinuvchi qismini qamrab, uzoq infraqizil (1000 μm) gacha davom etadi. Spektrning ultrabinafsha qismi masofadan zondlash amaliyotida qo‘llaniladigan eng qisqa to‘lqin uzunligiga ega. Bu nurlanish ko‘rinuvchi to‘lqin uzunligining binafsha qismidan keyin joylashgan. Yer yuzasidagi bir nechta obyektlar xususan qoya va minerallar ultrabinafsha nurlari bilan yoritilganda ko‘rinuvchan yorug‘likni tarqatadi yoki fluoressentsiyalanadi. Mikroto‘lqinli oraliq 1 mm dan 1 m gacha to‘lqin uzunligini o‘z ichiga oladi.

Spektrning ko‘rinuvchan qismi (2.5-rasm) odatda “yorug‘lik” deb ataladi. Ko‘rinuvchanqism butun elektromagnit spektrning juda kichik qismini egallagan.



2.5-rasm. Elektromagnit spektr (Manba: 6 adabiyot).

Atrofimizda bizning ko‘zimizga ko‘rinmaydigan juda ko‘plab nurlar mavjud, ular masofadan zondlash asboblarida ko‘rinishi mumkin. Ko‘rinuvchi to‘lqin uzunligi taxminan 0,4 μm dan 0,7μm gacha oraliqni egallaydi. Eng uzun ko‘rinuvchi to‘lqin uzunligi qizil va eng qisqasi binafsha hisoblanadi. Biz ko‘rinuvchi spektr oralig‘ining aniq rangi sifatida qabul qiladigan to‘lqin uzunliklar quyidagilar (shuni eslatib o‘tish kerakki, spektrning ko‘rinuvchi qismi ranglar tushunchasi bilan bog‘liq bo‘lgan yagona qism):

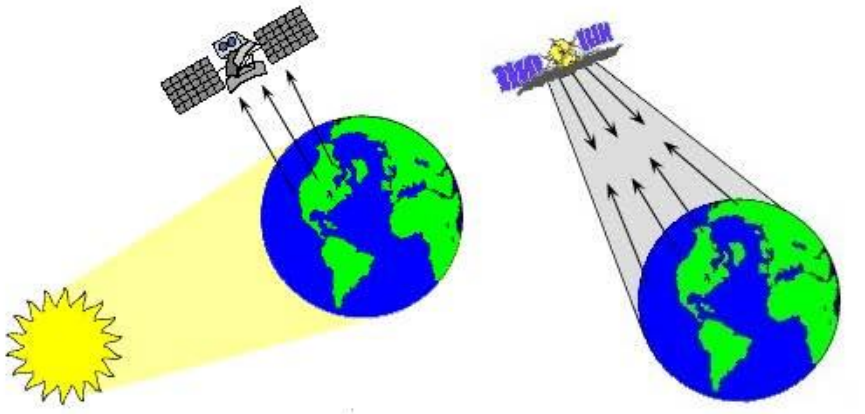
Binafsha	:0.4 – 0.446 μm
Ko‘k	:0.446 – 0.500 μm
Havorang	
Yashil	:0.500 – 0.578 μm
Sariq	:0.578 – 0.592 μm
Zarg‘aldoq (apelsin)	:0.592 – 0.620 μm
Qizil	:0.620 – 0.7 μm

Biroq, ko‘k, yashil va qizil ranglar ko‘rinuvchi spektrning asosiy ranglari yoki to‘lqin uzunliklaridir. Bular shunday aniqlanganki, biror bir asosiy rangni boshqa ikkala rangdan yaratib bo‘lmaydi, lekin mana shu ko‘k, yashil va qizil ranglarni turli miqdorini aralashtirib boshqa har qanday rangni yaratish mumkin.

Termal infraqizil va mikroto‘lqinli regionlarda masofadan zondlash uchun uzunroq to‘lqin ishlatiladi. Termal infraqizil yuzaning harorati to‘g‘risida ma’lumot beradi. Yuzaning harorati toshlarning mineral tarkibi yoki vegetatsiya (o‘simlik dunyosi) sharoitlariga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Mikroto‘lqinlar yuzaning dag‘alligi va yuza tarkibidagi suv miqdori kabi xususiyatlar haqida ma’lumot bilan ta’minlaydi.

2.1.4. Aktiv va passiv masofadan zondlash

Quyosh masofadan zondlash uchun juda qulay bo‘lgan energiya manbai bilan ta’minlaydi. Quyosh energiyasi qaytariladi (ko‘rinuvchi to‘lqin uzunliklari uchun), yoki yutiladi va keyin yana qayta tarqatiladi (termal infraqizil to‘lqin uzunliklari uchun). Tabiiy sharoitda mavjud bo‘lgan energiyani o‘lchaydigan masofadan zondlash tizimiga **passiv sensorlar** deb ataladi (2.6-rasm). Passiv sensorlar faqatgina tabiiy sharoitda mavjud bo‘lgan energiyani o‘lchashda ishlatilishi mumkin. Qaytgan energiya faqat Quyosh Yerga yorug‘lik berayotgan paytda paydo bo‘ladi va tunda Quyoshdan qaytgan energiya mavjud bo‘lmaydi. Tabiiy nurlanadigan energiya (termal infraqizil kabi) kechayu - kunduz ishlatilishi mumkin, Yerdan chiqadigan issiqlik bunga misol bo‘ladi.



2.6-rasm. Passiv masofadan zondlash.**2.7-rasm.** Aktiv masofadan zondlash (Manba: 7 adabiyot).

Aktiv sensorlar bo‘lsa, yoritish uchun o‘zlari energiya manbai bilan ta’minlaydi. Bunda sensor o‘rganilayotgan obyektga tomon yo‘naltirilgan nurni yuboradi va obyektdan qaytgan nurlanishni tutadi va o‘lchaydi (2.7-rasm). Aktiv sensorlarning ustunligi shundaki, ular har qanday vaqt, kun yoki faslda o‘lchov ishlarini olib bora oladi. Shuningdek, aktiv sensorlar obyektni yetarlicha yoritish uchun katta miqdordagi energiya miqdorini ishlab chiqarishni talab qiladi. Aktiv sensorlarga misol tariqasida lazer yoki radar sensorlarni keltirish mumkin.

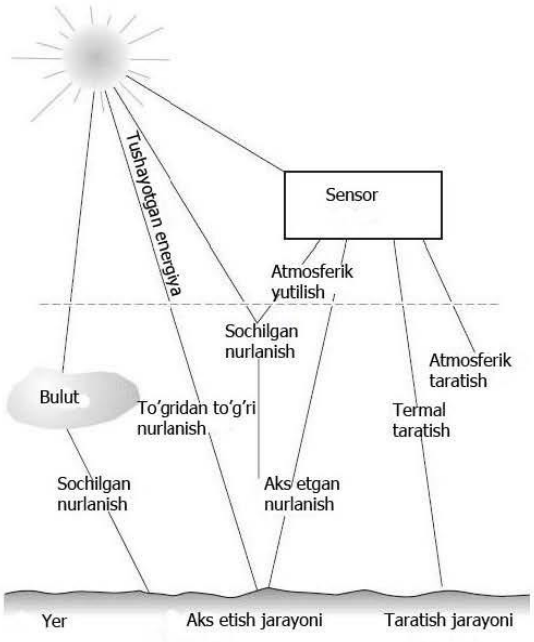
Fotoapparat passiv va aktiv sensorga misol bo‘la oladi. Quyoshli kunda quyosh obyektni yetarlicha yoritadi va obyektdan fotoapparatning linzasiga yorug‘lik qaytadi, fotoapparat yetib kelgan nurlanishni osongina yozib oladi (passiv ko‘rinishi). Bulutli kunda yoki xona ichida fotoapparatga obyektni yetarlicha yozib olishi uchun yorug‘lik yetishmaydi. Shuning uchun, qaytgan nurni yozib olishda fotoapparat o‘zining energiya manbai bo‘lgan fotoapparat yoritgichini ishlatadi (aktiv ko‘rinishi).

Harakatlanayotgan avtomobilning tezligini o‘lchash uchun politsiya radardan foydalanadi, bu aktiv masofadan zondlash. Radar qurilmasi avtomobilga tomon qaratiladi, nurlanish impulslari chiqaziladi va avtomobildan qaytgan nurlanish tutiladi hamda vaqt belgilanadi. Takror chiqazilgan va qabul qilingan impulslar vaqtining farqini hisoblash orqali avtomobilning tezligi aniqlanadi. Bu juda aniq

hisoblanadi chunki nurlanish tezligi barcha turdagi avtomobillar tezligidan ancha yuqori.

2.2. Atmosferada energiyaga ta'sirlar

Masofadan zondlashda ishlatiladigan nurlanish Yer yuzasiga yetmasdan oldin Yer atmosferasini kesib o'tadi. Atmosferadagi gazlar va zarralar Yerga kelayotgan nurlanish yoki yorug'likka o'z ta'sirini o'tkazadi. Bu ta'sir yutilish, uzatilish va sochilish sababli sodir bo'ladi (2.8-rasm).



2.8-rasm. Atmosferada va Yerda energiyaga ta'sirlar (Manba: 6 adabiyot).

2.2.1. Atmosferada sochilish

Sochilish atmosferadagi mavjud zarralar yoki yirik gaz molekulalarining elektromagnit energiya bilan o'zaro ta'siri tufayli energiyaning harakatlanish yo'nalishini o'zgarishidan sodir bo'ladi. Energiyaning sochilish darajasi nurlanishning to'lqin uzunligi, zarra yoki gaz molekulalarining miqdori va nurning

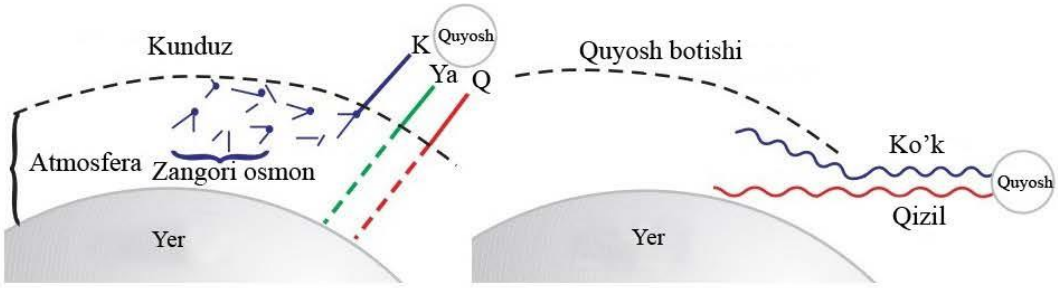
atmosferani kesib o‘tish masofasi kabi bir nechta omillarga bog‘liq. Nurlanishning uch xil sochilish turi mavjud:

Reley sochilishi zarralar nurlanishning to‘lqin uzunligidan ancha kichik bo‘lgan holatda sodir bo‘ladi. Bular mayda zarralar, changlar yoki azot va kislorod molekulalari bo‘lishi mumkin. Reley sochilishi energiyaning qisqa to‘lqin uzunligida uzun to‘lqin uzunligiga nisbatan ko‘proq yuz beradi (2.9-rasm).



2.9-rasm. Zarralar to‘lqin uzunligidan kichikroq bo‘lganda Reley sochilishi (Manba: 6 adabiyot).

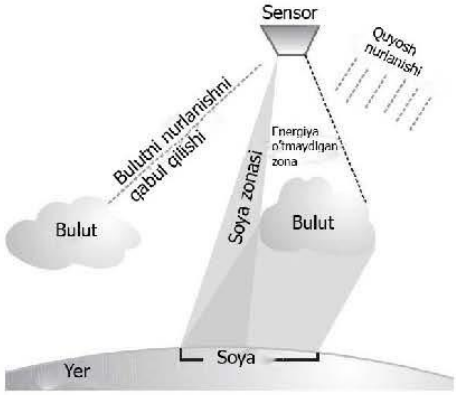
Reley sochilishi yuqori atmosferada sodir bo‘ladigan asosiy sochilish mexanizmidir. Mana shu hodisa tufayli osmon ko‘k (zangori) rangda ko‘rinadi. Quyosh nuri atmosferadan o‘tayotganida ko‘rinuvchi spektrning qisqa to‘lqin uzunliklari (masalan, ko‘k) spektrning uzun to‘lqin uzunligiga nisbatan ko‘proq sochiladi, ya’ni ko‘k rang ko‘proq sochiladi va bizga osmon ko‘k bo‘lib ko‘rinadi. Quyoshning ko‘tarilishi va botishida yorug‘lik atmosferada kunning o‘rtasiga qaraganda uzoqroq masofani bosib o‘tadi va bu oraliqda qisqa to‘lqin uzunliklari sochilib bo‘lib, uzun to‘lqin uzunliklarining ko‘proq miqdori atmosferani qoplaydi. Buning natijasida osmon qizil yoki zarq‘aldoq rangli bo‘lib ko‘rinadi (2.10-rasm).



2.10-rasm. Releу sochilishi natijasida osmon kunduz kuni ko‘k va quyosh botishida qizil rangda ko‘rinadi (Manba: 6 adabiyot).

Sun’iy yo‘ldosh orqali masofadan zondlashda Releу sochilishi juda muhim sochilish turi hisoblanadi. Bu, yerda olingan hisoblar bilan taqqoslanganda qaytgan nurning spektral xususiyatlarini o‘zgarishiga sabab bo‘ladi: Releу sochilishida qisqaroq to‘lqin uzunliklari yuqoriroq baholanadi.

Mi-sochilish zarralarning o‘lchami nurlanish to‘lqin uzunligining o‘lchami bilan teng bo‘lgan holatda sodir bo‘ladi. Chang, tutun, suv bug‘lari uzun to‘lqin uzunliklariga ta’sir o‘tkazadi va Mi-sochilishga sababchi bo‘ladi. Mi-sochilishi kattaroq zarralar ko‘p bo‘lgan atmosferaning pastki qismida va ko‘pincha osmon bulutli bo‘lganda sodir bo‘ladi. Mi-sochilishi yaqin ultrabinafshadan yaqin infraqizilgacha bo‘lgan spektrning barcha qismlariga ta’sir qiladi.



2.11-rasm. Optik masofadan zondlashda bulutning bevosita va bilvosita ta’siri (Manba: 6 adabiyot) .

Sochilishning oxirgi va muhim mexanizmi ***tanlanmagan sochilish*** deb ataladi. Bu sochilish zarralar o‘lchami nurlanish to‘lqin uzunligidan ancha katta bo‘lganda sodir bo‘ladi. Suv tomchilari va yirik chang zarralari bu turdagi sochilishga sabab bo‘ladi. Tanlanmagan sochilish deb atalishining sababi, bunda barcha to‘lqin uzunliklari tenglikda sochiladi. Ushbu turdagi sochilish tuman va bulutlarni oq bo‘lib ko‘rinishiga sabab bo‘ladi, chunki ko‘k, yashil va qizil yorug‘liklar deyarli teng miqdorda sochiladi. (ko‘k + yashil + qizil yorug‘lik = oq yorug‘lik)

2.2.2. Yutilish va uzatilish

Atmosferadan o‘tayotgan energiya turli xil molekulalar tomonidan qisman yutiladi. Quyosh nurini asosiy yutuvchilari ozon (C_3), suv tomchilari (H_2O)va karbonad kislota (CO_2).

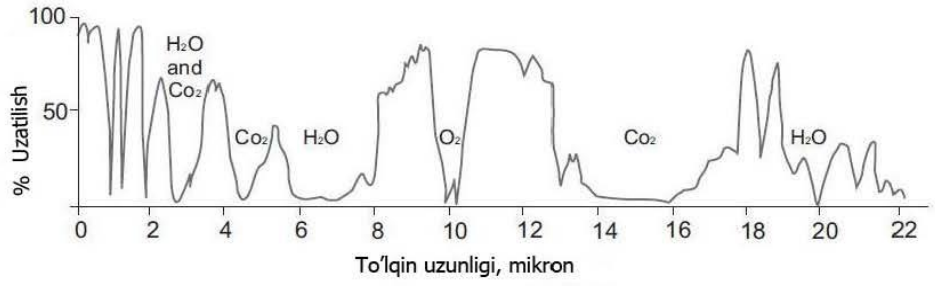
2.12-rasmda 0–22 μm to‘lqin uzunligida atmosferadan o‘tishning sxematik tasviri keltirilgan. Rasmdan 0–22 μm regiondagi spektrning deyarli yarmi Yer yuzasini masofadan zondlashga foydasiz ekanligi ko‘rinib turibdi, chunki energiyaning yarmi atmosferani kesib o‘ta olmaydi. Faqat atmosferadagi asosiy yutuvchi molekulalar diapazoniga kirmaydigan to‘lqin uzunliklari regioni masofadan zondlashga ishlatilishi mumkin. Bu region *atmosfera uzatilish oynasi* deb ataladiva quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- 0,4–2 μm orasidagi ko‘rinuvchi va qaytgan infraqizil region oynasi. Bu oynada optik masofadan zondlash faoliyat yuritadi.

- Termal infraqizil regiondagi uchta oyna, ikkita 3 va 5 μm oraliqdagi qisqa oynalar va uchinchisi 8 dan 14 μm gacha davom etadigan nisbatan kengroq oyna.

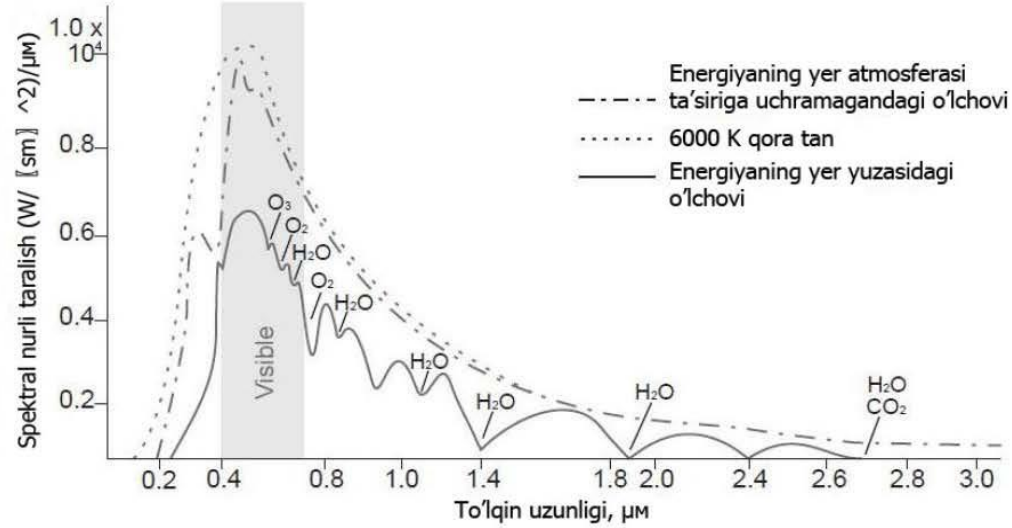
Atmosfera namligi sababli uzunroq to‘lqin uzunliklarida kuchliroq yutilish diapazonlari hosil bo‘ladi. 22 μm dan 1 mm gacha bo‘lgan regionda uzatilish sodir

bo‘lishi qiyin kechadi. 1 mm dan yuqorida joylashgan taxminan ochiq region mikroto‘lqinli region sanaladi.



2.12-rasm. Atmosferik uzatilish foizlarda keltirilgan (Manba: 6 adabiyot).

Yer atmosferasi ta’siri bo‘lgan va bo‘lmagan holatlarida quyoshli spektrning kuzatilganligi 2.13-rasmda ko‘rsatilgan. Birinchi bo‘lib, quyoshning nurlanish egri chizig‘iga e’tibor qarating (Yer atmosferasi ta’siriga uchramagan holati), 6000 K da absolyut qora jism egri chizig‘ini eslatadi. Ikkinchi, bu egri chiziqni Yer yuzasida o‘lchangan nurlanish egri chizig‘i bilan taqqoslang. Egri chiziqdagi tushish va ko‘tarilish (botiq)lar atmosferadagi turli gazlarning energiyani yutganligini bildiradi.

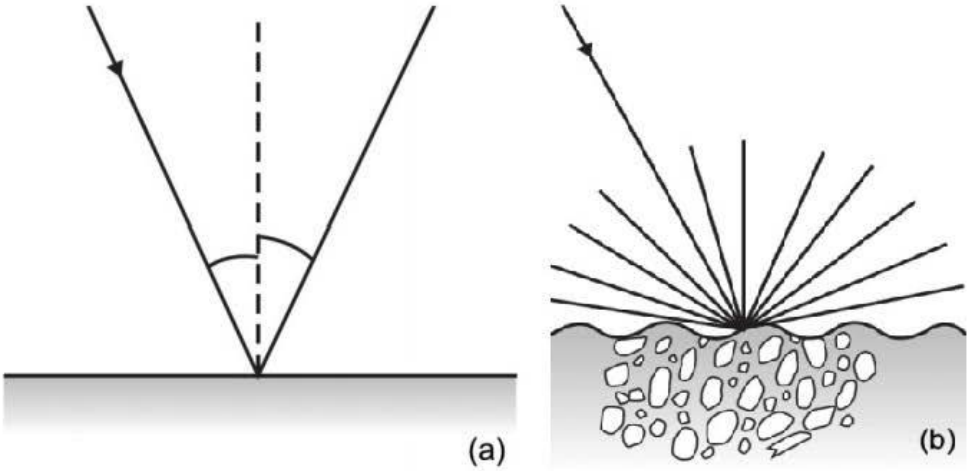


2.13-rasm. Quyoshning elektromagnit spektrni Yer atmosferasi ta’siri bo‘lgan va bo‘lmagan holatlaridagi kuzatishlar (Manba 6 adabiyot).

2.3. Yer yuzasida energiyaga ta'sirlar

Masofadan zondlashni yer va suvga qo'llashda biz ko'proq qaytgan nurlanish bilan qiziqamiz, sababi qaytgan nurlanish yuza xususiyatlari haqida ma'lumot beradi. *Qaytish* nurlanish obyektga kelib urilib boshqa tomonga yo'nalganda sodir bo'ladi. Nurlanish obyekt tomonidan yutilganda *yutilish* sodir bo'ladi. Nurlanish obyektni kesib o'tsa,*uzatilish* sodir bo'ladi. Ikki turdagi qaytish energiyaning obyektdan qaytishining ikki yo'lini tasvirlaydi, bular ko'zguli va tarqoq qaytish (2.14-rasm). Odatda bizga ikkala turning birikmasi uchraydi.

• Ko'zguli qaytish yoki oyna kabi qaytish, yuza tekis bo'lganda va deyarli barcha energiya yuzadan bir xil tomonga yo'naltirilganda sodir bo'ladi. Ko'zguli qaytish masalan, suv yuzasida, yoki shishali uyning tomida sodir bo'ladi, buning natijasida tasvirda yaltiragan dog'paydo bo'ladi.



2.14-rasm. (a) ko'zguli va (b) tarqoq qaytishning sxematik diagrammasi (Manba: 6 adabiyot).

Tarqoq qaytish yuza notekis bo'lganda va energiya barcha tomonlarga deyarli bir xil qaytganda sodir bo'ladi. Obyektdan ko'zguli, tarqoq yoki birgalikda qaytish obyekt yuzasi notekisligining kelayotgan nurlanish to'lqin uzunligiga bog'liq.

2.3.1.Spektrli qaytish egri chiziqlari

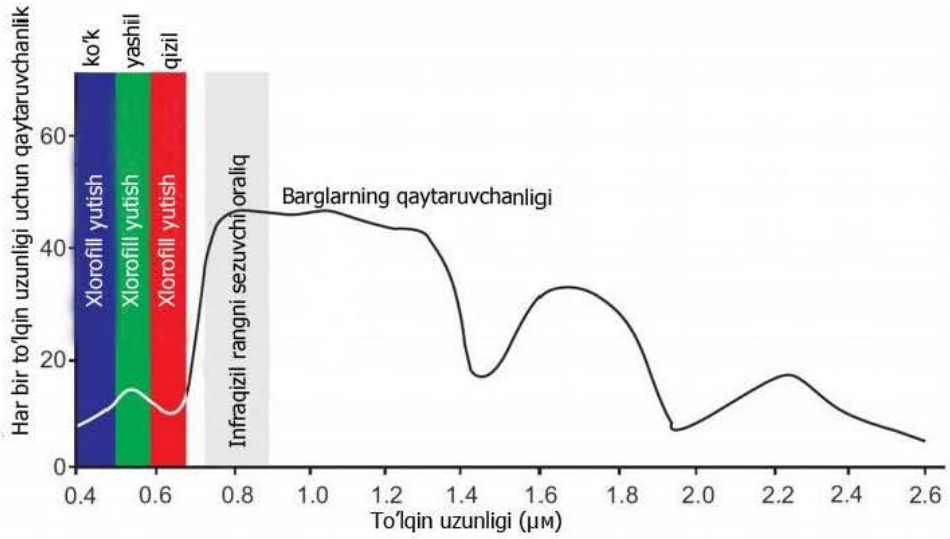
Ma'lum bir materialdan tashkil topgan yuzani misol qilib olamiz. Yuzaga yetib kelgan energiya *nurlanganlik* deb ataladi. Yuzadan qaytgan energiya *nur taratish* deb ataladi. Nurlanganlik va nur taratish $\frac{W}{m^2}$ bilan ifodalanadi.

Har bir material uchun alohida qaytish egri chiziqlarini yaratish mumkin. Bu egri chiziqlar to'lqin uzunliklari vazifasida qaytayotgan nurlanish qismlarini ko'rsatadi. Bunday egri chiziqlardan har bir to'lqin uzunliklari (masalan, 400 nm, 401 nm, 402 nm, ... to'lqin uzunliklarida) uchun qaytish darajasini aniqlash mumkin. Aksariyat masofadan zondlash sensorlari kattaroq to'lqin uzunliklariga sezuvchan bo'ladi, masalan 400–480 nm va egri chiziqlar bu oraliqlardagi umumiy qaytishni baholash uchun ishlatilishi mumkin. Qaytish egri chiziqlari elektromagnit spektrning optik qismi uchun yaratilgan (2,5 nm gacha). Bugungi kunda *spektr kutubxonasi*da turli egri chiziqlar kolleksiyasini yig'ish uchun katta loyihalar amalga oshirilmoqda.

Qaytishni o'lchash laboratoriya xonalarida yoki dalada dala spektrometrini ishlatib amalga oshirilishi mumkin. Quyidagi bo'limlarda yer qoplami asosiy turlarining qaytish xususiyatlari muhokama qilingan.

Vegetatsiya

O'simliklarning qaytarish xususiyatlari barglarning tuzilishi, yo'nalishi va barglar bilan qoplanganlikka bog'liq. Qaytgan nurlanishni spektrning turli qismlari bo'ylab taqsimlanishi barglar pigmentatsiyasi, qalinligi, tarkibi (to'qimalarining tuzilishi) va barglar tarkibidagi suv miqdori bilan bog'liq. 2.15-rasmda sog'lom o'simlikning qaytarish egri chizig'i keltirilgan.

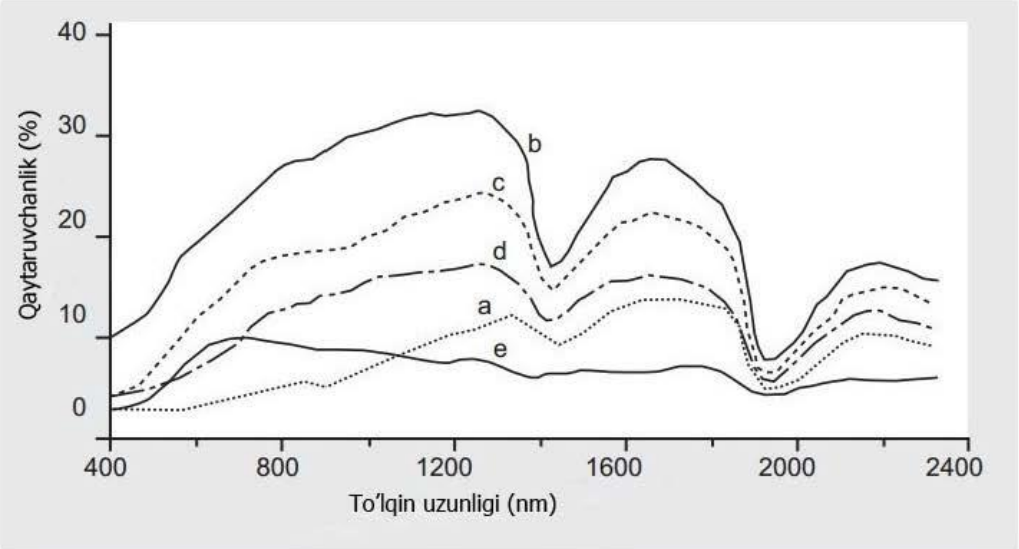


2.15-rasm. Sog‘lom o‘simlikning qaytarish egri chizig‘I (Manba: 6 adabiyot).

Spektrning ko‘zga ko‘rinuvchi qismida ko‘k va yashil yorug‘likning qaytaruvchanligi nisbatan kamroq, sababi bu qismlardagi yorug‘lik o‘simlik tomonidan fotosintez uchun yutiladi (asosan xlorofill tomonidan) va vegetatsiya ko‘proq yashil yorug‘likni qaytaradi. Yaqin-infraqizil oraliqda qaytaruvchanlik eng yuqori bo‘ladi, lekin qaytaruvchanlik miqdori barglarning rivojlanganligi va to‘qimalarining tuzilishiga bog‘liq. O‘rta-infraqizildagi qaytaruvchanlik barg tarkibidagi suv orqali aniqlanadi; suv ko‘proq bo‘lsa qaytaruvchanlik kamroq bo‘ladi. Shuning uchun bular suvga yutiluvchi oraliqlar deb ataladi. Barglar quriganda, masalan ekinlarni yig‘im terim paytida o‘simlikning rangi o‘zgaradi (masalan sariq rangga). Bu davrda spektrning qizil qismida qaytaruvchanlikning oshishiga sabab bo‘ladigan fotosintez yuz bermaydi. Shuningdek, barglarning qurishi o‘rta-infraqizil oraliqda qaytaruvchanlikning oshishiga va yaqin-infraqizil oraliqda esa qaytaruvchanlikning kamayishiga olib keladi. Natijada, optik masofadan zondlash axborotlari o‘simlikning turi va uning sog‘lomligi haqidagi ma’lumotlar bilan ta’minlaydi.

Ochiq tuproq (yer)

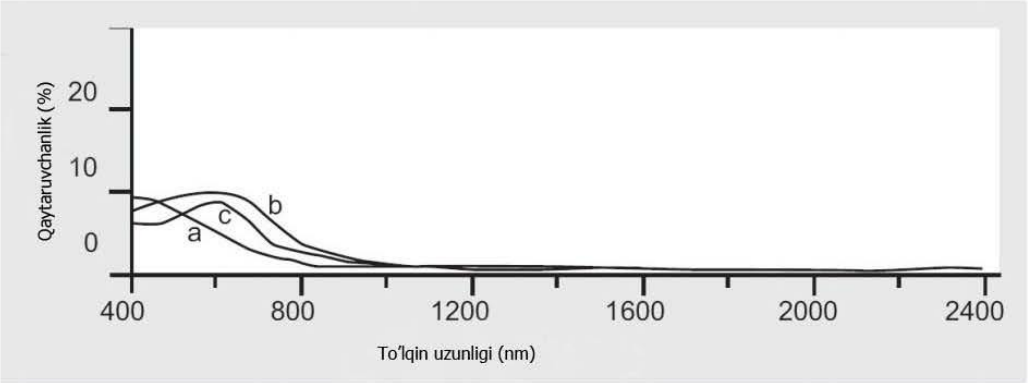
Ochiq yerning qaytaruvchanligi juda ko‘p omillarga bog‘liq bo‘lib, unga bir turdagi tuproq qaytaruvchanlik egri chizig‘ini yaratish juda murakkab vazifadir. Biroq, tuproq qaytaruvchanligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar tuproq rangi, namligi, karbonatlarning mavjudligi vatemir oksidiga bog‘liq. 2.16-rasmda AQShdagi beshta asosiy turdagi tuproqning qaytaruvchanlik egri chiziqlari keltirilgan. Egri chiziqlarning shakliga e’tibor bering, ular 500–1300 nm oraliqdagi qavariq shakllar hamda 1450 va 1950 nmda botiq shakllarni ifodalaydi. Bu botiqlar, suvga yutiluvchi oraliqlar deb nomlanadi va tuproq namligi sababli sodir bo‘lgan. Tarkibida temir mavjud bo‘lgan tuproqlarning qaytaruvchanlik egri chizig‘i biroz boshqacharoq, bu esa uzun to‘lqin uzunliklarining temirga yutilishi sababli sodir bo‘lgan.



2.16-rasm. Besh xil turdagi mineral tuproqning yuza qaytaruvchanlik spektri namunasi: a) tarkibida organik moddalar ko‘p bo‘lgan; b) minimal o‘zgartirilgan; c) temirmiqdorio‘zgartirgan; d) organik ta’sirga uchragan va e) tarkibida temir ko‘p bo‘lgan tuproq (Manba: 6 adabiyot).

Suv

Suv o‘simliklar va tuproq bilan taqqoslaganda ancha kam qaytaruvchan hisoblanadi. O‘simliklar 50 % gacha, tuproq 30-40% gacha va suv esa maksimum 10% gacha tushayotgan nurlanishni qaytarishi mumkin. Suv ko‘rinuvchi spektrdan yaqin-infraqizilgacha elektromagnit energiyani qaytaradi. 1200 nm dan yuqoridagi barcha energiya yutiladi. Turli xil suvlarning qaytaruvchanlik egri chiziqlari 2.17-rasmda keltirilgan. Loyqa suvda va tarkibida o‘simliklar mavjud bo‘lgan suv yashil to‘lqin uzunligidagi xlorofill qaytaruvchanlik bilan birgalikdaeng yuqori qaytaruvchanlikni tashkil etadi.



2.17-rasm. Xlorofill va loyqaning suvni qaytaruvchanligiga ta’siri: a) okean suvi; b) loyqa suv; c) xlorofilli suv (Manba: 6 adabiyot).

2.4. Ma’lumot olish va interpretatsiya qilish

Hozirgi paytgacha biz elektromagnit energiya manbalari, energiyaning atmosferada tarqalishi va uning Yer yuzasidagi obyektlar bilan o‘zaro ta’sirga kirishishi haqida mulohaza yuritdek. Bizga ma’lumotlarni ajratib olishimiz uchun energiya “signallar” ishlab chiqishda ushbu omillar bilan birgalikda amalga oshadi. Endi esa biz bu signallarni tutush, yozib olish va interpretatsiya qilish jarayonlari to‘g‘risida so‘z yuritamiz.

Elektromagnit energiyani *tutish* fotografik yoki elektron usulda amalga oshiriladi. *Fotografik usul* joyda energiya o‘zgarishini tutish uchun yorug‘likni

sezuvchi plyonka yuzasida kimyoviy reaktsiyalarni amalga oshirish orqali bajariladi. Bu usul nisbatan oson, arzon va yuqori darajada fazoviy batafsillik hamda geometrik jihatdan to‘g‘rilikni ta’minlaydi.

Elektron sensorlar joyda energiya o‘zgarishiga muvofiq keluvchi elekt signallarni yaratadi. Videokameralarni elektron sensorlarga misol qilib keltirish mumkin. Fotografik tizimlarga qaraganda ancha murakkab va qimmat bo‘lishiga qaramasdan elektron sensorlar kattaroq spektrlioraliqni tutish, yaxshi kalibrlash imkoniyati hamda ma’lumotlarni elektron formatda saqlash va uzatish kabi ustunliklarga ega.

Suratni yaratishda biz tutilgan signallarni yozilgan shakliga ega bo‘lamiz. Shuning uchun, plyonka tutuvchi va yozuvchi vosita sifatida faoliyat yuritadi. Keyinchalik signallar fotoplyonkaga yozuvchi maxsus qurilma yordamida suratga aylantiriladi. Bu holatda fotoplyonka yozib oluvchi vosita sifatida ishlatiladi. Elektron sensorlarda esa signallar magnitli vositalarga yozib olinadi.

Masofadan zondlashda surat atamasi tutilgan va fotoplyonkaga yozib olingan tasvirga nisbatan ishlatiladi. Umumiy tasvir atamasi esatasvirli ma’lumotni grafik ko‘rinishda ifodalash uchun qo‘llaniladi. Shuning uchun termal skanerdan (elektron sensor) yozib olingan grafik ko‘rinishdagi yozuvga “termal surat” emas, balki “termal tasvir” deb ataladi,chunki bunda fotoplyonka ishlatilmaydi va shuningdek, tasvir so‘zi grafik ko‘rinishdagi mahsulot bilan bog‘liq, har qanday surat tasvir hisoblanadi. Lekin, barcha tasvirlar surat emas.

Yuqoridagi atamalardan farqli ravishda *raqamli surat* atamasi ham ishlatiladi. Raqamli fotoapparatlar surat hosil qilishda fotoplyonkalardan emas, balki elektron detektorlardan foydalanadi. Lekin bu jarayon an’anaviy suratga olish jarayoni emas, raqamli suratga olish va raqamli ma’lumot to‘plash texnologiyasining asosiy usuli hisoblanadi.

Masofadan zondlashda ma’lumotlarni interpretatsiya qilish grafikli va raqamli ma’lumotlarni tahlil qilishni o‘z ichiga oladi. Grafik tasvirli ma’lumotni visual

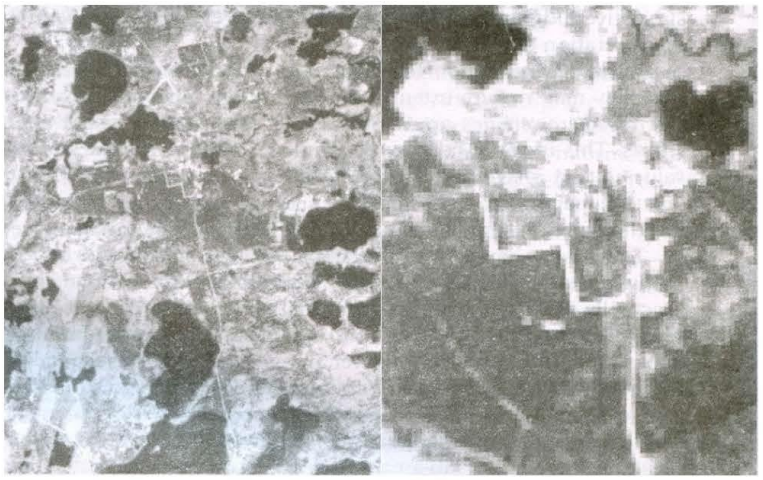
interpretatsiya qilish masofadan zondlashning juda ko‘p qo‘llanadigan shakli bo‘lib kelgan. Vizual interpretatsiya qilish texnologiyasi tasvirdagi fazoviy obyektlarni sifatli baholashda insonningaqliy qobiliyatini ishlatib amalga oshiriladi. Tanlangan tasvir elementlariga asoslangan holda subyektiv xulosalar chiqarish interpretatsiya qilish jarayonida juda muhim hisoblanadi.

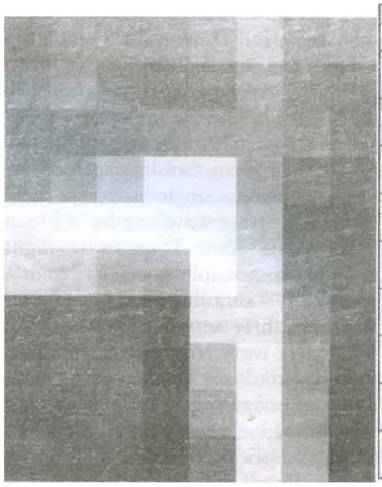
Vizual interpretatsiya qilish texnikasining kamchiliklari shundan iboratki, u yuqori malaka va ko‘p mehnat talab qiladi. Shuningdek, vizual interpretatsiya jarayonida spektrli xususiyatlar to‘liq baholanmaydi. Buning sabablaridan biri ko‘zni tasvirdagi ranglarni ajratish imkoniyatining cheklanganligi va bir nechta spektrli tasvirlarni bir vaqtningo‘zida tahlil qilishning murakkabligidadir. Spektrli xususiyatlarning aniqligi yuqori bo‘lganda grafikli emas, balki raqamli tahlilni amalga oshirish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

2.17-rasmda raqamli tasvir ma’lumotlarining asosiy xususiyatlari keltirilgan. a) rasmda davom etuvchi – rangli fotosurat tasvirlangan, u alohida *surat element* (yoki *piksel*) laridan iborat bo‘lgan ikki o‘lchamli katakchalardan tashkil topgan. Pikselning intensivligi har bir pikselga mos keladigan yerdagi maydonningelektronshaklda o‘lchangan o‘rtacha yorqinligi yoki nurlanishiga mos keladi. 2.18-a) rasmda 500 ta qator va 400 ta ustundan iborat piksellar tasvirlangan. a) rasmda alohida piksellarni ajratib bo‘lmaydi, lekin b) va c) kattalashtirilgan rasmlarda piksellarni kuzatish imkoniyati mavjud. Ushbu kattalashtirilgan joy a) rasmning o‘rtasiga yaqin joylashgan kichik maydonchaga to‘g‘ri keladi.b) rasmda kattalashtirilgan 100 ta qator × 80 ta ustun va c) rasmda esa kattalashtirilgan 10 ta qator va 8 ta ustun tasvirlangan. d) rasmda alohida raqamli son– “yorqinlik qiymati” yoki “piksel qiymati” deb ham yuritiladigan hamda e) rasmda tasvirlangan har bir pikselga mos keladigan o‘rtacha yorqinlikkeltirilgan. Bu qiymatlar *signalni analogdan- raqamliga o‘tkazish jarayonidan* foydalanibsensordagi elektrik signallarni musbat son qiymatga aylantirish natijasida hosil qilinadi.

Elektronyoki fotografik yo‘l bilan olingan tasvir yagona yoki ko‘p spektrli diapazondan iborat bo‘ladi. 2.18-rasmdagi tasvir yagona spektrli diapazondan foydalanibbarcha o‘lchangan energiyaning to‘lqin uzunliklari intervali bo‘ylab umumlashtirish yordamidaolingan(qora va oq plyonkadan foydalanib analogdan fotografik jarayoni). Shuning uchun, raqamli tasvirning har bir pikselida yagona raqamli son mavjud. Shuningdek, “rang” yoki ko‘pspektrli tasvirni yig‘ish imkoniyati mavjud bo‘lib, bunda ma’lumotlar bir paytningo‘zida bir nechta spektrli diapazonda yig‘iladi. Rangli fotoapparatda plyonka ichida uchta alohida qatlamlar mavjud bo‘lib ularning har biri to‘lqin uzunligining turli intervallaridagi nurlanishni yozib oladi. Raqamli ko‘pspektrli tasvirda bo‘lsa, har bir piksel ko‘plab raqamli sonlarga ega va ularning har biri alohida spektrli diapazon uchun. Misol uchun, raqamli tasvirdagi bitta piksel birinchi spektrli diapazonda 88 ta qiymatga ega va balki bu ko‘k to‘lqin uzunliklarini tasvirlab turgan bo‘lishi mumkin, ikkinchi (yashil) diapazonda 54 ta qiymatga, uchinchi (qizil) diapazonda 27 ta qiymatga ega bo‘lishi mumkin, bu qiymatlarning hammasi yerdagi yagona maydon bilan bog‘liq.

Raqamli tasvirni tashkil etgan raqamli sonlar 0 dan255 gacha, 0 dan 511 gacha, 0 dan 1023 gacha yoki undan yuqori raqamli intervallardayozib olinadi. Bu intervallar 8-, 9-, 10-bit binar kompyuter kodlashtirishdan foydalanib yozib olinishi mumkin bo‘lgan raqamlar to‘plamini tasvirlaydi. (2^8=256, 2^9=512, 2^{10}=1024), bu sonli formatlarda tasvir ma’lumotlari kompyuter yordamida oson tahlil qilinadi.

a)  b)

c) 

34	36	35	36	39	46	35	37
36	38	34	31	32	38	32	30
32	31	33	35	37	37	35	30
32	35	44	57	56	38	30	28
57	58	55	60	65	42	26	26
50	47	39	37	60	48	28	27
26	27	25	23	51	51	32	26
26	28	28	22	43	54	36	25
27	26	28	23	37	54	37	24
28	26	26	24	31	53	40	25

d)

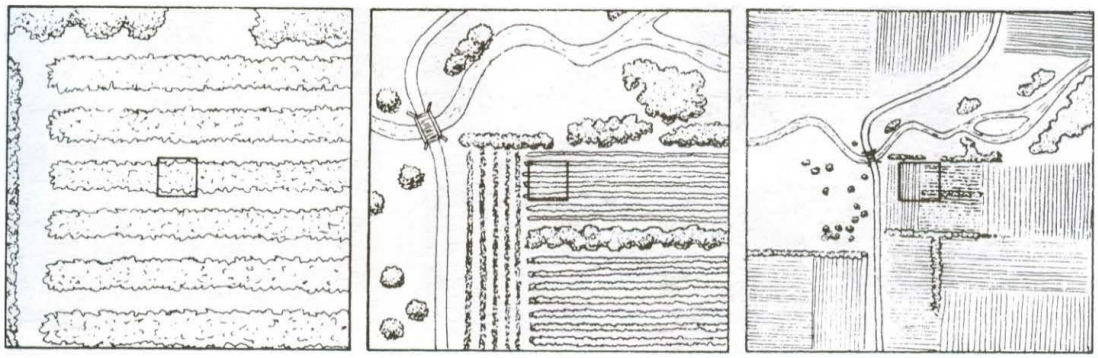
2.18-rasm. Raqamli tasvir ma'lumotining asosiy xususiyatlari. a) 500 qator × 400 ustun raqamli suratning asl nusxasi. 1:200 000 masshtabda. b)a rasm markazi yaqinidagi maydon piksellarning 100 qator × 80 ustunga kattalashtirilgan tasviri, 1:40 000 masshtabda. c) 10 qator va 8 ustungakattalashtirilgan, 1:4 000 masshtabda. d) c rasmda ko'rsatilgan har bir pikselning nurlanishga muvofiq keluvchi raqamli sonlar (Manba: 5 ababiyot).

Vizualizatsiya maqsadlari uchun, raqamli tasvirdagi raqamli sonlar kompyuter monitorida yoki qog'ozda raqamli sonlarning yorqinlik natijasiga bog'liq bo'lgan matematik funksiyalardan foydalanib namoyon qilinishi mumkin. Oddiy holatlarda chiziqlibog'lash mavjud bo'lib u raqamli sonlar natijasini oshiradi vaproportsional

ravishda namoyon qilingan tasvirning yorqinligi ham oshadi. Boshqa holatlarda esa chiziqsizbog‘lash afzalroqdir.

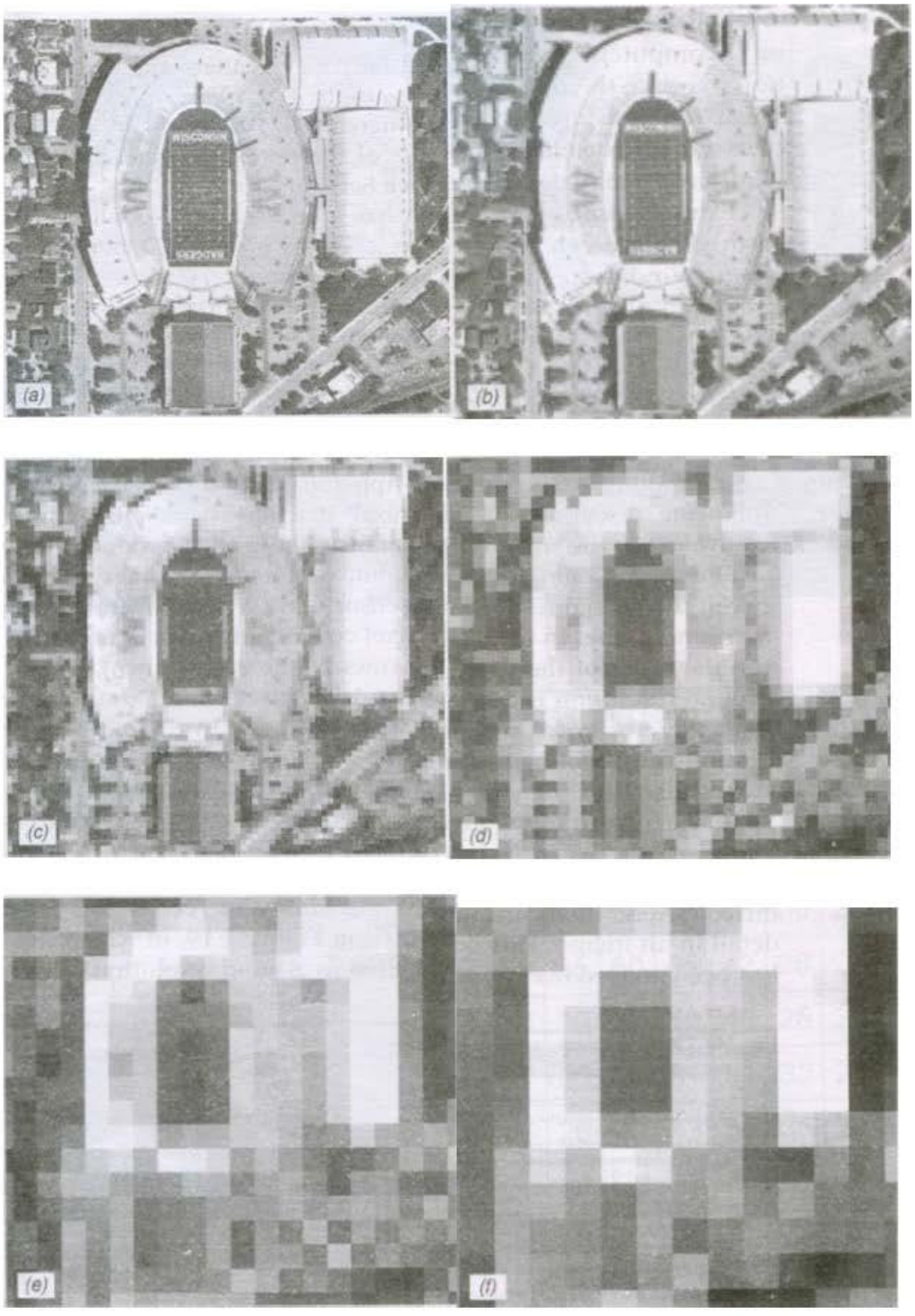
Har bir masofadan zondlash tizimida yer yuzasidagi qay darajada kichik bo‘lgan obyektningsensorda ko‘rinishi va atrofidagi boshqa obyektlardan ajralib turish chegarasi belgilangan. Bu chegara sensorning *fazoviy imkoniyati(spatial reolution)* deb nomlanadi, bu sensorning fazoviy ma’lumotlar batafsilligini qay darajada yaxshi yoza olishining ko‘rsatkichidir. Ayrim holatlarda, raqamli tasvirdagi bitta pikselda tasvirlangan yerdagi maydon sensorning fazoviy imkoniyatiga deyarli mos keladi.Boshqa holatlarda bo‘lsa, pikselning o‘lchami sensorning fazoviy imkoniyatidan kattaroq yoki kichikroq bo‘lishi mumkin, bu farq analogdan raqamliga o‘tkazish jarayoni yoki raqamli tasvirni diskretizatsiya qilish natijasida sodir bo‘ladi.

2.19-rasmda,raqamli tasvirda sensorning fazoviy imkoniyativa yer yuzasidagi fazoviy farq o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir ko‘rsatilgan. a) rasmda bitta piksel faqatgina yer yuzasining kichik maydonini egallagan (rasmda kichik katakcha bilan ko‘rsatilgan joy). b) rasmda kattaroq joyimkoniyati tasvirlangan, bunda bitta piksel ekin qatorlari va ular orasidagi tuproqlarning nurlanishini o‘zida mujassamlashtirgan. c) rasmda yanada kattaroq imkoniyat natijasida pikselda ikki dalaning ayrim qismlaridagi o‘rtacha nurlanish o‘lchangan. Shuning uchun, sensorning fazoviy imkoniyatiga va ma’lumot olinayotgan yer yuzasining fazoviy tuzilishiga bog‘liq bo‘lgan holda raqamli tasvirlar aniq va aralash piksellardan tashkil topgan. Umuman olganda, aralash piksellar foizi qanchalik katta bo‘lsa, tasvirdagi fazoviy tafsilotlarni yozish va ajratib olish shunchalik qiyin bo‘ladi.2.19 rasmda bir xil joy turli imkoniyatli katakchalar o‘lchamlaridatasvirlangan.



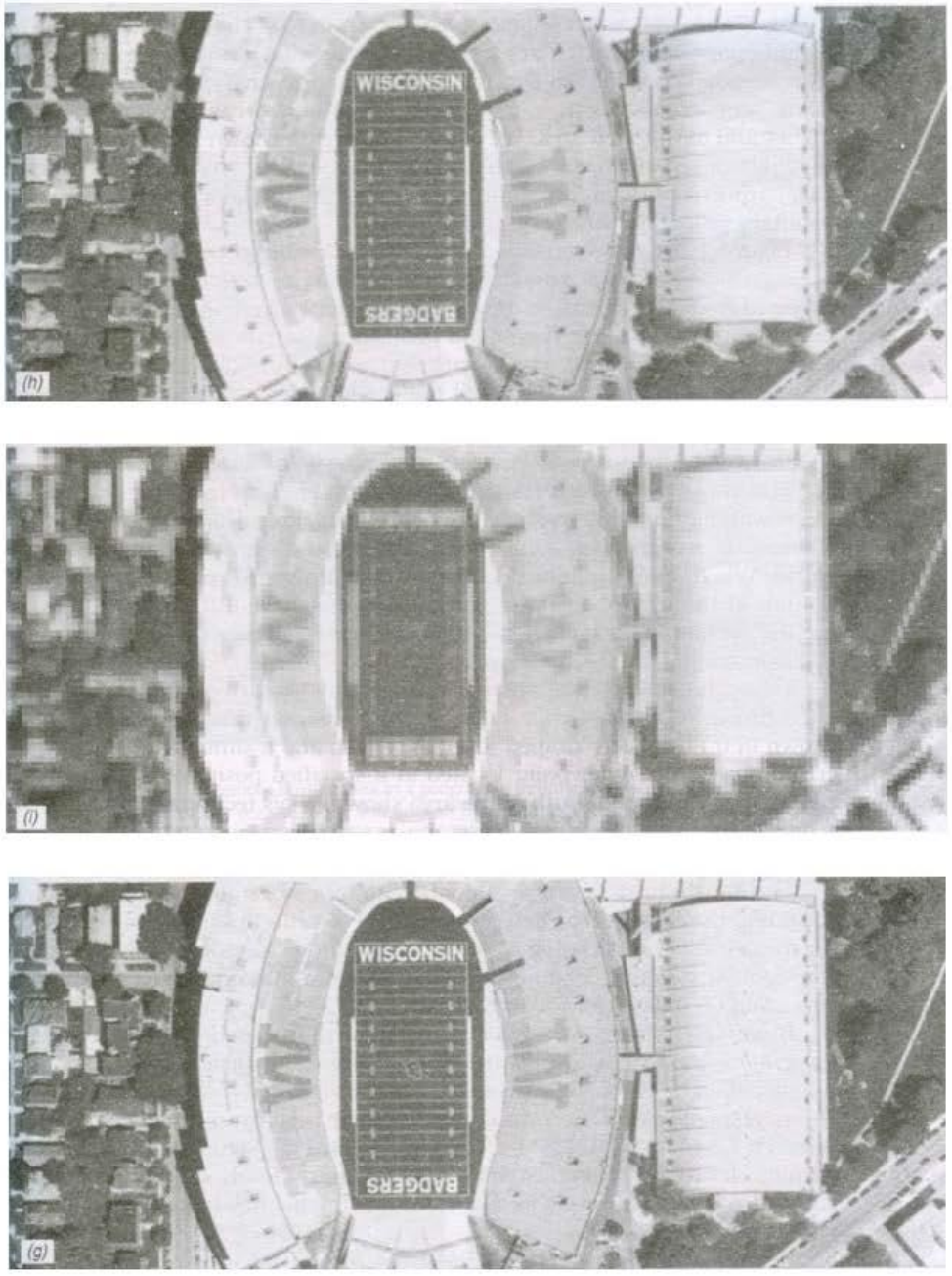
a) b) c)

2.19-rasm. Joy imkoniyatiga katakchalar o‘lchamining ta’siri: a) kichik; b) o‘rta; c) katta joy imkoniyat katakchalar o‘lchami (Manba 5 adabiyot).



2.2-rasm. Joy imkoniyati katakchalari o‘lchamining raqamli tasvirdagi tafsilotlarni ajratib olishga ta’siri. Viskonsin–Madison universiteti kampusining bir qismi ko‘rsatilgan, Randal lagerining stadioni va uning atrofini qamrab olgan, joy

imkoniyat katakchalari o‘lchami (har bir pikselga): a) 1 m; b) 2,5 m; c) 5 m; d) 10 m; e) 20 m va f) 30 m; va tasvirnim kattalashtirilgan qismi g) 0,5 m; h) 1m; va i) 2,5 m.



2.20-rasmningdavomi (Manba: 5 adabiyot).

Masofadan zondlash asboblari topografiya va Yer yuzasining uch o‘lchamli shaklini yaratish maqsadidama’lumotlar to‘plash uchun xizmat qiladi. Topografik ma’lumot bir necha turli formatlarda tasvirlanishi mumkin. 2.20- a)rasmda an’anaviy konturli kartaning bir qismi keltirilgan, Qo‘shma Shtatlari Geologik Qidiruv tashkilotining 7,5-minut (1:24 000 masshtabda) to‘rtburchakli karta tizimidan. Bu kartada topografik balandliklar gorizontallar yordamida ko‘rsatilgan. Bir-biriga yaqin bo‘lgan gorizontallar baland joylarni anglatadi va tekis joylarda gorizontallar bir biridan uzoq joylashgan.

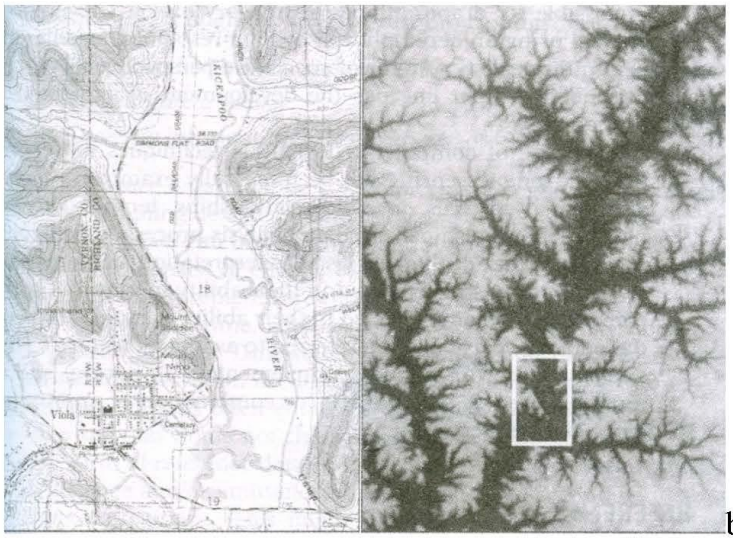
2.20- b) rasmda *balandlikning raqamli modeli* (BRM) (DEM-Digital elevation model) tasvirlangan, ba’zida esa *relyefning raqamli modeli* (RRM)deb ham yuritiladi.E’tibor bering *b)* rasmdagi oq to‘rtburchak *a)* rasmdagi juda kichik maydonni tasvirlaydi. BRM ham raqamli tasvirga o‘xshash, faqat har bir pikseldagi raqamli sonda (RS) nurlanish qiymati emas, balki yuzaning balandligi tasvirlanadi. b) rasmda har bir pikselning yorqinligi uning balandligiga proportsional ravishda tasvirlangan, demak och rangli joylar topografik balandroq va to‘q rangli joylar esa pastroq.Ushbu kartada tasvirlangan maydon juda yuqori balandliklar va o‘zanlardan iborat, murakkab tarmoqli daryo o‘zanlari; bitta asosiy daryo o‘zani *b)* rasmning yuqori o‘ng qismidan boshlanib pastki markazigacha davom etadi vau ikkala tomondan ko‘plab irmoqlar o‘zaniga ajralgan.

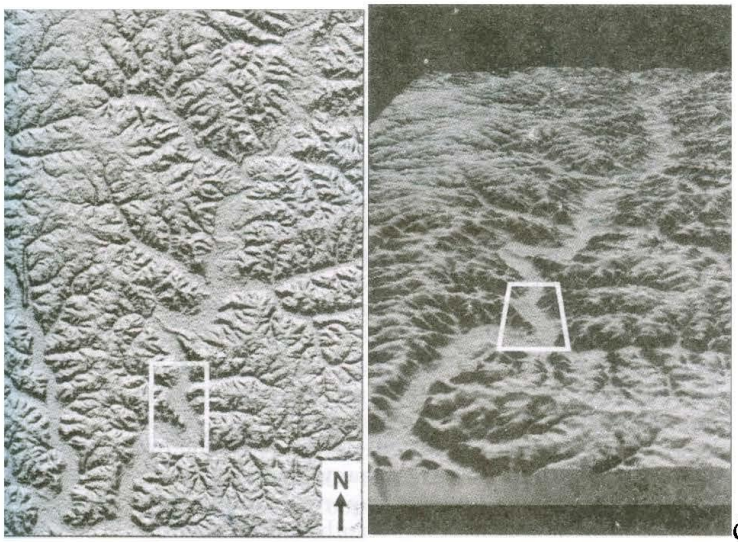
2.20- c) rasmda topografik ma’lumotni vizuzalizatsiya qilishning boshqa bir usuli *soyali relyef* (Shade relief) tasvirlangan. Bundabir nechta tomondan yorug‘lik tushgan sharoitda uch o‘lchamli yuzadan hosil bo‘lishi mumkin bo‘lgansoya aks ettirilgan. Bu holatda, yorug‘lik shimol tomonda joylashgan asosiy yorug‘lik manbaidan va soya intensivligini kamaytirish uchun boshqa tomonlardan tushayotgan kamroq darajadagi tarqoq yorug‘likdan iborat. Soyali relyef kartasida tekis joylar bir xil rangda tasvirlanadi. Yorug‘lik manbaiga yuz tutib turgan qiyaliklar yorqin bo‘lib, yorug‘lik manbaiga teskari bo‘lgan qiyaliklar esa qoramtir bo‘lib ko‘rinadi.

Vizual interpretatsiya qilish jarayonida soyali relyef kartasini hosil qilish uchunagarda haqiqiy hayotda quyoshdan kelayotgan yorug‘lik ham shu tomondan bo‘lsa, yorug‘likni tasvirning tepa qismidan yuborgan afzalroq. Agar yorug‘lik tasvirning boshqa tomonidan yuborilsa ayniqsa pastki qismidan, malakasiz tahlilchi Yer yuzasini to‘gri baholashda qiyinchilikka duch keladi, natijada topografiya teskari ko‘rinib qolishi mumkin.

2.20- d) rasmda topografik ma’lumotlarni vizualizatsiya qilishning boshqa usuli, *uch o‘lchamli proyektsiya ko‘rinishi* tasvirlangan. Bu misolda, c)rasmdagi soyali relyef karta BRM ning ustiga qo‘yilgan va fazoda joylashgan belgilangan ko‘rish nuqtasidan tasvirning ko‘rinishi tasvirlangan. Bu texnika relyefning ko‘rinishini ma’lum bir nuqtadan turib vizualizatsiya qilishda ishlatiladi. BRM ning ustiga boshqa turdagi tasvirlarni qo‘yish imkoniyati ham mavjud; aerosurat va yuqori imkoniyatli sun’iy yo‘ldoshdan olingan tasvirlardan haqiqiy hayotga yaqin bo‘lgan uzoqdan ko‘rinishni hosil qilish mumkin.

Kompyuter yordamida tahlil qilish texnikasi masofadan zondlash ma’lumotlarining ko‘p tomonlarini to‘liq baholash imkoniyatini beradi – spektrli va fazoviy parametrlar, topografik bog‘liqlik va boshqa. U ma’lumotlarni tahlil qilish jarayonini avtomatlashtirish imkoniyatini beradi va bu texnik jarayon vizual interpretatsiya qilish texnikasidan arzonligi bilan ham ustunroqdir. Shuningdek insonlarning spektrli parametrlarni interpretatsiya qilish imkoniyati cheklangan va shuningdek, ayrim fazoviy parametrlarni (tekstura kabi) baholashda kompyuterlarning ham imkoniyatlari cheklangan. Shuning uchun, vizual va raqamli interpretatsiya texnikasi bir-birini to‘ldiradi, bir yoki har ikkala usul kombinatsiyasini ma’lum bir muammoni hal etish uchun qo‘llash mumkin.

a)  b)

c)  d)

2.21-rasm. Topografik ma'lumotning tasvirlanishi. a) USGS 7.5-minut to'rtburchak karta, balandlik gorizontallar tasvirlangan, 1 : 45 000 masshtab. b)balandlikning raqamli modeli, yorqinlik balandlik bilan proportsional, 1:280 000 masshtab. c) b) rasmdan soyali relyef yasalgan, shimoldan yorug'lik tarqatilgan, 1:280 000 masshtab. d) Uch o'lchamli ko'rinishi c) rasmdagi soya bilan. Bu proyektsiyada masshtab o'zgaradi. b), c) va d) rasmlardagi oq to'rtburchakchalar a) rasmdagi kattalashtirilgan maydonni tasvirlaydi (Manba: 5 adabiyot).

2.5. Tayanch ma'lumot

Ta'kidlab o'tish joizki, tayanch ma'lumotlarsiz masofadan zondlashni amalga oshirib bo'lmaydi. Tayanch ma'lumotlarni olish zondlanayotgan obyektlar, maydonlar va hodisalarni o'lchash, yoki kuzatishni o'z ichiga oladi. Bu ma'lumotlar bir nechta manbalardan olinadi, masalan, ma'lum bir tahlilni olib borish uchun ma'lumotlar tuproqni kuzatish kartasi, suv sifatini baholash laboratoriyasining hisoboti yoki aerosuratdan olingan bo'lishi mumkin. Undan tashqari bu ma'lumotlar qishloq xo'jalik ekinlarining holati, yerdan foydalanish, daraxtlarning turlari yoki suvning ifloslanishini dala tekshiruv natijalaridan olinishi mumkin. Yoki tayanch ma'lumot boshqa obyektlarningharorat hamda boshqa fizik va kimyoviy xususiyatlarining o'lchamlarini o'z ichiga olishi mumkin. Tayanch kartada keltirilgan dala o'lchovlari natijasida olingan geografik joylashuvlar masofadan zondlash tasviridagi muvofiq joylarning joylashuvini aniqlashda yordam beradi. Odatda kuzatilayotgan yoki o'lchanayotgan maydonlarning geografik joylashuvini aniqlashda GPS resiverlaridan foydalaniladi.

Tayanch ma'lumotlar *yerdagi nazorat ma'lumotlar* (ground truth) atamasi bilan ham ataladi. Bu atama so'zma -so'z to'g'ri ma'noni anglatmaydi, sababi juda ko'p turdagi tayanch ma'lumotlar yerda to'planmagan va ular yerdagi haqiqiy holatga faqatgina taxminan to'g'ri keladi. Masalan, havodan turib aerosurat shaklida olingan "*yerdagi nazorat ma'lumotlar*" unchalik ko'p tafsilot talab qilinmagan balandlik yoki sun'iy yo'ldoshtasvirlarini tahlil qilishda tayanch ma'lumot sifatida foydalaniladi. Shuningdek, "*yerdagi nazorat ma'lumotlar*" suvning xususiyatlarini o'rganishda "suvdagi nazorat ma'lumot" deb ishlatiladi. Shunaqa noaniqliklarga qaramasdan "*yerdagi nazorat ma'lumotlar*" atamasi tayanch ma'lumot atamasining o'rnida juda ko'pqo'llaniladi.

Tayanch ma'lumotlar quyidagi maqsadlarni amalga oshirishda qo'llanilishi mumkin:

1. Masofadan zondlash tasvirlarini tahlil qilish va interpretatsiya qilishni osonlashtirishda;

2. Sensorni kalibrlashda;

3. Masofadan zondlash axborotidan ajratib olingan ma'lumotni tekshirishda.

Shuning uchun, tayanch ma'lumot ma'lum bir maqsadga muvofiq namunaviy statistik loyihaning tamoyillariga munosib holda to'planishi shart.

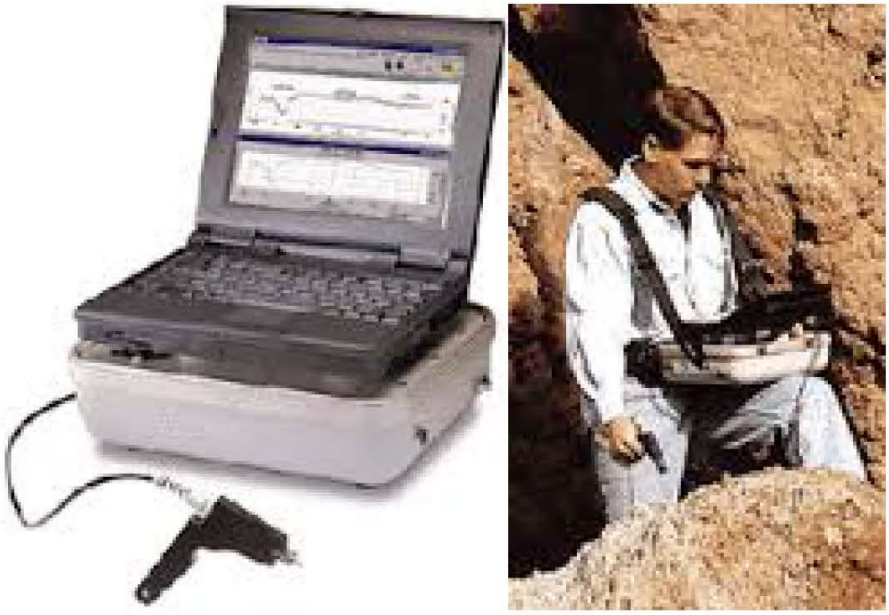
Tayanch ma'lumotni to'g'ri yig'ish juda qimmat va ko'p vaqt talab qiladi. Ular *vaqt-tanqidiy* va/yoki *vaqt – barqaror*o'lchovlardan tashkil topgan. Vaqt – tanqidiy o'lchovlar yerdagi sharoitlar tez o'zgarib turadigan holatlarda, masalan, vegetatsiya yoki suvni ifloslanish holatlarini tahlil qilishda qo'llaniladi. Vaqt-barqaror o'lchovlar kuzatilayotgan obyektlar vaqt o'tishi bilan sezilarli darajada o'zgarmaydigan holatlarda ishlatiladi. Masalan, geologiyada har qanday vaqtda kuzatuvlar olib borish talab qilinadi, hamda bir va boshqa vazifalarni bajarishda sezilarli o'zgarmaydi.

Tayanch ma'lumotlarni yerda turib to'plashning bir turi yer yuzasidagi materiallarning spektrli reaksiya parametrlarini aniqlab, ularning nur qaytaruvchanligi va taratuvchanligini o'lchashdan iborat. Bu esa dala sharoitida yoki laboratoriya sharoitida spektroskopiya tamoyillaridan foydalanib amalga oshiriladi. Spektroskopik o'lchov jarayonlari turli asboblardan foydalanib bajariladi. Ko'pincha bu kabi o'lchovlarda spektroradiometr qo'llaniladi.Spektroradiometr uskunasiobyektdan chiqayotgan energiyaning to'lqin uzunliklari funksiyasini o'lchaydi va asosan turli obyektlarning spektrli qaytaruvchanlik egri chiziqlarini aniqlash uchun ishlatiladi.

Laboratoriyadagi spektroskopiyada, obyektni o'rganish uchun sun'iy energiya manbaidan foydalaniladi. Laboratoriya sharoitidaobyekt va sensor o'rtasidagi geometrik parametrlarni ko'rishni ham tasvirlash mumkin. Shuning uchun odatdajoyda olingan o'lchovlar afzalroq, sababi atrof muhitda masofadan zondlash ma'lumotiga ta'sir qiladigan o'zgarishlar juda ko'p, agar mumkin

bo‘lsa,laboratoriya sharoitida o‘lchov ishlarini ikkinchi marta otkazish maqsadga muvofiqdir.

Spektrometrdan turli yo‘llar bilan foydalanish mumkin, qo‘lda olib yurib, vertolyotga yoki samolyotga o‘rnatib dalada o‘lchov ishlari olib boriladi. 2.22-rasmda qo‘lda olib yurib o‘lchov ishlari olib boriladigan juda ixcham asbob tasvirlangan. Optik tolali indikator yordamida bu tizim bir vaqtningo‘zida 1000 dan ziyod qisqa diapazonlardan (0,35 dan 2,5 μm oraliqda) ma’lumotlarni yozib olib davom etuvchi spektrlarni oladi. Asbob ma’lumotlar olish, namoyish qilish va saqlash uchun qulay bo‘lgan va unga bog‘langan noutbuk kompyuteridan iborat. Masalan, standart holatda turli sun’iy yo‘ldosh tizimining to‘lqin uzunliklari diapazoni ichidagi qaytaruvchanlik qiymatlari hisoblangach, qaytaruvchanlik spektri joyningo‘zida namoyish etiladi. Diapazon nisbatlari va boshqa hisoblangan qiymatlarni dalada hisoblash ham mumkin. Shunga o‘xshah hisoblash ishlari yer yuzasidagi obyektlarning yaqin infraqizil va ko‘rinuvchi qaytaruvchanligiga bog‘liq bo‘lgan *O‘simliklar Qoplamidagi Farqni Standartlashtirish Indeksi* (Normalaized difference vegetation index – NDVI) da olib boriladi.



2.22-rasm. Analitik spektrli asboblar FieldSpec FR Spektroradiometr: a) asbob; b) asbob dala sharoitida ishlatilmoqda (Manba: 5 adabiyot).

Nazorat savollari

1. Energiya tushunchasiga ta’rif bering.
2. To‘lqin uzunligi nima?
3. Chastota nima?
4. Plank formulasini yozing va tushuntiring.
5. Stefan – Boltsman qonunini yozing va tushuntiring.
6. To‘lqin modelini tushuntiring.
7. Elektromagnit spektrni tushuntirib bering.
8. To‘lqinning tarqalishi nima?
9. To‘lqinning yutilishi nima?
10. Energiyaga asosiy uch xil ta’sirni tushuntiring.
11. Spektrli qaytaruvchanlik nima?
12. Spektrli signatura nima?
13. Signalni tutish (detection) nima?
14. Masofadan zondlashda GPS nima uchun kerak?
15. Tayanch ma’lumot nima?

3-bob. Sensorlar va platformalar

2-bobda masofadan zondlash tamoyillari haqida tushuncha berildi. Yuza xususiyatlariga bog‘liq holda quyosh yoki aktiv sensordan kelayotgan elektromagnit energiya obyekt yuzasidan qaytadi yoki obyektdan energiya taraladi. Bu energiya esa o‘lchanadi va yozib olinadi. Olingan axborot yuza xususiyatlari haqidagi ma’lumotlarni ishlab chiqishda foydalaniladi.

Bir joyda turgan yoki harakatlanayotgan platformaga o‘rnatilgan sensorlar yordamida elektromagnit energiya o‘lchovlari olinadi. Turli maqsadlarni amalga oshirish uchun turli xil sensorlar yaratilgan. Samolyotlar va sun’iy yo‘ldoshlar bir yoki bir nechta sensorlarni olib yurish uchun ishlatiladi.

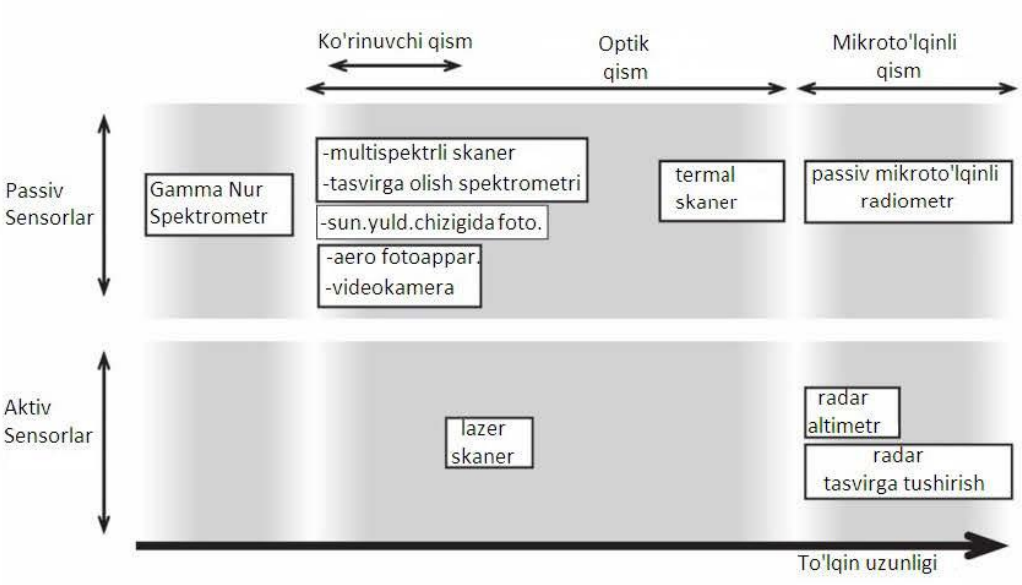
Sensor-platforma kombinatsiyasi olingan tasvir ma’lumotlarining xususiyatlarini aniqlaydi. Masalan, ma’lum bir sensor yuqori balandlikda harakatlanayotganda kuzatilayotgan tafsilotlarning aniqlik darajasi kamaytirilgandatasvirga olinayotgan umumiy maydon kengayadi. Sizga kerakli ma’lumotlargabo‘lgan talab, muddat va moliyaviy me’zonlarga asosan qanday turdagi tasvir axboroti muvofiqligini aniqlashingiz mumkin.

3.1. Passiv va aktiv sensorlar

Sensorlar electromagnit energiyani o‘lchaydigan va yozib oladigan qurilmalardir. Sensorlarni ikki guruhga bo‘lishimiz mumkin; passiv va aktiv sensorlar. *Passiv sensorlar* tashqi energiya manbaiga,odatda quyoshga (shuningdek, gohida yerdan chiqadigan energiyaga) bog‘liqholda ish yuritadi. Passiv sensorlar guruhi elektromagnit spektrning 1 pikometrdan kichik (gamma nurlari) oralig‘idan 1 metrdan katta (mikro va radioto‘lqinlar) oralig‘igacha qismini egallaydi. Eng qadimgi va juda ko‘p qo‘llaniladigan passiv sensor fotoapparatdir.

Aktiv sensorlar o‘zlarining energiya manbaiga ega. Aktiv sensorlardan olingan o‘lchovlar ko‘proq nazoratlangan, chunki ular o‘zgaruvchan yorug‘lik sharoitiga bog‘liq emas. Aktiv sensorlar lazer altimetr (infraqizil nurni

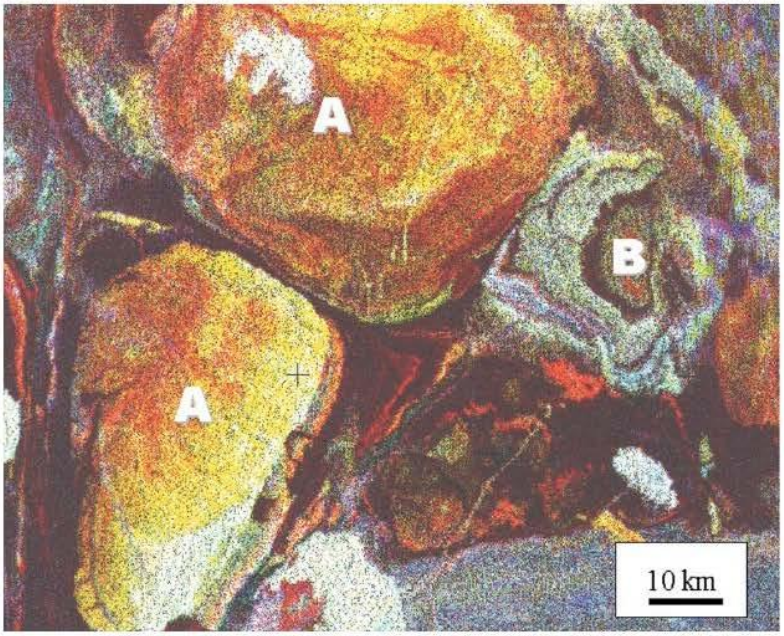
ishlatadigan) va radardan tashkil topgan. 3.1-rasmda ushbu bobda ta'kidlab o'tilgan sensor turlari haqida umumiy ma'lumot berilgan. Keyingi bo'limlarda fotoapparat, ko'pspektrli skaner va radar to'g'risida batafsil ma'lumotlar beriladi.



3.1-rasm. Sensorlarning turlari (Manba: 6 adabiyot).

3.1.1. Passiv sensorlar

Gamma-nur spektrometri. Gamma-nur spektrometri tepalikdagi tuproq yoki qoya qatlamlarni radioaktiv parchalanish tufayli chiqadigan gamma nurlar miqdorini o‘lchaydi. Ma’lum to‘lqin uzunligi oraliqlaridagi energiyani o‘lchash ma’lum bir minerallarning radioizotoplari miqdori haqidagi ma’lumotlar bilan ta’minlaydi. Shuning uchun, minerallarni tadqiq qilish ushbu spektrometrning asosiy vazifasi hisoblanadi. Gamma nurlari pikometrlarga teng qisqa to‘lqin uzunliklariga ega. Bu nurlarning yuqori darajadagi atmosferik yutilishi sababli ushbu turdagi energiya Yer yuzasidan faqatgina bir necha yuz metr balandlikgacha o‘lchanishi mumkin xolos. 3.2-rasmda bu sensor yordamida olingan ma’lumot tasvirlangan.



3.2-rasm. Gamma-nur spektrometri orqali olingan tasvir(Manba: 6 adabiyot).

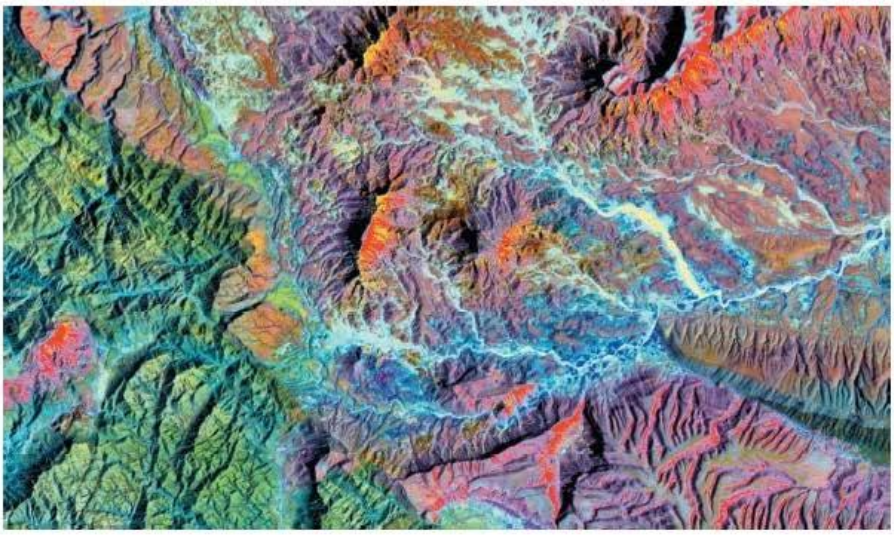
Aero fotoapparat.Fotoapparat tizimi (linzali yoki plyonkali) asosan samolyotlardan turib suratga olishda ishlatiladi. Past orbitadagi sun'iy yo'ldoshlar va NASA (National Aeronautics Space Administration, AQSh) fazoviy kemasida ham odatda fotoapparat texnikasidan foydalaniladi. Turli plyonkadan foydalanadigan fotoapparatlar 400 nm dan 900 nm gacha bo'lgan elektromagnit energiyani yozish imkoniyatiga ega. Aerosuratlardan ma'lum maqsadlarni amalga oshirishda juda keng qo'llaniladi. Aerofotosuratlarning harakatlanmas va muntazam geometrik shakli hamdastereofotosuratlarni hosil qilish imkoniyati aniq 3D (uch o'lchamli) koordinatalarni aniqlash uchun„fotogrammetrik jarayonlar"ni rivojlanishiga olib keldi. Aerosuratlardan juda ko'p maqsadlarni amalga oshirishda qo'llaniladi, ulardan eng muhimlariga o'rta va katta masshtabdagi topografik va kadastr kartalari kiradi. Hozirgi kunda odatda analog suratlar skaner qilinib saqlanadi va raqamli tizimda qayta ishlanadi.

Videokamera.Tasvirli ma'lumotlarni yozib olish uchun ba'zida videokameralar ishlatiladi. Aksariyat video sensorlar faqat ko'rinuvchi ranglarni sezishga qodir, shuningdek ba'zilari esa spektrning yaqin-infraqizil qismini ham yoza oladi(3.3-rasm). Yaqin kunlargacha faqat analogli videokameralar mavjud edi, hozirgi kunga kelib esa raqamli videokameralar ham yaratildi va ularning ayrimlari masofadan zondlashda qo'llanilmoqda. Video tasvirlar asosanbaholash maqsadlarida qo'llaniladi va arzon narxdagi tasvirli ma'lumotlar bilan ta'minlash uchun xizmat qiladi, masalan lazerli skaner yoki radar sensorlardan olingan ma'lumotlarni qo'shimcha ravishda vizual ma'lumot bilan ta'minlashda ishlatiladi.



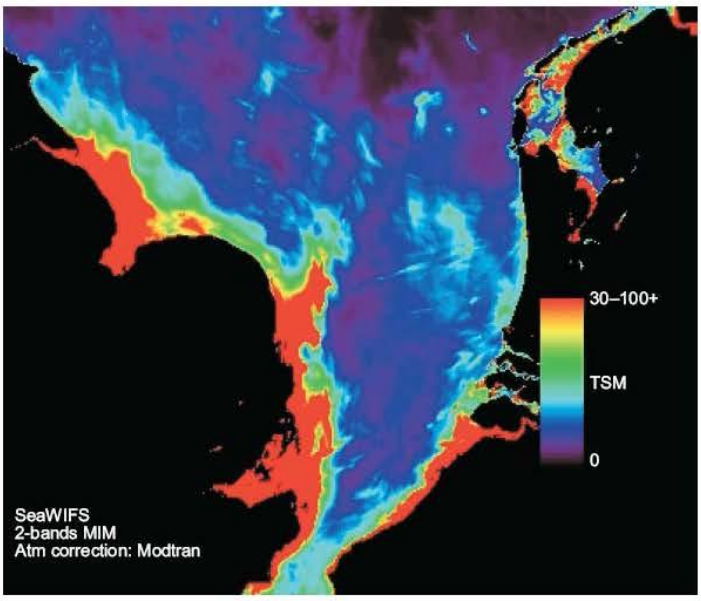
3.3-rasm. De Lopikerwaard (NL) videokamerasining sun'iy rangli analogli video tasviri(Manba: 6 adabiyot).

Ko‘p spektrli skaner.Ko‘p spektrli skanerlar asosan optik oraliqdagi qaytgan Quyosh yorug‘ligini o‘lchash uchun qo‘llaniladigan asbobdir. Skaner Yer yuzasidagi ko‘rinib turgan maydondan qaytgan energiyani tizimli ravishda yozib oladi. Bunda skaner bir vaqtningo‘zida bir nechta to‘lqin uzunliklari diapazoni uchun yozib oladi, shuning uchun ko‘p spektrli skaner deb nomlanadi. To‘lqin uzunliklari diapazoni - o‘rtacha qaytgan energiyani o‘lchash uchun elektromagnit spektr oralig‘idir. Bir nechta aniq to‘lqin uzunliklari diapazonlarini o‘lchashdan maqsad har bir diapazonda yer yuzasining ma’lum xususiyatlari ifodalanadi. Masalan „ko‘k” yorug‘likni qaytarish xususiyati minerallarning tarkibi to‘g‘risida ma’lumot beradi; „infraqizil” yorug‘likning qaytarish xususiyati esa vegetatsiya turi yokiuning rivojlanganlik darajasi to‘g‘risida ma’lumot beradi. Shuning uchun, skaner to‘lqin diapazonlarining aniqlanishi sensorning ma’lum maqsadni amalga oshirish uchunyaratilganligi bilan bog‘liq. 3.4-rasmda geologiya maqsadlarida qo‘llash uchun ko‘pspektrli ma’lumot keltirilgan.



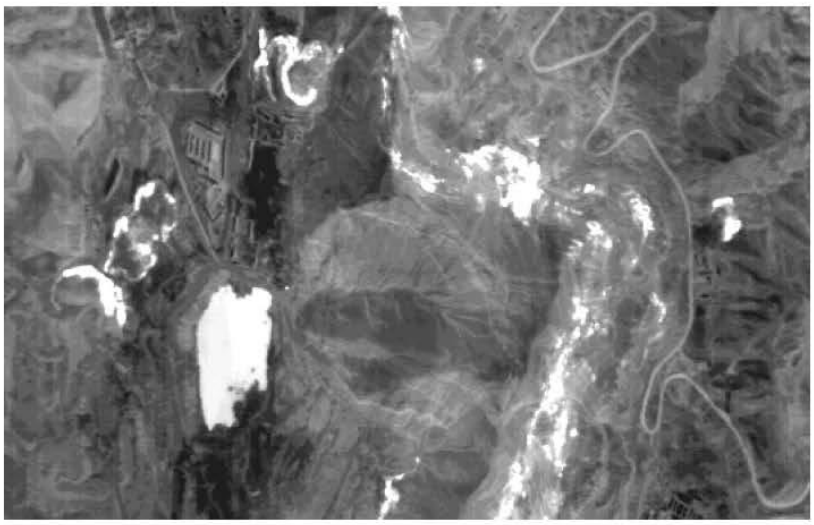
3.4-rasm. Yaman davlatidagi ma’lum bir maydonning Landsat TM murakkab rangli (RGB=457) tasviri(Manba: 6 adabiyot).

Tasvirga olish spektrometri.Tasvirga olish spektrometrining ishlash tamoyili ko‘p spektrli skanerga deyarli o‘xshash, farqi shundaki, tasvirga olish spektrometri juda qisqa (5–10 nm) spektrli diapazonlarni o‘lchaydi. Bu nisbatan katta spektrli diapazon qiymatlariga emas, balki har bir pikselning davom etuvchi qaytaruvchanlik egri chizig‘i natijasida sodir bo‘ladi. O‘lchangan spektrli egri chiziqlar esa obyektning kimyoviy tarkibiga bog‘liq. Shuning uchun, tasvirga olish spektrometr ma’lumoti Yer yuzasidagi minerallarning tarkibini yoki Yer yuzasidagi suvning xlorofill tarkibini aniqlashda ishlatilishi mumkin (3.5-rasm).



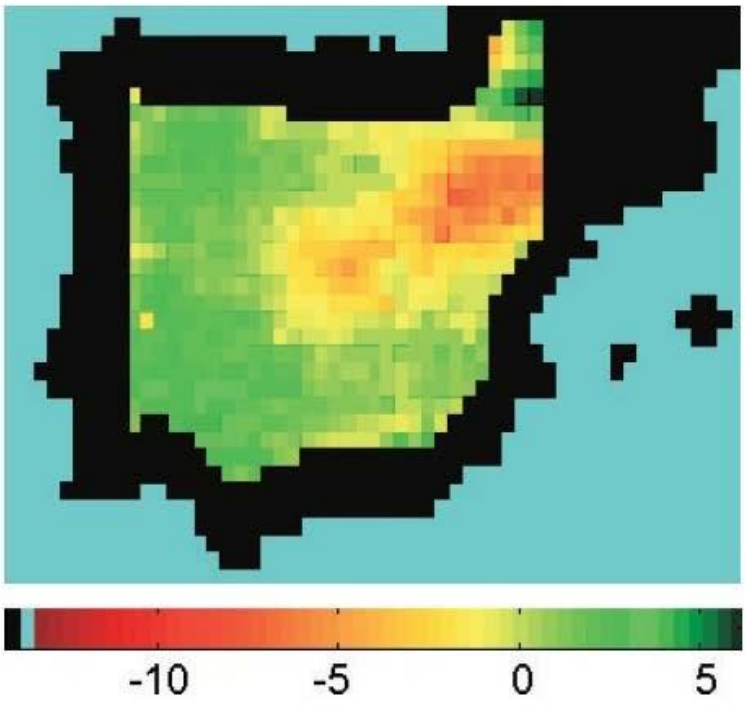
3.5-rasm. Shimoliy dengizda to‘plangan fizik moddaning umumiy konsentratsiyasi, SeaWIFS (Orb-View2) sun’iy yo‘ldosh ma’lumotidan olingan(Manba: 6 adabiyot).

Termal skaner.Termal skanerlar 10–14 nm oraliqdagi termal ma'lumotni o'lchaydi. Bu oraliqdagi to'lqin uzunligi to'g'ridan to'g'ri obyektning haroratiga bog'liq. Ob-havo ma'lumotlarini aniqlashda asosan bulut, yer va suv yuzasining harorati to'g'risidagi ma'lumotlardanfoydalaniladi.Shuning uchun, meteorologiya uchun mo'ljallangan masofadan zondlash tizimlari asosan termal skanerni o'z ichiga oladi. Undan tashqari, termal skanerlar qurg'oqchilikning (yoki suv tanqisligining) qishloq xo'jaligi ekinlariga ta'sirini o'rganishda va termoelektrostansiyadan ajralib chiqqan sovutuvchi suvning haroratini monitoring qilishda ham foydalaniladi.Ko'mir yong'ini to'g'risida ma'lumot olishda ishlatilishini boshqa bir maqsadda qo'llash mumkinligiga misol qilib keltirish mumkin (3.6-rasm).



3.6-rasm. Samolyotda o'rnatilgan termal skaner orqali ko'mir koni maydonining tunda olingan tasviri. To'q rangli joylar nisbatan sovuq yuzalarni va och rangli joylar issiqroq yuzalarni tasvirlaydi. Eng katta issiq maydon ko'l, qolgan issiq joylarning ko'pchiligi yer ostidagi ko'mirning yonishi oqibatida paydo bo'lgan(Manba: 6 adabiyot).

Radiometr.Juda uzun bo‘lgan to‘lqin uzunliklariga ega (1–100 sm) elektromagnit energiya tuproq va qoyalardan yoki yer yuzasidan ajralib chiqadi. Bu energiyaning pastdan tepaga qancha masofagacha ajralib chiqishi obyekt yoki materialning tarkibidagi suv miqdori kabi xususiyatlariga bog‘liq. Radiometrlar ushbu energiyani yozib olishda ishlatiladi. Hosil bo‘lgan ma’lumot minerallarni tadqiq qilish, tuproq kartasini tuzish va tuproqning namligini baholashda qo‘llanilishi mumkin (3.7-rasm).



3.7-rasm. Iberey yarim orolining 10 yil mobaynida tuproq namligining o‘zgarish kartasi(Manba: 6 adabiyot).

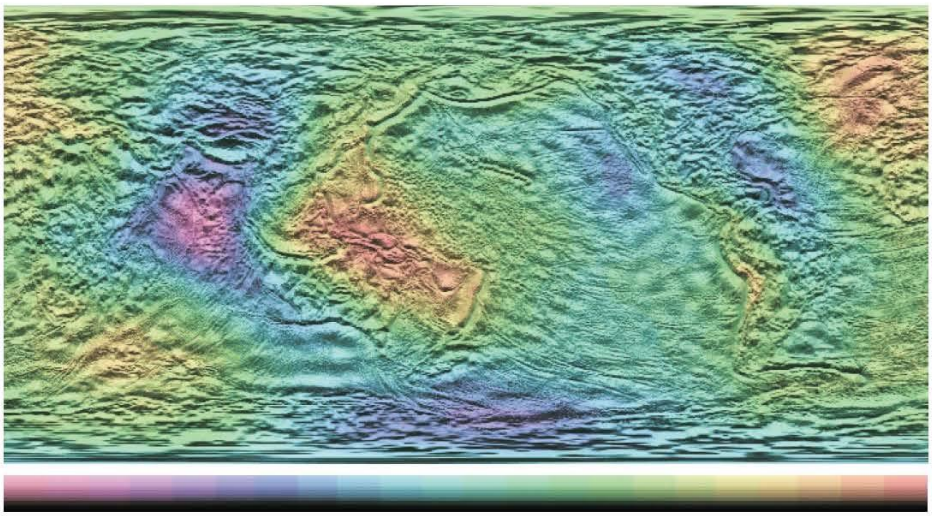
3.1.2. Aktiv sensorlar

Lazerli skaner.Lazerli skanerlar samolyotga o‘rnatiladi va samolyotdan yerdagi nuqtagacha bo‘lgan masofa lazer signallar (infraqizil nur)yordamida o‘lchanadi. Maydon balandligini hisoblash uchun o‘lchangan masofa va samolyot joylashgan joy to‘g‘risidagi aniq ma’lumot birlashtiriladi. Lazerli skanerlar asosan topografik karta tuzishda tafsilotli, yuqori imkoniyat, relyefning raqamli modelini hosil qilishda qo‘llaniladi (3.8-rasm). Lazerli skanerlar shahar binolarini 3D modellarini ishlab chiqishda, o‘rmonlardagi daraxtlarning balandliklarini o‘lchashda va boshqa vazifalarni amalga oshirishda keng foydalaniladi.



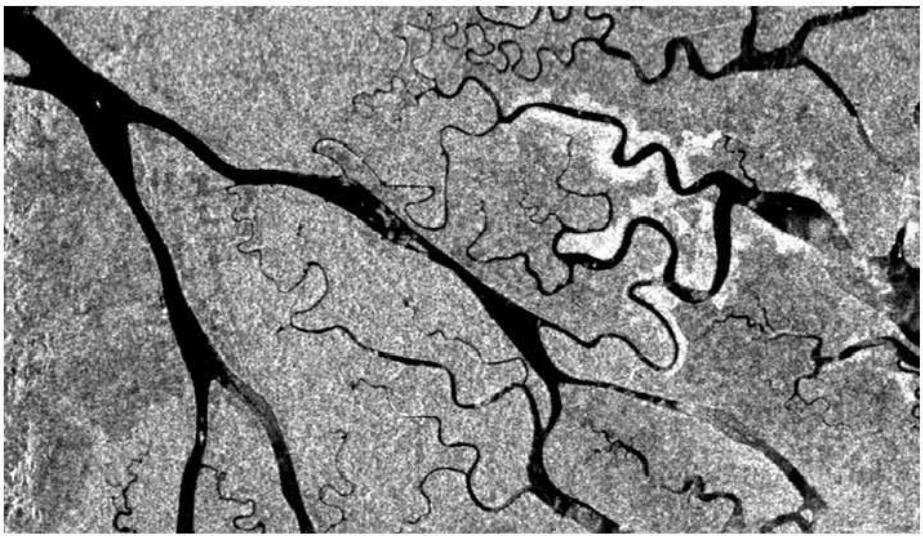
3.8-rasm. Gollandiyadagi Pitersgruv ko‘chasi relyefning raqamli modeli (5 metrli katakchalarda) (Manba: 6 adabiyot).

Radar altimetr. Radar altimetrlar sun'iy yo'ldosh orbitasiga parallel bo'lgan topografik profilni o'lchashda ishlatiladi. Ular tasvirli ma'lumot emas, balki profil (o'lchovlarning yagona chizig'i) bilan ta'minlaydi. Radar altimetrlar spektrometrning 1–6 sm oralig'ida ishlaydi va balandliklarni 2–4 sm gacha aniqlikda aniqlash imkoniyatiga ega. Radar altimetrlardan nisbatan tekis bo'lgan yuzalarni ya'ni okeanlar, materiklarni kichik masshtabdagi maydonli model kartasini tuzishda foydalaniladi. 3.9-rasmda radar altimetrlar o'lchovlaridan olingan namunaviy tasvir keltirilgan.



3.9-rasm. Radar altimetrda olingan tasvir (Manba: 6 adabiyot).

Radar tasvirga olish.Radar apparatlar 1–100 sm oraliqda ish yuritadi. Ko‘p spektrli skaner kabi turli to‘lqin uzunliklarining diapazonlari yer yuzasining alohida xususiyatlari bilan bog‘liq. Radar qaytgan nur (3.10-rasm) yorug‘lik signallari (mikroto‘lqinli parametrlar) va yorug‘lik chiqazayotgan yuza xususiyatlari (yo‘nalish, dag‘allik, dielektrik konstanta/namlik) bilan ta’sirga uchraydi. Radar aktiv sensor bo‘lganligi va jo‘natilgan to‘lqin uzunliklari bulutlardan ham o‘ta olganligi uchun u yordamida har qanday ob-havo sharoitida kunu-tun ma’lumot olish imkoniyati mavjud. Bir joyning ikkita radar tasvirli kombinatsiyasi joyning balandligi to‘g‘risida ma’lumot bera oladi. Shuningdek, turli vaqtda olingan ikkita radar tasvirning birlashtirilishi balandlik yoki vertikal deformatsiyaning o‘zgarishini aniq baholashda ishlatilishi mumkin (SAR interferometriya).



3.10-rasm. Indoneziyaning Kalimantan viloyatidagi daryoning ERS SAR tasviri. Tasvir uch xil o‘rmon turlarini farqlash imkoniyatini beradi (Manba: 6 adabiyot).

3.2. Platformalar

Masofadan zondlashda sensorlar samolyot va sun’iy yo‘ldosh kabi harakatlanuvchi platformalarga o‘rnatiladi. Statik platformalar ba’zida tajriba

ishlarida qo‘llaniladi. Masalan, ko‘p spektrli skanerni ustunga o‘rnatib ma’lum bir ekinning o‘zgaruvchan qaytaruvchanlik xususiyatlarini kun yoki fasl davomida tekshirish mumkin.

*Havodan*kuzatuvlar o‘zgaruvchan sensorlarni olib yuruvchi samolyotlar yordamida amalga oshiriladi. Fotoapparat yoki skanerni olib yuruvchi samolyotning polida asbobni o‘rnatish uchun maxsus ochiq joy bo‘ladi. Ba’zida ultra yorug‘lik vositalari (Ultra Light Vehicles – ULVs), havo sharlari va havo kemalari havodan masofadan zondlashda ishlatiladi. Havodan kuzatuvlar 100 m dan 30–40 km balandlikda amalga oshiriladi. Yaqin kunlargacha samolyot navigatsiyasi havodan masofadan zondlashning eng qiyin va eng muhim qismi edi.Yaqin yillarda sun’iy yo‘ldosh navigatsiya texnologiyasining paydo bo‘lishi parvozlarni sifatli amalga oshirishni tez suratda rivojlanishiga olib keldi.

Fazoviy masofadan zondlashdasun’iy yo‘ldoshlardan foydalaniladi. Sun’iy yo‘ldoshlar raketalar yordamida fazoga chiqariladi. Yerni kuzatish uchun mo‘ljallangan sun’iy yo‘ldoshlar 150 km dan 36000 kmgacha balandlikda joylashtirilgan. Ularning aniq orbitasi oldinga qo‘yilgan maqsad vazifalarga bog‘liq; masalan, katta maydonlarni davomiy kuzatish yoki kichik maydonlarni batafsil kuzatish.

3.2.1. Havodan masofadan zondlash

Havodan masofadan zondlash ish talablari va byudjet imkoniyatiga bog‘liq holda turli xil samolyotlar yordamida amalga oshiriladi. Samolyotning tezligi 140–600 km/soatgacha bo‘ladi va o‘rnatilgan sensor tizimi bilan bog‘liq.Olingan masofadan zondlash ma’lumotlarining geometrik xususiyatlariga balandlik bilan bir qatorda samolyotning yo‘nalishi ham ta’sir etadi. Samolyotning yo‘nalishiga shamol ham ta’sir ko‘rsatadi va uchuvchi tomonidan bu ta’sir qaysidir darajada tuzatilishi mumkin. Yordamchi yo‘lakka bog‘liq holda samolyot aylanmasi uch turda bo‘lishi mumkin: aylanma, qiya va yonbosh (3.11-rasm).Samolyotga ichki o‘lchov asbobi o‘rnatilib bu aylanmalar o‘lchanishi mumkin. Keyin esa bu

o‘lchovlar sensor ma’lumotidagi geometrik buzilish natijalarini tuzatishda ishlatiladi.



3.11-rasm. Samolyotda olingan tasvirga ta’sir etadigan 3 xil burchaklar (aylanma, qiya va yonbosh) (Manba: 6 adabiyot).

Bugungi kunda aksariyat samolyotlar 30 metrdan kam bo‘lgan RMS-xatolikkacha taxminiy joylashuvni aniqlaydigan sun’iy yo‘ldosh navigatsiya texnologiyasi bilan jihozlangan. „Differensial yaqinlashuv” yordamida aniqroq (1 detsimetrgacha aniqlikda) joylashuv va navigatsiyaga erishish mumkin. Bu o‘quv qo‘llanmada biz sun’iy yo‘ldosh navigatsiyasi sifatida Amerikaning GPS, Rossiyaning Glonass va Yevropaning kutilayotgan Galileo tizimlari nazarda tutilgan.

Aerofotosyomkada o‘lchovlar qog‘ozli materiallarda saqlanadi:negativ plyonkaga.Sensorlarda esa skaner qilingan yoki raqamli ma’lumotlar lenta yoki xotirali qurilmalarda saqlanadi. Lentaga yozib olish katta hajmdagi ma’lumotlarni tez saqlashi bilan ajralib turadi. Samolyot bazaga qo‘ngandan keyin yozib olingan ma’lumotlardan foydalanish mumkin.

Aerofotosyomka uchun samolyotlarni olish, ishlatish va texnik xizmat ko‘rsatish, shuningdek professional uchuvchilarni ishga yollash katta harajat talab qiladi. Respublikamizning Toshkent shahrida joylashgan Markaziy Aerogeodeziya korxonasi va Samarqand shahridagi Samarqand Aerogeodeziya korxonasi Respublikamiz miqyosida aerofotosyomka ishlarini olib boradi. Bu korxonalar davlatimiz tomonidan zamonaviy texnika va texnologiyalar bilan jihozlangan

bo‘lib hozirgi kunda geodezik, fotogrammetrik va kartografik ishlarni olib bormoqda.

Hozirgi kunda maxsus xususiy aviasyomka tashkilotlari o‘rtasida tendentsiya oshib bormoqda. Ulardan biri bo‘lgan AQShning Amerika Fotogrammetriya va Masofadan Zondlash jamiyati (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing) shartnoma asosida aerofotosuratlar bilan ta’minlaydi.

3.2.2. Fazoviy masofadan zondlash

Fazoviy masofadan zondlash sun’iy yo‘ldoshlarga o‘rnatilgan sensorlar yordamida amalga oshiriladi. Sensor kuzatayotgan maydon kattaligining kuzatish imkoniyati sun’iy yo‘ldosh orbitasining parametrlari bilan aniqlanadi. Turli orbitalardan meteorologik, yer qoplamini global kartalashtirish yoki shahar joylarni tanlab tasvirga olishda davomiy kuzatishlar amalga oshiriladi. Masofadan zondlash quyidagi orbita xususiyatlari bilan bog‘liq.

Balandlik – sun’iy yo‘ldoshdan yer yuzasigacha bo‘lgan o‘rtacha masofa, kilometrda. Masofadan zondlash sun’iy yo‘ldoshlari orbitasi 600 – 800 kilometrgacha (qutbiy orbita) yoki 36000 kilometrgacha (geostatsionar orbita) bo‘lishi mumkin.

Og‘ish burchagi – orbita va ekvator orasidagi burchak (gradusda). Orbitaning og‘ish burchagi kenglik kuzatilishi mumkin bo‘lgan sensorning ko‘rish maydonini aniqlashda ishlatiladi. Agarda og‘ish burchagi60^0 bo‘lsa, sun’iy yo‘ldosh Yer ustidan60^0 janubiy va60^0 shimoliy kenglik oralig‘ida uchib o‘tadi; u Yer yuzasining60^0 kenglikdan yuqori bo‘lgan qismlarini kuzata olmaydi.

Davr – bitta to‘liq orbitani aylanib chiqish uchun ketadigan vaqt (minutda). 800 kilometr balandlikda qutbiy sun’iy yo‘ldosh bitta to‘liq orbitani aylanib chiqishi uchun 90 minut talab qiladi. Uchish tezligi 28000 km/soat, bu deyarli 8 km/s ga teng. Platformaning tezligi olinayotgan tasvir turiga ta’sir qiladi.

Sikl (aylanish) takrorlanishi – ikkita ketma-ket bir xil orbitalar orasidagi vaqt (kunlarda). Qayta o‘tish vaqti, bir joydan ikki marta ketma-ket tasvir olinishi orasidagi vaqt,sensorlarning ko‘rish imkoniyati bilan sikl takrorlanishi orqali aniqlanadi. Ko‘rish imkoniyati deganda sensor-platformaningqaysidir tomonga qaratilishi nazarda tutilgan.

Quyidagi jadvalda ayrim masofadan zondlash sun’iy yo‘ldoshlari keltirilgan:

3.1-jadval. Ayrim masofadan zondlash sun’iy yo‘ldoshlarining xususiyatlari

Nomi	**Turi**	**Balandlik (km)**	**Og‘ish (°)**	**Davri(min)**	**Sikl takrorlanishi (kunlarda)**	**Sensorlar**
SPOT	Quyosh sinxronli	832	98.7	101	26	HRV
LANDSAT	Quyosh sinxronli	705	98.2	99	16	MSS, TM
MOS	Quyosh sinxronli	908		103	17	MESSR, VTIR, MSR
EO-1	Quyosh sinxronli	705	98.2	99	16	Hyperion
IRS	Quyosh sinxronli	817	98.69	101	24	LISS, PAN, WIFS
RESURS	Quyosh sinxronli	678	98.04	98	21	MSU-SK
NOAA	Quyosh	870-833	98.7-	101.4		AVHRR/2,

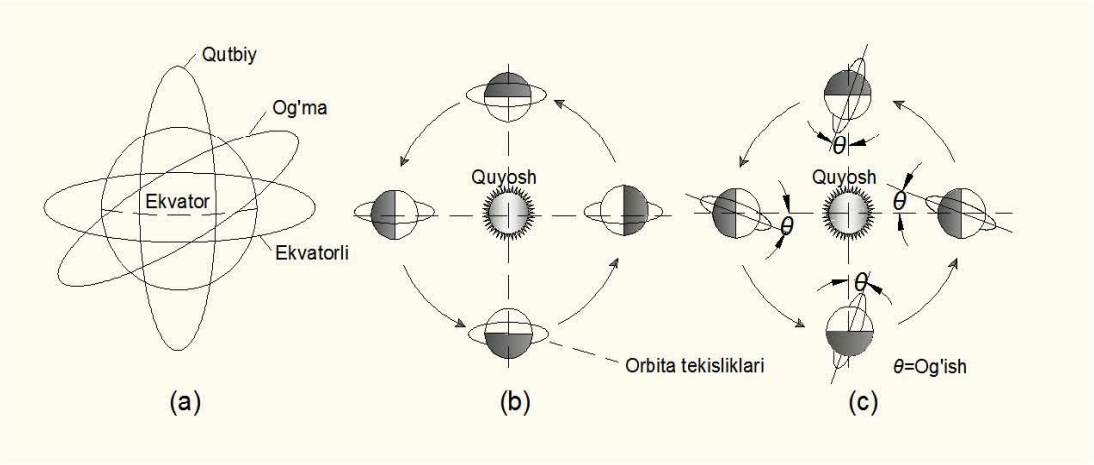
	sinxronli		98.99			TOVS, SSU, MSU
EROS-A1	Quyosh sinxronli	475-491	97.3	94		CCD
IKONOS	Quyosh sinxronli	681	98.1	98		PAN
ADEOS2-GLI	Quyosh sinxronli	803	98.6	101	4	GLI
SPOT-5	Quyosh sinxronli	832	98.7	101	26	HRV
Quickbird-2	Quyosh sinxronli	450	98	93.4		PAN
ADEOS	Quyosh sinxronli	800	98.6	101	41	OCTS
RADARSAT	Quyosh sinxronli	798	98.6	100.7	24	SAR

3.3. Masofadan zondlash geometriyasi

Ushbu bobning boshida eslatib o‘tilganidek, masofadan zondlash asboblari mo‘ljallangan tasvirni ko‘rish uchun turli platformalarga o‘rnatiladi. Masalan, Yerga o‘rnatilgan maxsus qurilmalar yoki samolyotlar platforma sifatida ishlatiladi.Sun’iy yo‘ldoshlar hozirgi kunda ko‘p qo‘llanilayotgan va katta hajmdagi masofadan zondlash tasvirlari bilan ta’minlayotgan platformalar hisoblanadi. Yer yuzasini masofadan zondlashda sun’iy yo‘ldoshlarning bir nechta alohida xususiyatlari mavjud.

3.3.1. Sun'iy yo'ldosh orbitasi

Sun'iy yo'ldoshning fazodagi yo'li (harakatlanish yo'lagi) uning *orbitasi* deyiladi. Sun'iy yo'ldosh harakatlanadigan tekislik *orbita tekisligi* deb ataladi. Ekvatordan tashkil topgan orbita tekisligi *ekvator tekisligi* deyiladi (3.12-rasm). Sun'iy yo'ldoshning orbita tekisligi va yerning ekvator tekisligi orasidagi burchak orbitaning *og'ishi* deyiladi. Ekvator orbita tekisligining og'ishi 0^0. Og'ish 90^0 ga teng bo'lsa sun'iy yo'ldosh qutblar ustidan o'tadi; bu yerning markazi, shimoliy va janubiy qutblar orbita tekisligida yotadi. Bu esa qutbiy orbita deyiladi. 0^0va 90^0 oraliqda og'ishga ega bo'lgan orbita tekisliklari og'gan orbitalar deb ataladi. Agar og'ish 90^0 ga yaqin bo'lsa qutbiy-yaqin orbita deyiladi. Aksariyat sun'iy yo'ldoshlar yerning aylanishi (g'arbdan-sharqqa) bilan bog'liq holda shimol-janub orbitadan o'tadi, bu esa ma'lum bir vaqt ichida Yerning katta qismini egallash imkoniyatini beradi. Sun'iy yo'ldosh orbitalari ular olib yuradigan sensorlarning vazifasi va imkoniyatiga moslashtirilgan. Orbita tanlash, uning balandligi (Yer yuzasidan balandligi), yo'nalishi va Yerga nisbatan aylanishiga qarab farq qiladi. Shuning uchun, sun'iy yo'ldoshlar orbitalari ma'lum bir me'zonlar asosida yaratilgan.



3.12-rasm. (a) – Turli xil orbitalar; (b) – quyosh-sinxronli bo'lmagan orbita; (c) – quyosh-sinxronli orbita (Manba: 5 adabiyot).

Sun'iy yo'ldoshning orbita davri (T) quyidagi formula orqali hisoblanadi (Keplerning uchinchi qonunidan olingan Nyuton formulasi):

$$T = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^2}{GM_{markaziy}}}$$

Bu yerda,

R–Yerning radiusi ($\approx 6{,}38 \times 10^6$ m) + Yer yuzasiga nisbatan sun'iy yo'ldoshning orbita balandligi;

G = universal gravitatsiya konstantasi = $6{,}67 \times \frac{10^{-11} Nm^2}{\text{kg}^2}$

$M_{markaziy}$ = Markaziy jismning massasi (Yer) = $5{,}98 \times 10^{24}$ kg

Masalan, sun'iy yo'ldoshning orbita balandligi 817 km, unda T=6061.61s=101.3min. Bu hisoblash IRS-1C orbitasiga tegishli.

Bundan kelib chiqadiki, sun'iy yo'ldosh orbitasining balandligi o'zgarishi bilan orbitani aylanib chiqish vaqti ham o'zgaradi, orbita davri uzayadi. Sun'iy yo'ldosh orbitasi unga bo'lgan ta'sirlar va turli sabablarga ko'ra o'zgaruvchan bo'ladi. Orbitalar aniq aylana ko'rinishiga ega emas, shuning uchun ular *aylanaga-yaqin* deb yuritiladi. Orbita davri vaqti - vaqti bilan o'zgarib turadi. Shuning uchun amaliyotda o'rtacha orbita davri hisobga olinadi. IRC-1C sun'iy yo'ldoshining yerni to'liq bir marta aylanib chiqishiuchun ketadigan o'rtacha vaqt (orbita davri) 101,35 daqiqa bo'lib bir kunda 14 ta orbitani bosib o'tadi. Yer 24 soat davomida 341 ta orbita bilan qoplangan.

Sun'iy yo'ldoshlar vaqti-vaqti bilan o'z orbitalarini tuzatilishini talab qiladi. Unga orbitada paytida atmosferiktortilish va boshqa kuchlar ta'sir etadi, shuning uchun ular boshlang'ich orbita yo'lidan og'ishi mumkin. Sun'iy yo'ldoshlarning asl orbitasini saqlanishini ta'minlash maqsadida Yerdagi nazorat markazi uning to'g'ri orbita yo'liga qaytishini buyruqlar orqali nazorat qilib turadi.

Quyidagi orbita turlari masofadan zondlash maqsadlarida eng ko‘p qo‘llaniladi:

Qutbli, yoki yaqin qutbli orbita. Bu 80^0va100^0 oraliqdagi og‘ish burchagiga va to‘liq Yer sharini kuzatish imkoniyatiga ega bo‘lgan orbita. Sun’iy yo‘ldosh 600–800 kilometr balandlikdagi orbitada joylashtirilgan.

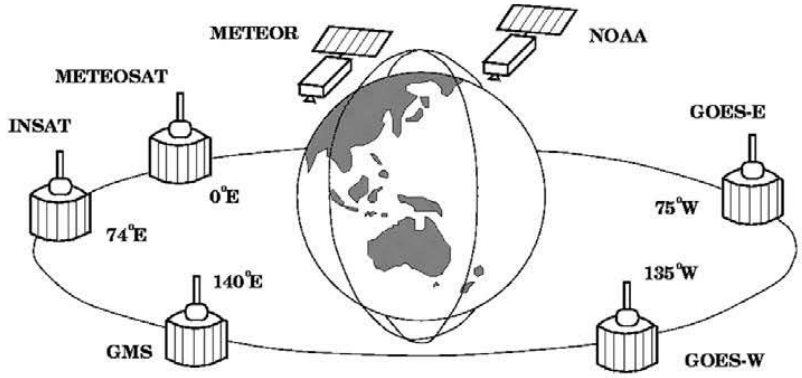
Quyosh-sinxronli orbita. Bu orbita shunday tanlanganki, sun’iy yo‘ldoshlar doim bir xil mahalliy quyosh vaqti ustidan o‘tadi. Aksariyat quyosh-sinxronli orbitalar ekvatorni ertalab 10:30 larda kesib o‘tadi. Bu vaqtda quyosh burchagi past va maydon relyefi soyalar natijasida ko‘rsatiladi. Quyosh-sinxronli orbitalar sun’iy yo‘ldoshlarga 24 soat davomida ikkita aniq belgilangan vaqtda tasvirga olish imkoniyatini beradi: biri kunduz, ikkinchisi esa tunda. Yaqin qutb quyosh-sinxronli sun’iy yo‘ldoshlarga Landsat, SPOT va IRS lar kiradi.

Geostatsionar orbita. Ekvator chizig‘ining ustidan 36 000 km balandlikda joylashgan (og‘ish burchagi 0^0) sun’iy yo‘ldoshlar nazarda tutiladi. Bu masofada orbita aylanish davri yerning aylanish davri bilan teng bo‘ladi. Bunda sun’iy yo‘ldosh yerga nisbatan o‘zgarmas masofada joylashgan. Geostatsionar orbitalar meteorologik va telekommunikatsiya maqsadlari uchun mo‘ljallangan sun’iy yo‘ldoshlarda foydalaniladi.

Bugungi kundagi meteorologik ob-havoni kuzatish sun’iy yo‘ldoshlar tizimida geostatsionar sun’iy yo‘ldoshlar va qutbiy orbitalar kombinatsiyasidan foydalaniladi. Geostatsionar sun’iy yo‘ldoshlar davomiy ko‘rinish, qutbiy orbitalar esa yuqori imkoniyatni ta’minlaydi.

Fazoviy sensorlar ma’lumotlari tahlil qilinishi va qayta ishlanishiuchun yerga tushirilishi kerak. Oldingi ayrim fazoviy tizimlarda plyonka kartrijlari ishlatilgan va ular Yerdagi belgilandan joyga tashlangan. Hozirgi paytda, barcha Yerni kuzatuvchi sun’iy yo‘ldoshlar ma’lumotni *Yerga bog‘lanish(downlink)* sun’iy yo‘ldosh aloqa texnologiyasidan foydalanadi. Olingan ma’lumot Yerdagi qabul qiluvchi stantsiyaga jo‘natiladi, yoki aloqadagi sun’iy yo‘ldoshga Yerdagi qabul

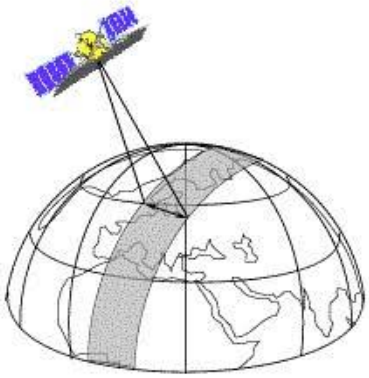
qiluvchi antennaga bog‘lash uchun jo‘natiladi. Agarda sun’iy yo‘ldosh qabul qiluvchi stansiyadan uzoq masofada joylashgan bo‘lsa ma’lumot vaqtincha sun’iy yo‘ldoshning yozib oluvchi lentasiga yozib olinadi va keyinchalik Yerga uzatiladi. Qabul qiluvchilarning takomillashgan shakli kichik qurilmalardir, (kichik antenna va shaxsiy kompyuterdan tashkil topgan) ular tasvirli ma’lumotlarni mahalliy qabul qilish uchun mo‘ljallangan.



3.13-rasm. Geostatsionar va qutbiy sun’iy yo‘ldoshlardan tashkil topgan meteorologik kuzatish tizimi (Manba: 6 adabiyot).

3.3.2. Kenglik tushunchasi

Sun’iy yo‘ldoshningsensori Yer atrofini aylanishi davomida Yer yuzasining aniq bir qismini kuzatadi. Sun’iy yo‘ldosh tizimida skaner qoplagan Yerdagi maydonning umumiy kengligi *kenglik* yoki umumiy ko‘rinuvchi maydonning kengligi (field of view – FOV) deb nomlanadi (2.14-rasm). Fazoviy sensorlarda tasvirga olish kengligi o‘nlab kilometrdan yuzlab kilometrgacha o‘zgaradi. Kenglik sensordagi detektorlarning soni, fazoviy imkoniyat, orbita balandligi va boshqa xususiytalarga bog‘liq. Balandlik qanchalik yuqori bo‘lsa sensor shunchalik katta maydonni kuzatadi.



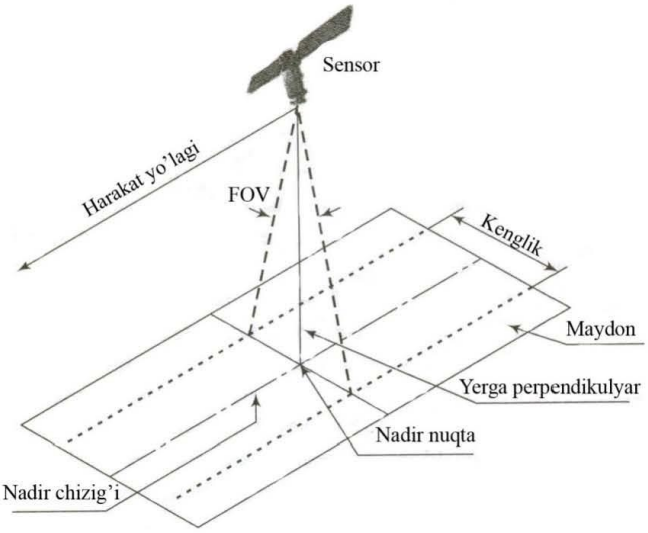
3.14-rasm. Sensorning Yerni egallash kengligi (Manba: 7 adabiyot).

Sun'iy yo'ldosh Yerning shimoliy va janubiy qutbi bo'ylab o'tganda, agar Yer o'z o'qi atrofida aylanmaganda edi uning sharqiy-g'arbiy joylashishi o'zgarmas edi. Shuning uchun, rasmdan ko'rinib turibdiki, sun'iy yo'ldosh g'arbiy tomonga siljigandek ko'rinmoqda.Sababi Yer aylanmoqda. Bu harakatlanish sun'iy yo'ldosh kengligiga har bir aylanish yo'lida yangi maydonlarni qoplash imkoniyatini beradi.

Sun'iy yo'ldosh orbitasi va Yerning aylanishi Yer yuzasining to'liq qoplangan tasvirini olish uchun xizmat qiladi.

3.3.3. Nadir tushunchasi

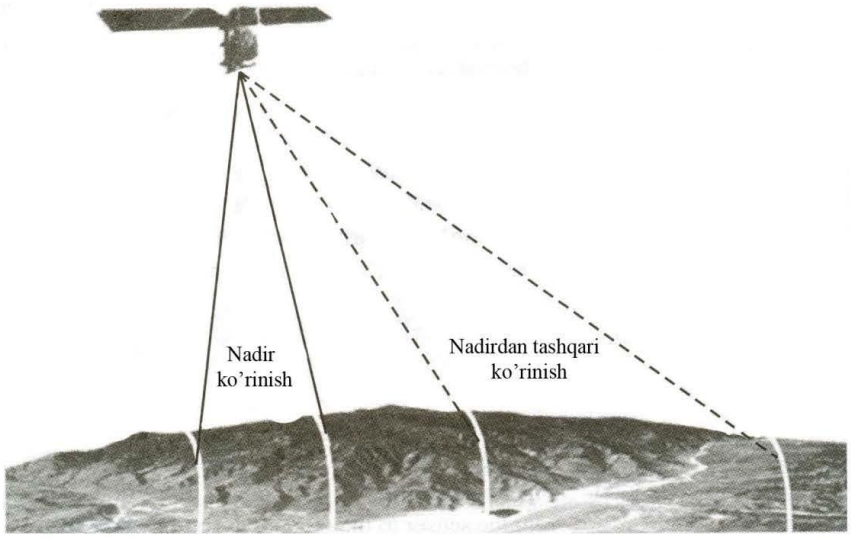
Nadir – skaner detektori ostidan perpendikulyar tushgan va Yerda joylashgan tasvirga olish nuqtasi (3.15-rasm). Shuningdek bu nuqta *nadir nuqta* deb ham ataladi.Agar sensorga bu nuqta har qanday vaqtda ko'rinsa, bu ko'rinish *nadir ko'rinish* deyiladi va olingan tasvir ba'zida *nadir tasvir* deb ataladi. Agar sensordan Yerga tomon perpendikulyar chiziq o'tkazilsa Yerga tushgan nuqta nadir nuqta deyiladi. Vertikal ko'rinishdagi tasvir nadir chizig'ining o'rtasidagi nuqta ham nadir nuqta bo'ladi. Nadir chiziq nadir tasvirning chap va o'ng chetki chiziqlarning o'rtasida joylashgan markaziy chiziqdir.



3.15-rasm. Tasvirga olish tizimining geometriyasi (Manba: 6 adabiyot).

Agar biz sun'iy yo'ldosh orbitasidagi bitta yo'lni tanlab olsak, sun'iy yo'ldosh o'sha tanlab olingan yo'lni qaytadan bosib o'tsa, orbita sikli tugallanadi, ya'ni Yer yuzasidagi sun'iy yo'ldoshning nadir nuqtasini ikkinchi marta bosib o'tganda orbita sikli tugallanadi. Orbita siklining bosib o'tish vaqti harbir sun'iy yo'ldoshda har xil bo'ladi.Sun'iy yo'ldoshning to'liq orbita siklini bosib o'tishiga ketadigan vaqt va *qayta o'tish davri* orasidagiinterval bilan bir xil emas. *Qayta o'tish davri* – belgilangan maydon tasvirini takroran olish uchun ketgan vaqt. Boshqariladigan sensorlardan foydalanilganda, sun'iy yo'ldoshga o'rnatilgan uskuna orbitasi belgilangan maydonning ustidan o'tishidan oldin va keyin *nadirdan tashqari* maydonni ham ko'ra oladi va bu qayta o'tish davrini orbita sikli davridan kamroq bo'lishiga sabab bo'ladi (3.16-rasm). Qayta o'tish davri bir necha turdagimonitoring ishlarini olib borishda hususan, tez takroriy tasvir zarur bo'lganda (masalan, suvga to'kilgan neftning tarqalishini yoki suv toshqinini monitoring qilishda) muhim hisoblanadi. Qutbga yaqin orbitalarda yuqori geografik kenglikdagi maydonlarning tasviri ekvator atrofidagi maydonlarga qaraganda tez-tez olinadi, chunki orbita yo'li qutblarga yaqinlashgan sari kengliklar tutashishining ustma-ust tushishi ortib boradi.Bu holat yerning diametri

ekvatorda maksimum ekanligi va qutbga yaqinlashgan sari kamayib borishi sababli sodir bo‘ladi.



3.16-rasm. Nadir va nadirdan tashqari ko‘rinish (Manba: 6 adabiyot).

3.4. Sensor imkoniyati (resolution)

Ma’lumot to‘plash tizimida 4 ta asosiy imkoniyat mavjud. Ko‘rinuvchi va infraqizil diapazonda ishlaydigan masofadan zondlash uskunasining asosiy tasvirga olish xususiyatlari uning fazoviy, vaqtincha, spektrli va radiometrikimkoniyati bilan ifodalanadi. Boshqa muhim xususiyatlari sifatidasensorlarning ishlash usullari (elektromexanik yoki elektrik) va geometrik xususiyatlarini sanab o‘tishimiz mumkin. Masofadan zondlangan tasvirdan biofizik yoki boshqa turli ma’lumotlarni ajratib olish uchun tahlilchi yuqorida sanab o‘tilgan imkoniyatlarni bilishi lozim. Imkoniyat – optik tizim yoki sensorning fazoviy yaqin yoki spektrli o‘xshash signallar orasidagi farqni o‘lchash imkoniyati bilan aniqlanadi. Bu to‘rtta imkoniyat birgalikda *sensorning imkoniyati* deb ataladi.

3.4.1. Fazoviy imkoniyat (Spatial resolution)

Masofadan zondlash asboblarining ayrimlarida tasvirga olinayotgan obyekt va platforma orasidagi masofa olingan tasvirning tafsilotliligi va tasvirga olingan umumiy maydonni aniqlashda katta rol o‘ynaydi. Obyektdanuzoq masofada

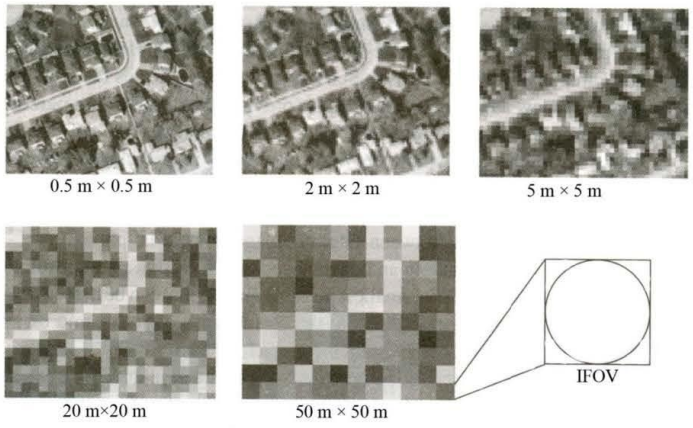
joylashgan platformadagi sensorlar katta maydonni kuzata oladi, lekin batafsil ma'lumot bilan ta'minlay olmaydi. Astronavt fazodan Yerga qaraganda koʻrinadigan va biz samolyotdan Yerga qaraganda koʻrinadigan maydonni taqqoslab koʻring,astronavt bir qarashda toʻliq viloyat yoki davlatni koʻra oladi, lekin har bir alohida binoni farqlay olmaydi. Samolyotda esa shahar yoki qishloq ustidan oʻtayotganimizda alohida bino yoki mashinalarni koʻra olamiz, lekin biz koʻradigan maydon astronavt koʻradigan maydondan ancha kichik. Sun'iy yoʻldosh tasvirlari va aerosuratlar orasida ham shunday farq bor.

Tasvirdan ajratib olinadigan tafsilotlar sensorning fazoviy imkoniyatiga bogʻliq va ma'lumot olinishi mumkin boʻlgan eng kichik shaklning oʻlchamlarini anglatadi. Passiv sensorlarning fazoviy imkoniyatiasosan ularning *lahzali koʻrinish maydoniga* bogʻliq (IFOV–Instantaneous Field of View). Lahzali koʻrinish maydoni sensorning burchakli konus koʻrishi va belgilangan balandlikdan ma'lumbir vaqtdagi koʻrinishning yer yuzasidagi maydonini aniqlaydi. Lahzali koʻrinish maydon ma'lum bir vaqtda, belgilangan balandlikdagi yagona asbobga koʻrinadigan yerdagi maydon sifatida ham aniqlanishi mumkin.Yerdagi bu maydon imkoniyat katakchasidir va sensorning maksimal fazoviy imkoniyatini aniqlaydi. Bu ikki yoʻl bilan aniqlanishi mumkin: burchakli oʻlchash sifatida yoki Yerdagi maydon sifatida. Lekin aksariyat sun'iy yoʻldoshlarning orbitalari barqaror emas. Chunki sun'iy yoʻldoshning haqiqiy balandligi oʻzgarishi bilan unga bogʻliq holdafazoviy imkoniyat ham oʻzgarishi mumkin. Lahzali koʻrinish maydoni balandlik kamaysa kichrayadi va balandlik oshsa kattalashadi. Shuning uchun amaliyotda biz sensor tizimining oʻrtacha fazoviy imkoniyatini aniqlaymiz. Landsatning 1,2 va 3 koʻp spektrli sensorlarining fazoviy imkoniyati 79 m deb yuritiladi. Haqiqiy imkoniyatesa 76 dan 81 metrgacha oʻzgaradi. Lahzali koʻrinish maydoniga yanada aniqlik kiritish uchun geometrik proyeksiya ishlatiladi va bu *lahzali geometrik koʻrinish maydoni* deyiladi. Lahzali koʻrinish maydonidagi ma'lumot tasvir tekisligidagi tasvir elementi yordamida ifodalanadi, bu tasvir elementi piksel deb ataladi. Koʻrinish maydoni bu sensorning umumiy koʻrish

burchagi, kenglikni aniqlashda foydalaniladigan va lahzali ko‘rish maydoniga bog‘liq emas.

Bir turdagi obyektdan ma’lumot olish uchun o‘sha obyektning o‘lchamlari imkoniyat katakchalarining o‘lchamiga teng yoki katta bo‘lishi kerak. Agarda obyektimkoniyat katakchalarining o‘lchamidan kichik bo‘lsa katakchaning ichidagi barcha obyektlarning o‘rtacha yorug‘ligi ma’lumot sifatida qabul qilinadi va natijada bizga zarur bo‘lgan obyekt haqida ma’lumot olish imkoni bo‘lmaydi. Shunga qaramasdan, agarda kichik obyektlarning qaytaruvchanligi imkoniyat katakchasidagi boshqa obyektlardan ancha katta bo‘lsa yoki sub-piksel (piksel ichidagi piksel) imkoniyatini bersa ulardan ham ma’lumot olish mumkin.

Ushbu bobning boshida ta’kidlab o‘tganimizdek aksariyat masofadan zondlash tasvirlari tasvirning eng kichik qismi bo‘lgan tasvir elementi matritsasi yoki piksellardan tashkil topgan. Tasvir piksellari kvadratlardan iborat va tasvirning ma’lum bir maydonini ifodalaydi. Agarda sensorning fazoviy imkoniyati 20 m bo‘lsa va ushbu sensordan olingan tasvir to‘liq imkoniyatda tasvirlansa, har bir piksel yerdagi 20 m × 20 m maydonni ifodalaydi. Faqatgina katta obyektlar ko‘rinadigan tasvirlar past imkoniyatdagi tasvirlar deb ataladi. Yaxshi yoki yuqori imkoniyatdagi tasvirlarda kichik obyektlar ham ko‘rinadi (3.17-rasm).

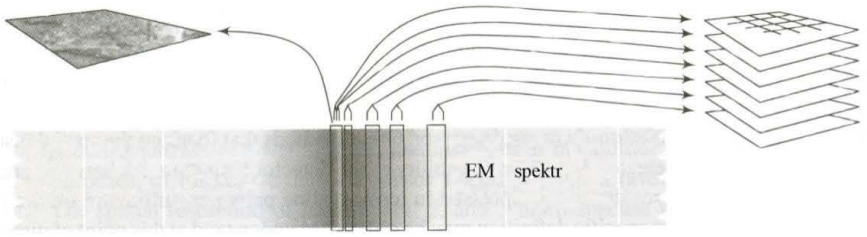


3.17-rasm. Fazoviy imkoniyat kamaysa ma’lumotlar batafsilligi kamayadi (Manba: 3 adabiyot).

3.4.2. Spektrli imkoniyat (Spectral resolution)

Spektrli imkoniyat- masofadan zondlash asbobi ma'lumot oladigan elektromagnit spektrning ma'lum to'lqin uzunlik intervallarining soni va hajmini bildiradi. Bundan oldingi bobda biz obyektning turli to'lqinuzunliklarini qaytaruvchanligi yoki taraluvchanligini xarakterlovchi spektrli sezuvchanlik yoki spektrli qaytaruvchanlik egri chiziqlarini o'rgandik. Tasvirdagi obyekt va tafsilotlarning turli sinflari ularning ma'lum to'lqin uzunligi oraliqlarida sezuvchanligini taqqoslash orqali farqlanadi. Suv va vegetatsiyani tashkil qilgan sinflar katta to'lqin uzunliklaridan iborat ko'rinuvchi va yaqin infraqizil oraliqlaridan foydalanib ajratib olinadi. Boshqa ayrim sinflar masalan, tog' turlarini bu kabi katta to'lqin uzunliklari orqali farqlash oson emas va ajratib olish uchun boshqa to'lqin uzunliklari oraliqlarida taqqoslab ko'rish talab etiladi. Shuning uchun bizga yuqori spektrli imkoniyatga ega sensorlar kerak bo'ladi.

Oq-qora plyonka elektromagnit spektr ko'rinuvchi qismining juda katta yoki barcha to'lqin uzunliklarini yozib oladi. Ko'rinuvchi spektrning turli to'lqin uzunliklari alohida ajratib olinmaganligi va to'liq ko'rinuvchi qismning umumiy qaytuvchanligi yozib olinganligi sababli uning spektrli imkoniyati katta. Rangli plyonka ham elektromagnit spektrning ko'rinuvchi qismidagi umumiy qaytgan nurni sezadi, lekin yuqori spektrli imkoniyatga ega, sababi spektrning ko'k, yashil va qizil to'lqin uzunliklaridagi qaytgan energiyaning har birini alohida sezadi. Shuning uchun u turli rangdagi obyektlarning har bir to'lqin uzunliklari oraliqlaridagi qaytaruvchanligini tasvirlay oladi.



3.18-rasm. Panxromatik va ko'p spektrli tasvirning spektrli imkoniyati (Manba: 3 adabiyot).

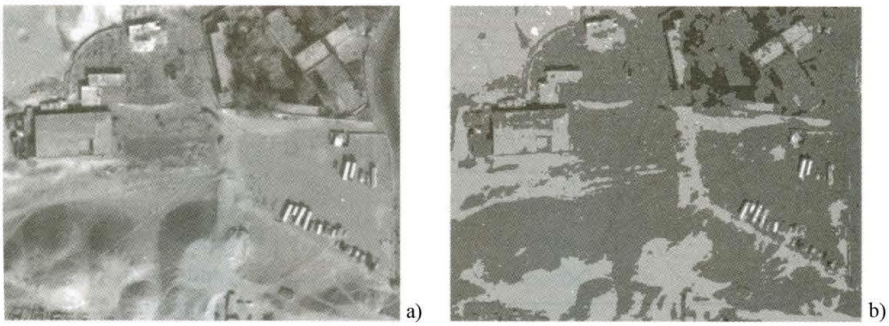
Agarda sensor obyektdan chiqayotgan yoki qaytayotgan energiyani elektromagnit spektrning bitta diapazonida tutsa(odatda 0.4 – 0.7 μm da) olingan tasvir panxromatik (PAN), tasvir deyiladi. Aksariyat masofadan zondlash sensorlari koʻplab alohida toʻlqin uzunlik oraliqlaridagi energiyani turli spektrli imkoniyatlarda yozib oladi. Bunday sensorlar koʻp spektrli sensorlar deb nomlanadi. Yuqori darajadagi koʻp spektrli sensorlar giperspektrli sensorlar deyiladi va ular elektromagnit spektrning koʻrinuvchi, yaqin-infraqizil va oʻrtainfraqizil qismlaridagi bir necha oʻnlab yoki yuzlab juda qisqa spektrli oraliqlarini tutadi. Ularning juda yuqori spektrli imkoniyatihar bir qisqa diapazondagi spektrli aksga asosan turli obyektlarni bir-biridan farqlashga yordam beradi. Koʻp spektrli tasvirdagi alohida diapazonlar va ularning eni har bir obyektni (vegetatsiya turi, ekin yoki togʻ turlarini) farqlash darajasini aniqlaydi. Masofadan zondlash asbobining spektrli imkoniyatifoydalanilayotgan kanallarning diapazon eni (bandwidth) yordamida aniqlanadi. Qisqa diapazon enidan yuqori spektrli imkoniyatga erishiladi, u alohida obyektlarda keng diapazon eniga nisbatan aniqroq signatura bilan ta'minlaydi.

3.4.3. Radiometrik imkoniyat (Radiometric resolution)

Piksellarning joylashuvi tasvirning fazoviy tuzilmasini tasvirlaydi, radiometrik xususiyatlar esa tasvirning tarkibi haqida ma'lumot beradi. Sensor yoki fotoplyonka yordamida olingan tasvirning elektromagnit energiya kattaligini zondlashi radiometrik imkoniyatni aniqlaydi.Radiometrik imkoniyat masofadan zondlash detektorining maydondan taralayotgan yoki qaytayotgan nurlanish oqimini yozib olishida signal kuchidagi farqni zondlashi bilan aniqlangan. U farqlanadigan signal darajalarining sonini aniqlaydi; shuning uchun bizning obyektlar xususiyatlarini oʻlchash imkoniyatimizga katta ta'sir koʻrsatadi. Tasvirga olish tizimlarining radiometrik imkoniyati ularning energiya miqdoridagi juda kam farqni ajratish imkoniyatini ifodalaydi. Sensorning yaxshiroq radiometrik imkoniyati uning taralayotgan yoki qaytayotgan energiyaning kichik farqlarini zondlash sezuvchanligini oshiradi.

Radiometrik daraja farqlari (yorug‘lik darajasi yoki xiralik darajasi deb ham ataladi) odatda binar (ikkilik) raqamlarning (bitlarda) sonlarida ifodalanadi. Har bir bit 2 ning daraja ko‘rsatkichini yozadi (masalan, 1 bit = 2^1=2). Yorug‘lik darajasining maksimal soni yozib olingan energiyani tasvirlash uchun ishlatilganbitlar soniga bog‘liq. Shuning uchun, agar sensor ma’lumotni yozish uchun 8 bit ishlatsa, 0 – 255 gacha oraliqda 2^8 = 256 raqamli qiymatlardan foydalanilishi mumkin bo‘ladi. Shuningdek, agarda 4 bit ishlatilsa, unda 0 – 15 oraliqda 2^4 = 16 qiymatlardan foydalanilishi mumkin. Bunda radiometrik imkoniyat ancha kam bo‘ladi. Umuman olganda, tasvirli ma’lumot kulrang ranglarda tasvirlanadi, bunda qora rang 0 raqamli sonda va oq rang esa maksimal qiymatda (8 bitli ma’lumotda 255) tasvirlanadi.

2bitli va 8bitli tasvirni taqqoslasak ularning radiometrik tiniqligiga bog‘liq tafsilotlarni ajratish darajasidagi katta farqni ko‘rishimiz mumkin (3.19-rasm).



3.19-rasm. a) 8 bitli tasvir, b) 2 bitli tasvir (Manba: 3 adabiyot).

2bitli tasvirda 0 – 3 gacha to‘rtta raqamli qiymat (2^2 = 4) mavjud. Darajalar soni 8 bitga ortsa, biz 2^8raqamli qiymat soniga yoki 256 (0-255) ga erishamiz, bu esa tasvir haqida ko‘proq ma’lumot beradi. Landsat-1 qaytga energiyaning 6- bit aniqlikda yozadi (0 dan 63 gacha 2^6 qiymatlar soni). Landsat-4 va -5 Thematik Mapper sensori ma’lumotni 8 bitda (0 dan 225 qiymatgacha) yozadi. Shu sababli Landsat-1 ga nisbatan Landsat-4 va Landsat-5 Thematic Mapper sensorining radiometrik imkoniyati rivojlangan.

Tasvirni vizual qayta ishlashda yuqori radiometrik imkoniyat har doim ham yuqori sifatli tasvir ma'nosini anglatmaydi. Chunki insoniyat oq-qora fotosurat yoki masofadan zondlangan tasvirdagi kulrang tusdagi ranglarni taxminan 40-50 turini farqlay oladi. Demak, biz 6 bitli (64 turli) yoki 8 bitli (256 turli) radiometrik imkoniyat tasvirdagi farqlarni ajrata olmaymiz. Tasvirni kompyuter yordamida raqamli qayta ishlashda to'liq radiometrik oraliq ishlatilishi va yaxshiroq natija olinishi mumkin. Insoniyatga nisbatan kompyuterlar tasvirdagi barcha radiometrik turlarni farqlay oladi.

3.4.4. Davriy imkoniyat (Temporal resolution)

Masofadan zondlash tizimida fazoviy, spektrli va radiometrik imkoniyat bilan birga *davriy imkoniyat* tushunchasini ham hisobga olish kerak. Masofadan zondlash tizimining *davriy imkoniyati* deganda ma'lum bir maydonni qay darajada tez-teztakroran tasvirga olish tushuniladi. Past davriy imkoniyat deganda platformaning belgilangan maydonni tez-tez bo'lmagan vaqt oralig'ida tasvirga olishi, yuqori davriy imkoniyat esa belgilangan maydonni tez-tez vaqt oralig'ida tasvirga olishi tushuniladi. Masofadan zondlashni ayrim sohalarda qo'llanilishida davriy imkoniyat muhim omil hisoblanadi. Masalan, ekinlarning o'sish jarayonini monitoring qilishda har 10 kunda tasvirga olish talab qilinadi, lekin har yili bir marta olinadigan tasvirlar shaharlarningo'sishini kuzatishda foydalaniladi.

Tez kunlarda olinadigan tasvirlarni tahlil qilish vaqt davomida bo'ladigan o'zgarishlar haqidagi ma'lumot bilan ta'minlaydi. Shuning uchun belgilangan vaqt oraliqlarida belgilangan joyning bir nechta tasviri talab qilinadi. Turli vaqt davomida Yer yuzasidagi ma'lum bir maydonning tasvirlarini to'plash imkoniyati masofadan zondlash ma'lumotlarini qo'llashda eng muhim element hisoblanadi. Obyektlarning spektrli xususiyatlari vaqt o'tishi bilan o'zgaradi va bu o'zgarishlar ko'p-davriy tasvirlarni yig'ish va taqqoslash orqali aniqlanadi. Masalan, o'simlik dunyosining o'sish davrida aksariyat o'simlik turlari davomiy o'zgaribturadi va ushbu kichik o'zgarishlarni masofadan zondlash yordamida monitoring qilish tasvirlarni qachon va qay darajada tez-tez yig'ishimizga bog'liq. Turli vaqtlarda

davomiy tasvirga olish orqali biz Yer yuzasida boʻlayotgan oʻzgarishlarni ular tabiiy sodir boʻlishi (vegetatsiya qoplamidagi oʻzgarishlar yoki suv toshqini) yoki insoniyat tomonidan sodir etilishidan qa'tiy nazar (shaharlarning rivojlanishi yoki oʻrmonlarning kesilishi) monitoring qilishimiz mumkin.

Tasvirga olishda quyidagi holatlarda vaqt omili talab etiladi:

- Doimiy bulut bilan qoplanganlik Yer yuzasini aniq koʻrinishiga toʻsqinlik qiladi (tropik mintaqalarda).
- Qisqa vaqt davom etgan hodisa (suv toshqini, neft qoplami va boshqa).
- Koʻpdavriy taqqoslashlar talab qilinadi (oʻrmondagi daraxtlar kasalligining yillar davomida tarqalishi).
- Vaqt oʻtishi bilan obyektlar koʻrinishining oʻzgaruvchanligi ularni boshqa oʻxshash obyektlardan farqlashda ishlatiladi (bugʻdoy yoki joʻxori).

Masalan, IRS-1A sun'iy yoʻldoshida 22 kun davriy imkoniyat mavjud, bu esa aynan bir joyning tasvirini har 22 kunda takroran tasvirga olish imkoniyatini beradi. Biz ushbu bobda qayta oʻtish davri tushunchasi haqida aytib oʻtgandik, bu sun'iy yoʻldoshning bitta toʻliq orbita aylanishini bosib oʻtish vaqtiga aytiladi. Odatda sun'iy yoʻldoshning qayta oʻtish davri bir necha kundan iborat. Shuning uchun, masofadan zondlash tizimining absolyut davriy imkoniyati bir xil koʻrinish burchagi ostida aniq bir joyni ikkinchi marta tasvirga olinishi bu bir davrga teng.

Shuningdek, aksariyat shun'iy yoʻldoshlar qoʻshni orbitalarining tasvirga olish kengliklarini ma'lum bir darajada ustma-ust qoplashi va geografik kenglikning ortishi bilan tasvirga olish kengligini ham ortib borishi hisobiga Yer yuzasining ayrim maydonlari tez-tez qayta tasvirga olinadi. Ayrim sun'iy yoʻldosh sensorlari, masalan IRS-1C panxromatik sensor boshqariladigan, ya'ni agar zarur boʻlsa bu sensor nadirdan tashqari maydonlarni ham tasvirga tushirish mumkin. Bu esa oʻsimliklarning oʻsish davrini yoki favqulotda vaziyatlarni tasvirga olish

imkoniyatini oshiradi. Bu sun'iy yo'ldosh tizimlarining sensorlari boshqa sun'iy yo'ldosh o'tayotgan maydonni bir kundan besh kungacha oraliqda tasvirga olishi mumkin. IRS-1D ko'p spektrli sensorning davriy imkoniyati 24 kun va panxromatik sensorning davriy imkoniyati esa 5 kun (....26^0 nadirdan tashqari ko'rinish bilan), shuningdek ko'pspektrli sensorning kengligi 142 km va panxromatik sensorning kengligi esa 70 km. Shunday qilib sensorning davriy imkoniyati sun'iy yo'ldosh yoki sensorning imkoniyatlari, ustma-ust tushish kengligi, geografik kenglik va orbita kabi bir nechta omillarga bog'liq.

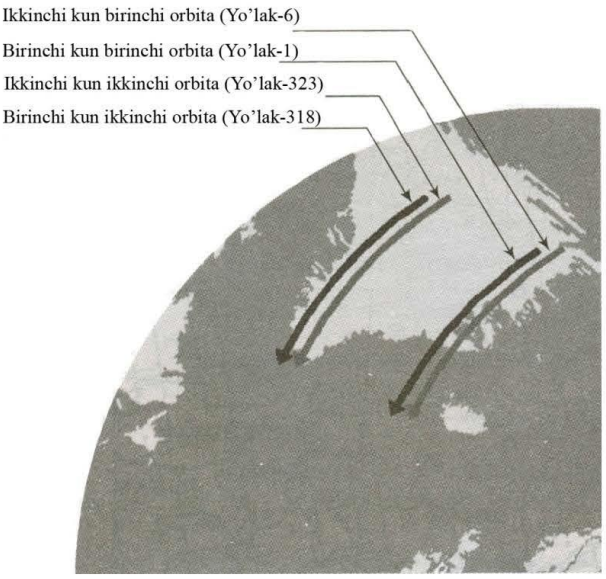
3.5.Tasvirni bog'lash tizimi

Tasvirni bog'lash tizimi (Butunjahon Referens Tizimi deb ham yuritiladi (WRS-World Reference System)) har bir sun'iy yo'ldoshning vazifasi uchun yagona bo'lib Yerdagi nuqtalarning geografik joylashuvini aniqlash vositasidir. Foydalanuvchiga Yerning har qanday qismini sun'iy yo'ldoshdan olingan tasvirlarini so'rash imkoniyatini beradi. Bu sxema yo'lak va qator orqali belgilangan. Yo'lak-qator tushunchasi nominal orbita xususiyatlariga asoslangan. Bu bo'limda bog'lash tizimi va unga bog'liq ma'lumotlar keltiriladi.

3.5.1. Yo'lak

Fazodagi sun'iy yo'ldoshning harakatlanish yo'li *orbita* va orbitaning Yerdagi izi *yo'lak* deb ataladi. Masalan, IRS Resourcesat-1 sun'iy yo'ldoshi 24-kun-aylanishda 101,35 minut orbita davri bilan 341 ta orbitani bosib o'tadi. Shundan kelib chiqib, sun'iy yo'ldosh bir kunda taxminan 14 ta orbitani bosib o'tadi. Orbitalar va yo'laklar raqamlari bir xil, biroq bog'lash sxemasidagi belgilangan yo'lak raqami va orbita raqami bir xil emas. Birinchi kuni (D1) sun'iy yo'ldosh 1 dan 14 gacha raqamli orbitalarni bosib o'tadi, bog'lash sxemasida yo'lak raqamlari 1, 318, 294, 270, 246, 222, 198, 174, 150, 126, 102, 78, 54 va 30 ni tashkil etadi, aylanish 1 yo'lakdan boshlanadi deb qabul qilamiz. Shuning uchun 1 orbita 1 yo'lakka, 2 orbita 318 yo'lakka, 3 orbita 294 yo'lakka va hokazo kabi muvofiq keladi. O'n beshinchi orbita yoki ikkinchi kunning (D2) birinchi orbitasi 6 yo'lak,

bu esa sharqiy 1 yo‘lak bo‘ladi va bu 1 yo‘lakdan 5 ta yo‘lak orqali ajratilgan (3.20-rasm)



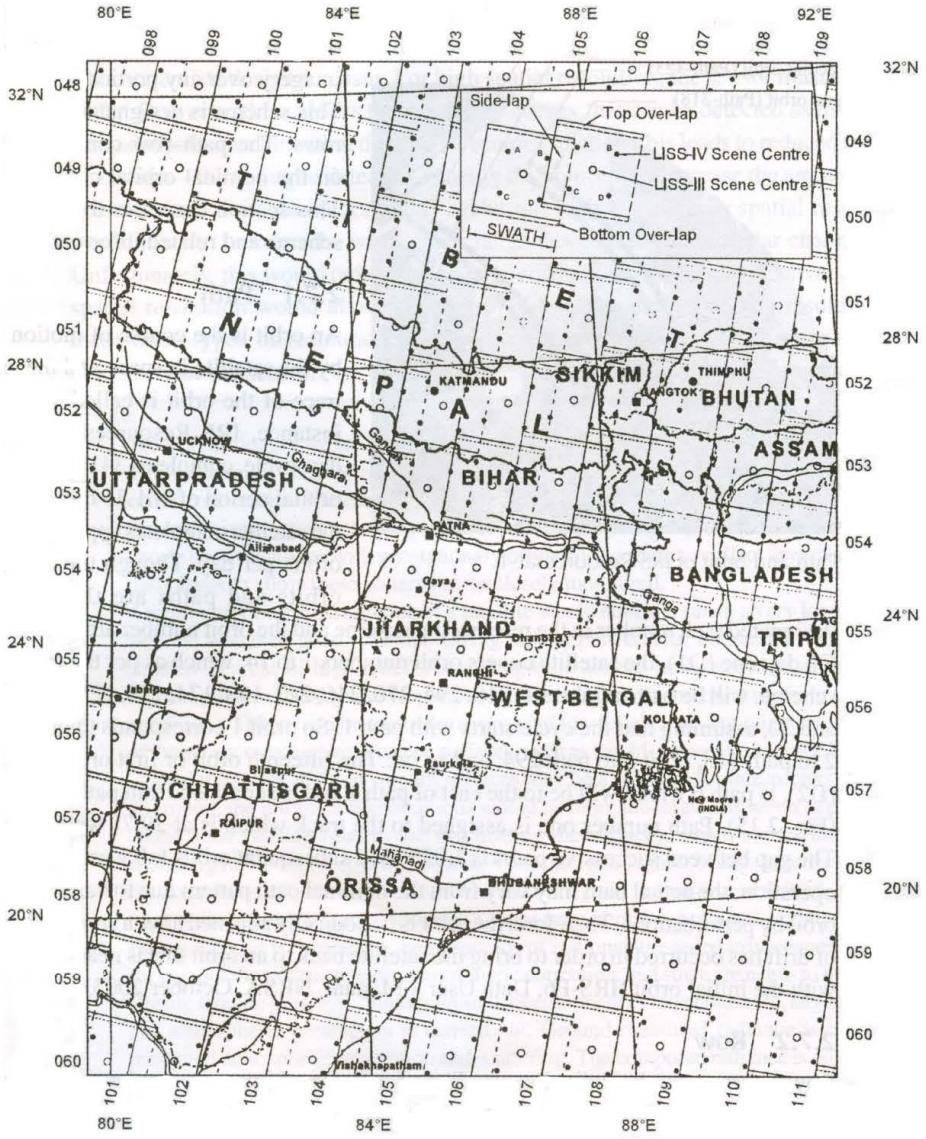
3.20-rasm. IRS Resourcesat-1 sun’iy yo‘ldoshining orbitasi va yo‘lagi (Manba: 5 adabiyot).

Birinchi yo‘lak $29,7^0$g‘arbiy uzoqlikdagi izga belgilangan. Ketma-ket yo‘laklar orasidagi bo‘shliq $1,055^0$. Barcha ketma-ket orbitalar g‘arb tomonga og‘adi. Harakat davomida haqiqiy yo‘lak nominal yo‘lakdan orbitadagi perturbatsiya sababli farq qilishi mumkin. Shuning uchun, orbitada ma’lum bir o‘zgarish sodir bo‘lgach sun’iy yo‘ldoshni boshlang‘ich orbita holatiga qaytarish uchun vaqti-vaqti bilan sozlab turiladi.

3.5.2. Qator

Qator tasvir tuzilmasining kenglikdagi markaziy chizig‘idir. Sun’iy yo‘ldosh yo‘lak bo‘yicha harakatlanganda kuzatuvchi qurilmalar pastdagi yerni davomiy tasvirga oladi. Qurilmalarda olingan signallar yerga jo‘natiladi va masofadan o‘lchangan ma’lumotlar alohida tuzilmaga ega tasvirlar shakliga keltiriladi. Bu jarayon mobaynida davomiy ma’lumot alohida ma’lumot tuzilmalari bo‘lgan

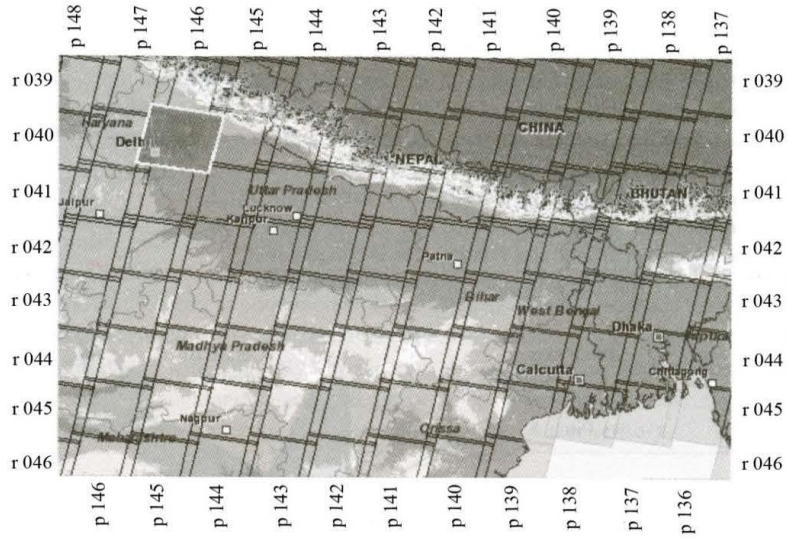
kartinalarga ajratiladi. Kartinalar shunday tuzilganki, ulardan birining markaziy chizig‘i ekvatorda yotadi. Masalan, IRS Resourcesat-1 LISS-III kartinasi (3.21-rasm) 6420 chiziqdan iborat, u shunday tuzilganki, bitta kartinaning markaziy chizig‘i ekvatorda yotadi.



3.21-rasm. IRS Resourcesat-I sun’iy yo‘ldoshining yo‘lak-kenglik bog‘lash tizimida Hindistonning bir qismi ko‘rsatilgan. Resourcesat-I ikkita ko‘p spektrli sensorlarni olib yuradi (LISS-III va LISS-IV), kartada har xil ko‘rinish markazlari tasvirlangan (Manba: 5 adabiyot).

Teng ajratilgan kartina markazlari turli yo‘laklarning bir xil qatorlari bir xil kenglikda yotadi. Bu 81^0 shimoliy va 81^0 janubiy kenglikkacha davom etgan. Har xil yo‘laklarning kartina markazlarini tutashtiruvchi chiziqlar ekvator chizig‘iga parallel va qatorlar deb nomlanadi. Teng ajratilgan kartina markazlari har xil yo‘laklarning bir xil qatorlari bir xil kenglikda yotadi. 1 raqamli qator 81^0 shimoliy kenglik atrofiga tushadi, 41 raqamli qator 40^0 shimol yaqiniga va ekvatorda yotadigan kartinaning raqami 75.

Dunyo bo‘yicha masofadan zondlash sensorlarida shunga o‘xshash tasvirni bog‘lash tizimidan foydalaniladi. Masalan, Landsat-TM ma’lumotida global indeks tizimi qo‘llaniladi hamda bu yo‘lak va qatorlar koordinatalarida aniqlangan nominal kartina markazlariga asoslangan. Landsat-TM WRS qatorga shimoldan janubga tomon olingan tasvirlar tuzilmasining kenglikdagi markaziy chizig‘iga aytiladi. 3.22-rasmdagi kartada Dehli shahri uchun qator raqami 040. Landsat-TM WRS yo‘lak deb sharqdan g‘arbga yo‘nalgan yo‘lakka aytiladi. Bu kartada Dehli shahri uchun yo‘lak raqami 146. Qator va yo‘lak birgalikda nominal kartinaning markazlarini aniqlashda qo‘llaniladigan koordinataga o‘xshash tizim yaratadi.



3.22-rasm. Landsat-TM sun’iy yo‘ldoshining yo‘lak-qator bog‘lash tizimi (Manba: 5 adabiyot).

Yo‘lak va qator bog‘lash tizimi geografik kenglik va uzoqlikdan foydalanmasdan qulay va yagona geografik joylashuvni aniqlashda yordam beradi. Bu tizimdan yangi axborotlar va mahsulotlar kataloglarini tayyorlashda foydalaniladi va axborotlar avlodini yaratishdagi qiyinchiliklarni kamaytiradi. Yo‘lak va qator raqami birgalikda nominal ko‘rinish markazini aniqlaydi. Har doim yo‘lak raqami birnichi keyin esa qator raqami ko‘rsatiladi. Masalan, 147 – 043 belgisida 147 raqami yo‘lak, 043 esa qator raqamini anglatadi.

Nazorat savollari

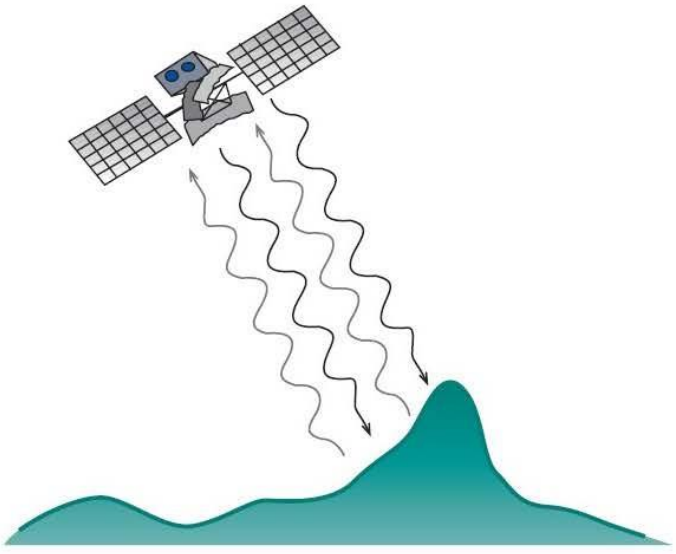
1. Sensor nimalardan tashkil topgan?
2. Passiv masofadan zondlash nima?
3. Aktiv masofadan zondlash nima?
4. Masofadan zondlash platformalariga nimalar kiradi?
5. Masofadan zondlashning ustunliklari nimalardan iborat?
6. Sun'iy yo'ldosh orbitasi, orbita tekisligi, ekvator tekisligi, orbita og'ishi va qutbiy orbitasini tushuntiring.
7. 900 km balandlikda sun'iy yo'ldoshning orbita davrini hisoblang.
8. Yo'lak kengligi nima?
9. Nadir nuqta nima?
10. Spektrli imkoniyatni tushuntiring.
11. Radiometrik imkoniyatni tushuntiring.
12. Davriy imkoniyatni tushuntiring.
13. Surat va tasvirning farqi nimada?
14. Piksel nima?

4-bob. Mikroto‘lqinli va lidar masofadan zondlash

Mikroto‘lqinli masofadan zondlash elektromagnit to‘lqinlarning 1 sm va 1 m oraliqdagi to‘lqin uzunliklarini ishlatadi (2.5-rasm). Bunday nisbatan uzunroq to‘lqin uzunliklarining afzalligi shundaki, ular bulutlardan ham o‘ta oladi va tuman kabi atmosferik sharoitlarga bog‘liq emas. Mikroto‘lqinli masofadan zondlashda passiv va aktiv sensorlar mavjud. Passiv sensorlar termal sensorlarga o‘xshash ishlaydi va tabiiy taralgan mikroto‘lqinli energiyani yozib oladi. Mikroto‘lqinli sensorlar meteorologiya, gidrologiya va okeanografiyada foydalaniladi. Aktiv sensorlarda antenna yer yuzasiga mikroto‘lqinli energiyani jo‘natadi. Jo‘natilgan energiyaning bir qismi yer yuzasidagi obyektga tegib sensor antennasi tomon tarqaladi va bu energiya sensorda yozib olinadi (4.1-rasm). O‘z energiyasiga ega bo‘lgan aktiv sensorlardan foydalanishning bir nechta ustunliklari mavjud:

- Kunu-tun ma’lumot olish imkoniyati mavjud (termal masofadan zondlash kabi).

- To‘lqinlar yaratilganligi sababli signal xususiyatlari to‘liq nazorat qilingan (masalan, to‘lqin uzunligi, qutblanish, tushish burchagi va boshqalar) hamda qo‘llanilish maqsadiga qarab o‘zgartirilishi mumkin.



4.1-rasm. Aktiv mikro-to‘lqinli masofadan zondlash tamoyillari(Manba: 6 adabiyot).

Aktiv sensorlar ikki guruhga bo‘lingan: *tasvirga oladigan* va *tasvirga olmaydigan* sensorlar. RADAR sensorlar juda ko‘p qo‘llaniladigan aktiv tasvirga olish mikroto‘lqinli sensorlar guruhiga tegishli. RADAR so‘zi “Radio Detection and Ranging” (ya’ni Radiolokatsion stantsiya) ning qisqartmasidir. “Radio” mikroto‘lqin va “range” masofani anglatadi. Radar sensorlar aslida harbiy maqsadlarda yaratilgan va foydalanilgan. Hozirgi kunda, radar sensorlardan yer va suv resurslarini boshqarish, atrof muhit muhofazasi va boshqa maqsadlarda ham foydalanilmoqda. Tasvirga olmaydigan mikroto‘lqinli uskunalar guruhiga masofa haqida ma’lumot oladigan (masalan, dengiz yuzasigacha bo‘lgan masofani) *altimetrlar* va obyekt xususiyatlari haqida ma’lumot oladigan (masalan, shamol tezligi) *skatterometrlar* kiradi.

Bu bobda tasvirga olish radarining ishlash tamoyili va qo‘llanilishi haqida so‘z yuritiladi. Radar tasvirlarni interpretatsiya qilish jarayonida sezish xususiyati optik masofadan zondlashga qaraganda kamroq foydalaniladi. Bunga to‘lqinning yer yuzasi bilan fizik kirishuvchanligi sabab bo‘ladi. Bu bobda qanday o‘zaro kirishuvchanliklar sodir bo‘lishi va radar tasvirlar qanday interpretatsiya qilinishi tushuntiriladi.

4.1.Tasvirga olish radarining tamoyillari

Tasvirga olish radar tizimlari bir nechta tarkiblardan tashkil topgan: o‘tkazuvchi (transmitter), qabul qiluvchi (resiver), antenna va yozib oluvchi (rekorder). Transmitter mikroto‘lqinli signalni hosil qilish va yerdan taralayotgan energiyani antennaga uzatishda foydalaniladi. Resiver orqaga qaytgan signalni antenna orqali qabul qiladi, yozib olish uchun talabga muvofiq filtrlaydi va yaxshilaydi. Rekorder esa qabul qilingan signalni saqlaydi.

Tasvirga olish radari yerdan qabul qilingan qaytgan energiyaning kuchiga qarab har bir pikseli raqamli sonlardan iborat tasvir oladi. Har bir uzatilgan radar pulsdan qabul qilingan energiya *radar tenglamasidan* foydalanib fizik parametr va yoritish geometriyasi shaklida ifodalanadi:

$$P_r = \frac{G^2 \lambda^2 P_t \sigma}{(4\pi)^2 R^4}, \qquad (4.1)$$

bu yerda:

- P_r – qabul qilingan energiya;
- G – antenna kuchaytirish koeffisiyenti;
- λ – to‘lqin uzunligi;
- P_t – uzatilgan energiya;
- σ – radar kesib o‘tish yuzi, bu obyekt xususiyatlari va yoritilgan maydon o‘lchamiga bog‘liq;
- R – sensordan obyektgacha bo‘lgan masofa.

Bu tenglikdan ko‘rinib turibdiki, qabul qilingan qaytgan energiyaning kuchiga ta’sir etuvchi uchta omil mavjud:

- Radar tizim xususiyatlari, ularga to‘lqin uzunligi, antenna, o‘tkazilgan kuch;

- Radar tasvirga olish geometriyasi signal zichligi, tushish burchagi va masofaga bog‘liq yoritilgan maydonning o‘lchamlarini aniqlaydi;

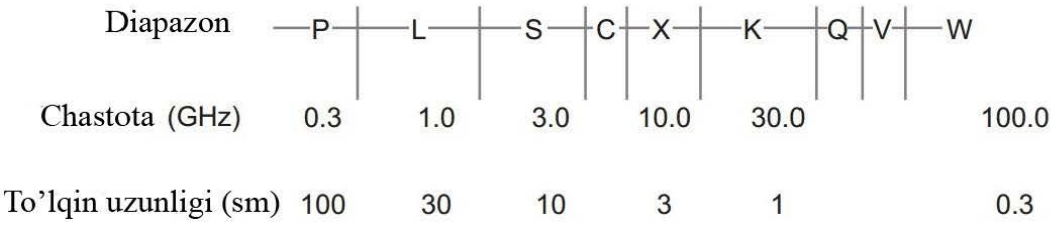
- Radar signalga bog‘liq obyekt xususiyatlari, bunga yuza dag‘alligi va tarkibi, maydon topografiyasi va yo‘nalishi kiradi.

Keyingi bo‘limlarda bular haqida kengroq tushuncha beriladi.

Radar tizimlari aynan nimani o‘lchaydi?Radar tasvirlarni to‘g‘ri interpretatsiya qilish uchun radar sensor nimani yozib olishini bilish muhimdir. Tasavvur qiling o‘tkazuvchilar mikroto‘lqinli signallarni hosil qiladi, ular muntazam intervaldagi mikroto‘lqinli pulslardir, Pulslarni Takrorlanish Chastotasi (Pulse Repetition Frequency-PRF) antenna orqali signallarga bog‘lanadi. Bu signal atmosferani kesib o‘tib Yerning ma’lum bir qismini yoritadi, signal orqaga qaytadi va atmosferani yana kesib o‘tib singal intensivligini qabul qiluvchi antennaga yetib boradi. Ma’lum bir vaqt oralig‘ida signal obyekt va antenna orasidagi masofani ikki marta bosib o‘tadi, yorug‘lik tezligini bilgan holda obyekt va sensor orasidagi masofani keltirib chiqarish mumkin.

Tasvirni yaratish uchun yagona pulsning qaytgan signalidan namuna olinadi va bu namunalar tasvir chizig‘ida saqlanadi. Sensor harakatlanishi bilan chiqayotgan pulslar yordamida ikki o‘lchamli tasvir yaratiladi (har bir puls bir chiziqni aniqlaydi). Shuning uchun radar sensor masofani o‘lchaydi va qaytgan signal intensivligini yozib oladi.

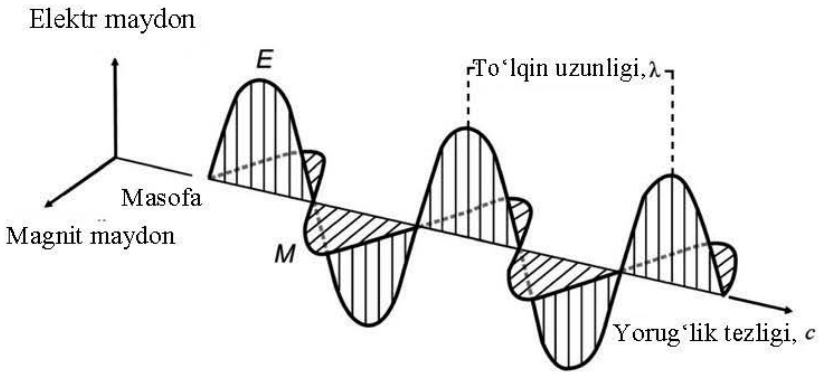
Ko‘p qo‘llaniladigan radar tasvirga olish diapazonlari. Optik masofadan zondlash kabi radar sensorlar ham turli diapazonlarda faoliyat yuritadi. Harflardan foydalanib turli diapazonlarni farqlash uchun har xil to‘lqin uzunliklarini aniqlaydigan standart yaratilgan (4.2-rasm). Agarda siz radarning har xil vazifalarini tavsiflarida harflarni ko‘rsangiz turli to‘lqin uzunliklaridan foydalanilganligini anglaysiz. Masalan, Evropa Masofadan Zondlash missiyasi (European ERS mission) va Kanadaning Radarsat tizimlari C-diapazon radardan foydalanadi. Xuddi ko‘p spektrli diapazonlar kabi turli radar diapazonlar har-xil obyektlarning xususiyatlari haqida ma’lumot beradi.



4.2-rasm. Harflar orqali mikroto‘lqinli spektr va diapazonni aniqlash.

Mikroto‘lqinli qutblanish. Elektromagnit to‘lqinning qutblanishi radar masofadan zondlashda muhim sanaladi. Jo‘natilgan va qabul qilingan radar to‘lqinni yo‘nalishiga qarab turli tasvirlarda qutblanish yuz beradi (4.3-rasm). Gorizontal, vertikal yoki ko‘ndalang qutblangan radar to‘lqinlar bilan ishlash mumkin. Harxil qutblanish va to‘lqin uzunliklaridan foydalanib ma’lum sohalarda qo‘llash uchun masalan, qishloq xo‘jalik maydonlarini sinflashda ma’lumot to‘plash mumkin. Radar tizim tavsiflarida quyidagi qisqartmalarga duch kelishingiz mumkin:

- HH: gorizontal uzatish va gorizontal qabul qilish;
- VV: vertikal uzatish va vertikal qabul qilish;
- HV: gorizontal uzatish va vertikal qabul qilish;
- VH vertikal uzatish va gorizontal qabul qilish.



4.3-rasm. Vertikal qutblangan elektromagnit to‘lqin; bu misolda vertikal tekislikda elektr maydonda o‘zgarish sodir bo‘ladi(Manba: 6 adabiyot).

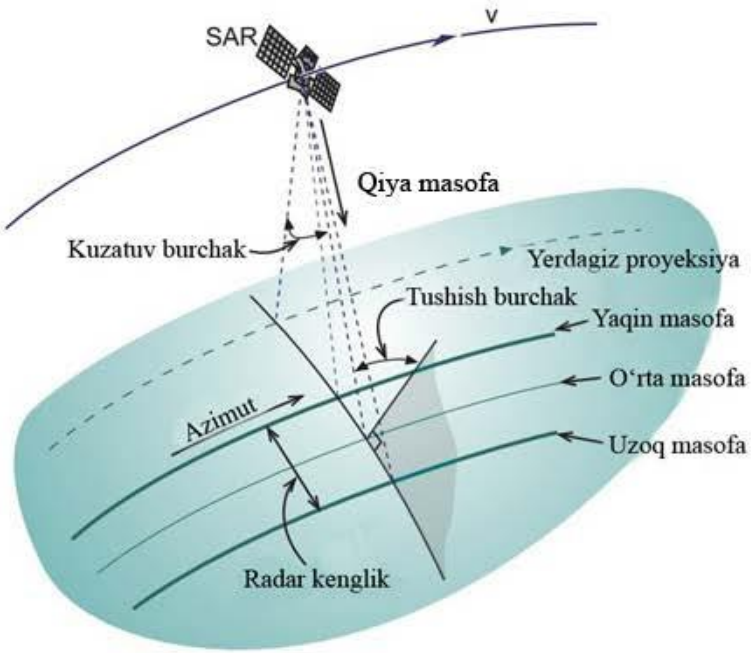
4.2. Radarning geometrik xususiyatlari

Radar sensorni olib yuruvchi platforma uchish yo‘nalishi bo‘yicha orbita bo‘ylab harakatlanadi (4.4-rasm). Yer yuzasidagi nadirda orbitaning Yerdagi izini (uchish yo‘lagini) ko‘rishingiz mumkin. Mikroto‘lqinli signal Yer yuzidagi maydon yoki kenglikni yoritadi. Harakat yo‘nalishi *azimut*, ko‘ndalang harakat *oraliq* deb nomlanadi.

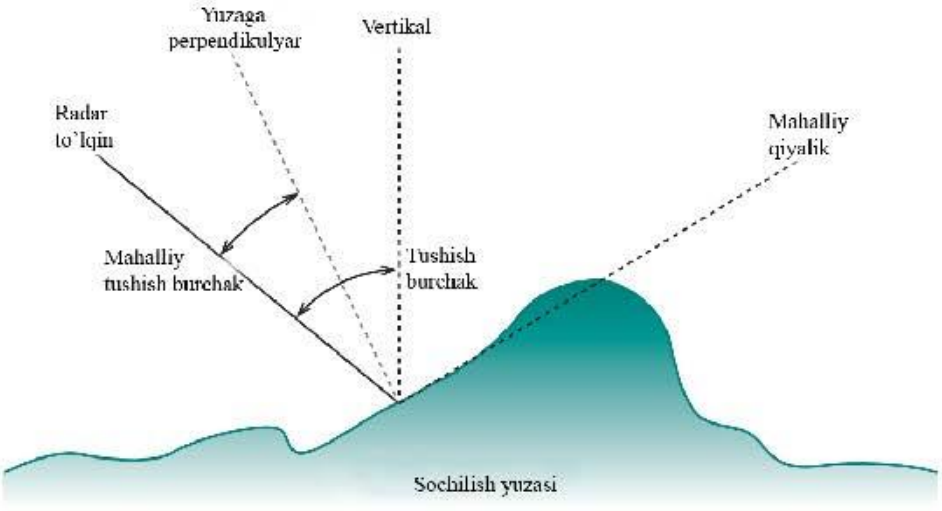
4.2.1.Radar ko‘rish geometriyasi

Radar sensorlar tomonni kuzatish asboblaridir. Radarni olib yuruvchi sun’iy yo‘ldosh tasvirining nadirga yaqin qismi *yaqin masofa* deb ataladi. Tasvirning nadirdan eng uzoq qismi *uzoq masofa* deb nomlanadi (4.4-rasm). Tizimning tushish burchagi radar nur va mahalliy vertikal orasidagi burchak sifatida aniqlangan. Yaqin masofadan uzoq masofaga harakatlansa tushish burchak ortadi. Sensorning tushish burchagi va *mahalliy tushish burchagini* farqlash muhim, ular maydonning qiyaligi va Yerning egriligiga bog‘liq holda farq qiladi (4.5-rasm). U radar nur va mahalliy yuzaga tushgan perpendikulyar orasidagi burchak sifatida aniqlangan. Radar sensorlar antenna va obyekt orasidagi masofani o‘lchaydi. Bu

masofa *qiya masofa* deb ataladi. Lekin har bir o‘lchangan nuqtaga qiya masofada mos keluvchi yergacha haqiqiy gorizontal masofa *gorizontal masofa* deb ataladi (4.6-rasm).



4.4-rasm. Radar masofadan zondlash geometriyasi(Manba: 6 adabiyot).



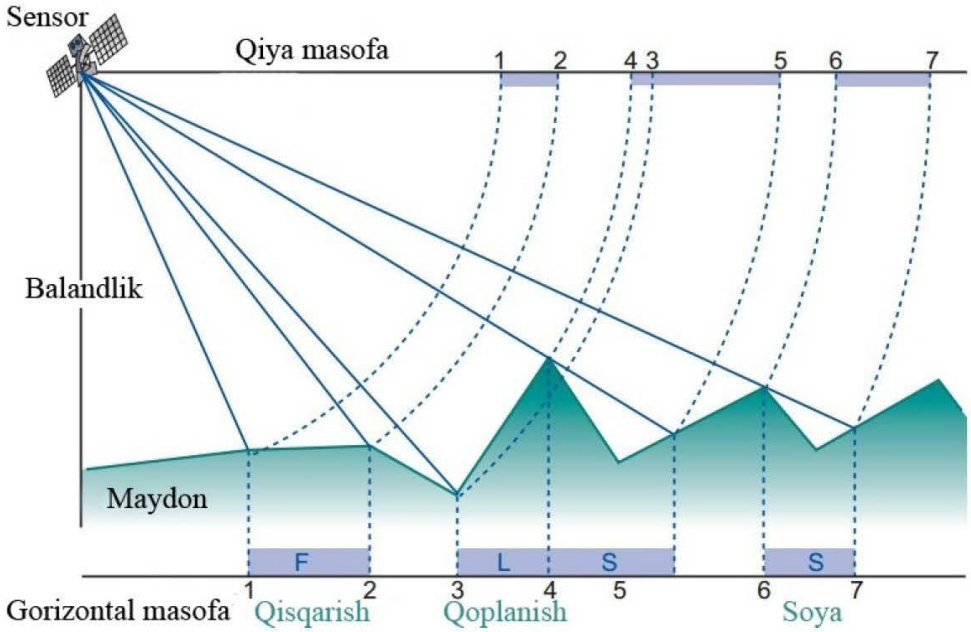
4.5-rasm. Radar va mahalliy tushish burchaklari(Manba: 6 adabiyot).

4.2.2. Fazoviy imkoniyat

Radar masofadan zondlashda jo‘natilgan va qaytgan signallardan tasvir hosil qilinadi. Agar har bir alohida jo‘natilgan pulslar tasvirning bir elementini shakllantirsa bu tizim *Haqiqiy Aperturali Radar* (*Real Aperture Radar)* deb ataladi. Qiya masofa va azimut masofada fazoviy imkoniyat puls uzunligi va antenna nurining kengligi orqali aniqlanadi. Masofada fazoviy imkoniyat va azimut imkoniyatni aniqlaydigan turli parametrlar sababli ikki yo‘nalishning fazoviy imkoniyati farq qilishi aniq. Radar tasvirni qayta ishlash va interpretatsiya qilish uchun tasvir ma’lumotdan ikkala yo‘nalishga muntazam piksel tashlab namuna olish foydali hisoblanadi. ERS-1 SAR da bu joy tashlash qayta ishlash dasturiy ta’minotining parametrlariga bog‘liq holda 30 m × 30 m yoki 12.5 m × 12.5 m bo‘lishi mumkin.

Qiya masofa imkoniyati.Qiya masofada fazoviy imkoniyat, qaytgan signal ikki xil aks berishi uchun yerdagi ikki obyektni ajratuvchi masofa sifatida aniqlangan. Boshqacha qilib aytganda, agar ikki obyekt kamida yarim puls uzunligi orqali ajratilgan bo‘lsa ular qiya yo‘nalishda hal qilinadi. Qiya masofa imkoniyati uzoqlikka bog‘liq. Lekin gorizontal masofa imkoniyati tushish burchagiga bog‘liq bo‘ladi.

Azimut imkoniyat.Azimut yo‘nalishning fazoviy imkoniyati nur kengligi va uzoqlikka bog‘liq. Radar nur kengligi to‘lqin uzunligiga proportsional va antenna uzunligiga teskari proportsionaldir; bu uzun antenna, qisqa nur kengligi va azimut yo‘nalishda yuqori fazoviy imkoniyat demakdir.



4.6-rasm. Maydon balandligi tufayli radar tasvirda geometrik buzilishlar(Manba: 6 adabiyot).

4.2.3. Sun’iy Aperturali Radar (Synthetic Aperture Radar-SAR)

Samolyot yoki sun’iy yo‘ldoshda olib yuriladigan apertura antennasining uzunligiga fizik chegara mavjud. Shu bilan birga, to‘lqin uzunliklarini qisqartirish bulutlardan o‘tishni chegaralaydi. Shuning uchun, aperturani sun’iy ravishda

oshirish usulidan foydalaniladi. Bu usuldan foydalanadigan tizimlar Sun'iy Aperturali Radar (SAR) deb nomlanadi. Antenna uzunligini sun'iylashtirish platformaning oldinga harakatlanishi va ko‘plab qaytgan signallardan foydalanish orqali amalga oshiriladi. Aksariyat samolyot va sun'iy yo‘ldosh platformalaridagi radar tizimlar mana shu turdagi radardan foydalanadi.

4.3. Radar tasvirdagi buzilishlar

Tomonlarni kuzatish geometriyasi sababli radar tasvirlarda jiddiy geometrik va radiometrik buzilishlar sodir bo‘ladi. Radar tasvirda biz masshtab (qiya uzoqlikdan gorizontal uzoqlikka o‘tkazishda), qisqarish, qoplanish (ustma-ust tushish), soya (maydon balandligi) kabi o‘zgarishlarga duch kelamiz. Signal ketma-ketligi tufayli to‘siqlar *spekl-effektga* sabab bo‘ladi.

4.3.1. Masshtab buzilishi

Radar yerdagi haqiqiy gorizontal masofani emas balki obyektlargacha bo‘lgan masofani qiya masofada o‘lchaydi. Shuning uchun, tasvir yaqin masofadan uzoq masofagacha turli masshtablarga ega bo‘ladi (4.4-rasm). Bu esa yaqin masofadagi obyektlar uzoq masofadagi obyektlarga nisbatan siqilganligini bildiradi. To‘g‘ri interpretatsiya qilish uchun tasvir gorizontal masofa geometriyasiga to‘g‘rilanishi va transformatsiya qilinishi shart.

4.3.2. Joyga bog‘liq buzilish

Past-baland yerlarda ishlaydigan optik sensorlar tasvirlari kabi radar tasvirlar relyef ko‘chishi bilan ham bog‘liq (4.6-rasm). Radar tasvirda bu buzilishlar jiddiy bo‘lishi mumkin. Radar tasvir uchun uch xil ta'sir mavjud: qisqarish, qoplanish va soya.

Qisqarish. Radar qiya uzoqlikda masofani o‘lchaydi. Qiya maydonlar tasvirda siqiladi. Qiyalik burchagi bilan radar nurning tushish burchagiga bog‘liq holda qiyalik ozmi-ko‘p qisqaradi. Agar radar nur qiyalikka deyarli perpendikulyar bo‘lsa buzilish maksimum bo‘ladi. Radar tasvirda qisqargan maydonlar juda aniq ko‘rinadi.

Qoplanish (ustma-ust tushish). Agar radar nur qiyalikning tepa qismida past qismiga qaraganda oldinroq yetib borsa, tasvirda qiyalikning tepa qismi pastga bo‘lib tushadi, bunda qiyalik qoplanadi. Qisqarish ta’rifidan ma’lumki, qoplanish qisqarishning ekstremal holatidir. Radar tasvirda qoplangan maydonlar juda aniq ko‘rinadi.

Soya. Radar nur sensorga orqatomondagi qiyalik maydonlarni yorita olmaydi. Shuning uchun, u yerda sensorga qaytishi mumkin bo‘lgan energiya mavjud emas va bu joylar tasvirda qora bo‘lib tushadi. Radar soya optik tasvirdagi quyoshdan kelib chiqqan soyadan farqlanishi kerak, quyosh yorug‘ligidagi farq sababli radiometrik qiymatlar o‘zgaradi.

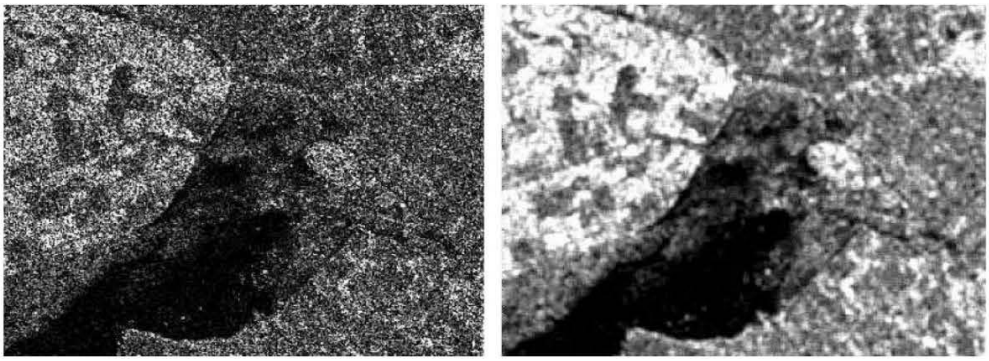
4.3.3. Radiometrik buzilish

Yuqorida keltirilgan geometrik buzilishlar qabul qilingan energiyaga ta’sir qiladi. Qaytgan energiya qiya masofada qabul qilinganligi uchun sensor tomonga qaragan qiyalikdan qaytgan va qabul qilingan energiya tasvirda kichraytirilgan maydonda saqlanadi, u maydon tasvirda siqiladi. Bunda yuqori raqamli sonlar hosil bo‘ladi, chunki turli obyektlardan to‘plangan energiya birlashtiriladi. Afsuski, bunday ta’sirlarni tuzatib bo‘lmaydi. Shuning uchun radar tasvirdagi qoplanish va soya maydonlarni interpretatsiya qilishda qo‘llab bo‘lmaydi. Lekin ular tasvirni uch o‘lchamli ko‘rinishini hosil qilishda va maydon tuzilmasi hamda topografiyasini tushunishda yordam beradi.

Radar tasvirlarning o‘ziga xos xususiyatidan biri *donachali dog‘lar* deb ataladi. U tasvirda oq va qora donachalar ko‘rinishida paydo bo‘ladi (4.7-rasm). Donachali dog‘lar obyektdan qaytgan turli mikroto‘lqinlarning o‘zaro ta’siri tufayli

sodir bo‘ladi. To‘lqinlarning o‘zaro ta’siri *interferentsiya* deb ataladi. Interferentsiya tasvirdagi qoramtir va yorqin piksellarni keltirib chiqazuvchi qaytgan signallarni to‘silishi yoki kuchaytirilishiga sababchi bo‘ladi (hattoki sensor bir xil maydonlarni tasvirga olganda ham). Donachali dog‘lar radar tasvirning sifatini yomonlashtiradi va interpretatsiya qilishni qiyinlashtiradi.

a)



b)

4.7-rasm. a) Asl va b) Donachali dog‘lardan filtrlangan radar tasvir(Manba: 6 adabiyot).

Ko‘ptanlovli qayta ishlash.Ko‘ptanlovli qayta ishlash yoki fazoviy filtrlash orqali donachali dog‘larni kamaytirish mumkin. Ko‘ptanlovli qayta ishlashda radar nur bir nechta kichik nurlarga bo‘linadi. Har bir nur obyektning ko‘rinishini ta’minlaydi. Bir nechta bu kabi ko‘rinishlarning o‘rtachasidan foydalanib yakuniy tasvir olinadi. Ko‘ptanlovli qayta ishlash fazoviy imkoniyatni kamaytiradi. Agar siz ERS SAR tasvirni PRI-formatda olsangiz 3- tanlovli tasvirga ega bo‘lasiz.

Donachali dog‘larni filtrlash.Donachali dog‘larni kamaytirishning boshqa bir yo‘li tasvirga fazoviy filtrlarni qo‘llashdan iborat. Donachali dog‘larni filtrlash qiymatlarni tekislash maqsadida donachali dog‘larni kamaytirishni, lekin tasvirdagi ravshanlikni saqlash uchun chiziqlarni kuchaytirish kerak.

4.4. Radar tasvirlarni interpretatsiya qilish

Radar tasvirdagi obyektlarning yorqinligi qaytgan signallarning kuchiga bog‘liq. O‘z navbatida, qaytgan energiya miqdori turli omillarga bog‘liq. Ushbu

omillarni tushunish sizga radar tasvirni to‘g‘ri interpretatsiya qilishga yordam beradi.

4.4.1.Mikroto‘lqinli signal va obyektlarning o‘zaro ta’siri

Radar antennada qabul qilingan energiya miqdori yuborilayotgan signalga (to‘lqin uzunligi, qutblanish, kuzatish geometriyasi va boshqa radar tizim parametrlar) va nur yuborilayotgan obyekt xususiyatlariga (dag‘alligi, shakli, yo‘nalishi, dielektrik constant va boshqalarga) bog‘liq.

Jo‘natilgan signalning ta’siri.Radar tizimning to‘lqin uzunligi obyekt yuzasiga tushgan to‘lqinlarning masofasiga ma’lum darajada ta’sir etadi. Shuningdek u to‘lqinlar o‘zaro ta’sirga kirishadigan obyektlar o‘lchamini aniqlaydi. Masalan, qisqa mikroto‘lqinlar daraxt tepasidagi barglargacha kirib boradi (X-diapazon = 3 sm), L-diapazon (23 sm) holatida bo‘lsa daraxtlarning ustki qoplamigacha kirib boradi. Mikroto‘lqinning qutblanishi shakllarni interpretatsiya qilish va obyekt yuzasini tashkil etuvchi kichik tarqaluvchi elementlarning yo‘nalishida muhim rol o‘ynaydi. Shuning uchun turli qutblanishlar bilan mikroto‘lqinlardan foydalanish obyektlarni aniqlashga yordam beruvchi turli tasvirlarni beradi.

Yoritilgan yuzaning ta’siri. Obyektning qaytaruvchanligi uchun absolyut o‘lcham optik tizimlardagi qaytaruvchanlikka o‘xshash va obyektgacha masofa inobatga olinib taralgan hamda qabul qilingan signallarning proportsiyasidan hisoblangan. Bu radar ko‘ndalang kesim sigma (σ) deb ataladi va detsibel (db) da ifodalanadi. Obyektdan qaytgan energiya miqdori yuza dag‘alligi, tarkibidagi namlik (obyektning elektrik xususiyati), jo‘natilgan signalga nisbatan yo‘nalishi (mahalliy tushish burchagi) kabi xususiyatlarga va obyektning shakliga bog‘liq. Topografiyadan tashqari yuza dag‘alligi qaytgan radarning kuchiga eng katta ta’sir ko‘rsatadigan maydon xususiyatidir. U to‘lqin uzunligi va tushish burchagiga bog‘liq nisbiy jihatdir. Agar yuza radar to‘lqin uzunligiga yaqin turli xil o‘lchamlarga ega bo‘lsa u “dag‘al” hisoblanadi, masalan, barglarning o‘lchami.

Radar tasvirlarda dag‘al yuzalar yorqin, tekis yuzalar bo‘lsa qorong‘u bo‘lib ko‘rinadi. Bu radar to‘lqinlarni tarqalishining natijasidir. Mikroto‘lqinli ortga tarqaluvchanlikka ta’sir etuvchi boshqa muhim parametr bu dielektrik konstantadir, u yuza materialining elektr xususiyatini ifodalaydi. Obyektning namlik tarkibi elektrik xususiyatga ta’sir etadi va shuning uchun dielektrik konstanta ishlatiladi.

4.4.2. Tarqalish

Signal va obyektning yuqorida keltirilgan xususiyatlariga bog‘liq holda radar turlicha tarqaladi. Elektrik xususiyatlarning o‘zgarishi mikroto‘lqinlarni yutilishi, o‘tkazilishi va qaytarilishiga ta’sir etadi. Bu esa yuzaning namligi umumiy tarqalishning muhim tarkibiy qismi ekanligini bildiradi. Agar obyekt ho‘l bo‘lsa, yuza tarqalishi sodir bo‘ladi. Qaytish turi va kuchliligi materialning dag‘alligiga bog‘liq. Umuman olganda, namlikning ortishi bilan qaytaruvchanlik va tasvirning yorqinligi ortib boradi.

4.4.3. Radarning qo‘llanilishi

Radar tasvirni ko‘p holatlarda qo‘llash mumkin. Radar ma’lumotlar ko‘rinuvchi va infraqizil masofadan zondlash ma’lumotlariga qo‘shimcha ma’lumot bilan ta’minlaydi. O‘rmonchilikda radar tasvirdan o‘rmon turi va biomassa haqida ma’lumot olishda foydalaniladi. Radar tasvirlar shuningdek, shahar joylar, qishloq xo‘jalik maydonlari, suv havzalari va boshqa yer qoplami turlarini farqlash imkoniyatini beradi. Qishloq xo‘jalik ekinlarini aniqlashda turli qutblanishlardan foydalanib olingan radar tasvirlarni ishlatish juda foydalidir. Aniq nuqtadan bir vaqt yoki faslda kerakli parametrlarni aniqlash uchun ma’lumot olish qishloq xo‘jaligida muhimdir. Radarning har qanday ob-havo yoki kecha va kunduz sharoitlarida faoliyat yurita olishi bunday imkoniyatni yaratadi. Geologiya va geomorfologiyada radar tasvirdagi yuza teksturasi va dag‘alligi chegaralarni aniqlash hamda geologik kartalashtirishda muhim rol o‘ynaydi. Radar tasvirda mikroto‘lqinning kuzatilgan yuzadagi dielektrik xususiyatlarni sezuvchanligiga asoslanib gidrologik modellashtirish va tuproq namligini baholashini boshqa bir

muvaffaqiyatli qo‘llanilishga misol sifatida keltirish mumkin. Mikroto‘lqinlarning okean yuzalari va muzliklar bilan o‘zaro ta’sirlari okeanografiya va muzliklarni monitoring qilishda foydali ma’lumot bilan ta’minlaydi.

4.5. Radar qayta ishlashning yuqori texnikasi

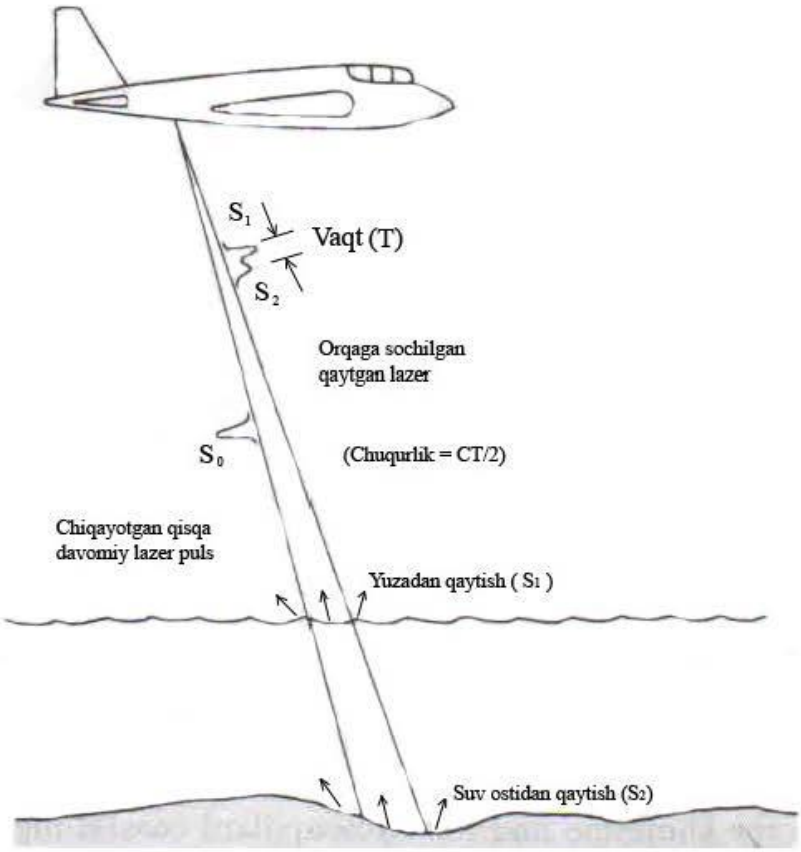
Radar ma’lumot nafaqat yaratilgan tasvirga asosan, balki obyekt xususiyatlarini o‘lchaydigan boshqa xususiyatlar haqida boy ma’lumot bilan ta’minlaydi. Bunga bir misol *radar interferometriyasi*, mikroto‘lqinning fazaviy ma’lumotidan foydalanuvchi yuqori qayta ishlash usulidir. Agar biz ozgina siljigan ikki to‘lqinni olsak, ikki to‘lqin orasidagi fazaviy farqqa ega bo‘lamiz. Bu siljish bitta platformaga o‘rnatilgan ikki antenna yoki ikki turli orbita asosida yuz beradi. Masofaviy farq antenna qabul qilgan ikki to‘lqinlarning orasidagi fazaviy farqni o‘lchash orqali hisoblanadi. Platformaning yer yuzasiga nisbatan joylashuvi haqidagi bilimlar yordamida obyektning balandligi aniqlanadi. Fazaviy farq *interferogrammalar* orqali tasvirlanadi, unda turli ranglar balandlikdagi farqlarni ifodalaydi. Interferogramma Balandlikning Raqamli Modelini ishlab chiqishda qo‘llaniladi. Differentsial interferometriya muvaffaqiyatli olingan radar ma’lumotlarning ikkita interferogrammalarini yaratishga asoslangan. Sodir bo‘lgan o‘zgarishlarni tasvirlash maqsadida bu interferogrammalar bir-biridan ajratiladi. Bu esa, o‘zgarishlarni aniqlashda, masalan yer qimirlashi oqibatida yuz bergan zararni baholashda foydalaniladi.

4.6. Lidar

Lidar (*light detection and ranging – masofani o‘lchash va aniqlashning lazerli tizimi*), radar kabi aktiv masofadan zondlash texnikasidir. Bu texnologiya lazer pulslarini Yerga jo‘natib pulsning qaytish vaqtini o‘lchashni o‘z ichiga oladi. Har bir pulsning sensorga qaytish vaqti sensor va Yerdagi mavjud boshqa obyektlar orasidagi masofalarni o‘lchash uchun qayta ishlanadi.

Lidarni maydon balandligini aniq aniqlash uchun qo‘llanilishi 1970 yillarning oxirida boshlangan. Boshlang‘ich tizimlar shunaqa qurilmalardan iborat

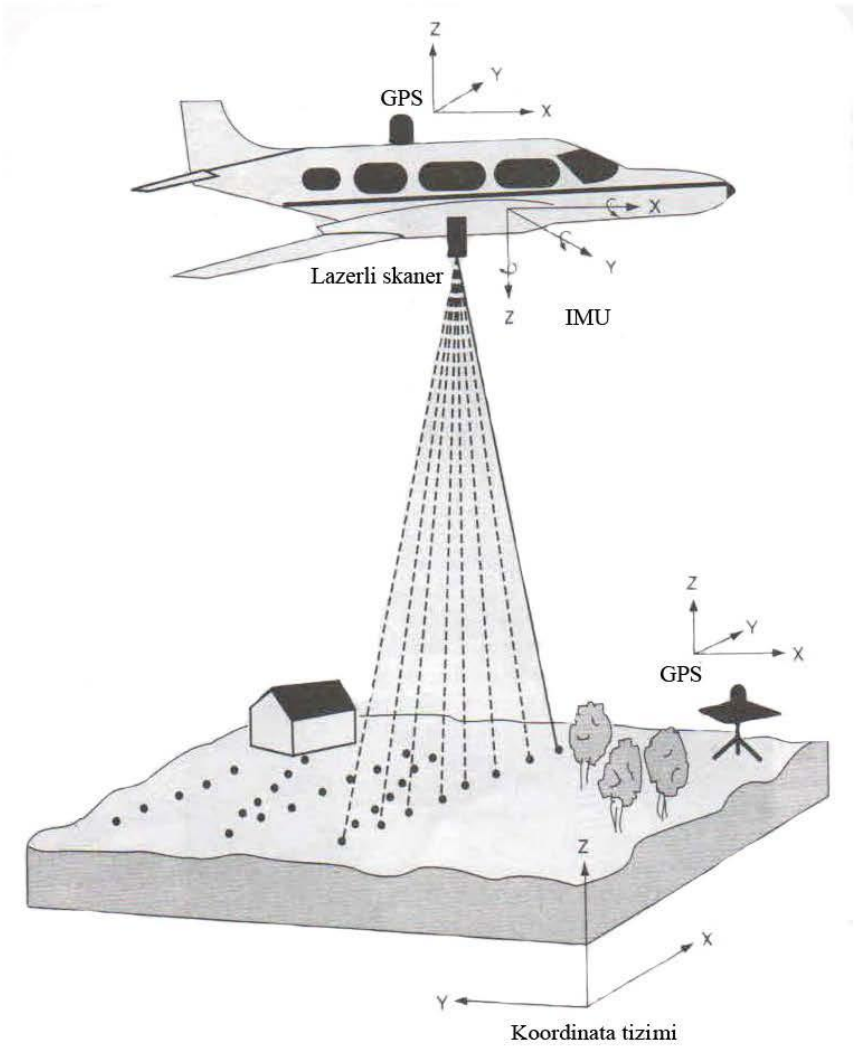
ediki,olingan balandlik ma'lumot faqatgina samolyotning trayektoriyasiga to'g'ri kelardi. Lekin, bu boshlang'ich lazerli tizimlar murakkab va katta maydonlardan ma'lumot olishda sarf-xarajat jihatdan keraklicha samarali emas edi, shuning uchun undan foydalanish chegaralangan edi. Bu cheklovlardan biri shu ediki, olingan lazer ma'lumotni to'g'ri geobog'lash uchun samolyotda GPS yoki Ichki o'lchov apparatlari mavjud emas edi. Lidarni birinchi bo'lib eng muvaffaqiyatli qo'llanilishi suv chuqurligini to'g'ri aniqlash bo'lgan. Bu holatda birinchi qaytgan lazer nur suv yuzasi, uning orqasidan kelgan kuchsiz nur esa suvning chuqurligi sifatida yozib olinadi. Suvning chuqurligi qaytgan pulslarni yetib kelish vaqtidagi farq orqali hisoblanadi (4.8-rasm).



4.8-rasm. Lidar batimetriya (chuqurlikni o'lchash) tamoyillari(Manba: 6 adabiyot)

Lidardan foydalanishning ustunligi shundaki, u maydon va yuza obyektlarini kartalashtirishning an'anaviy fotogrammetrik usullari o'rnini bosadi yoki to'ldiradi hamda yuqori darajali skanerlash tizimlarini rivojlanishini rag'batlantiradi. Bu tizimlarning boshqa ustunliklaridan biri, ular yordamida qiyaliklar, soya joylar va ma'lumot olish qiyin bo'lgan joylardan ham ma'lumot olish imkoniyati mavjud.

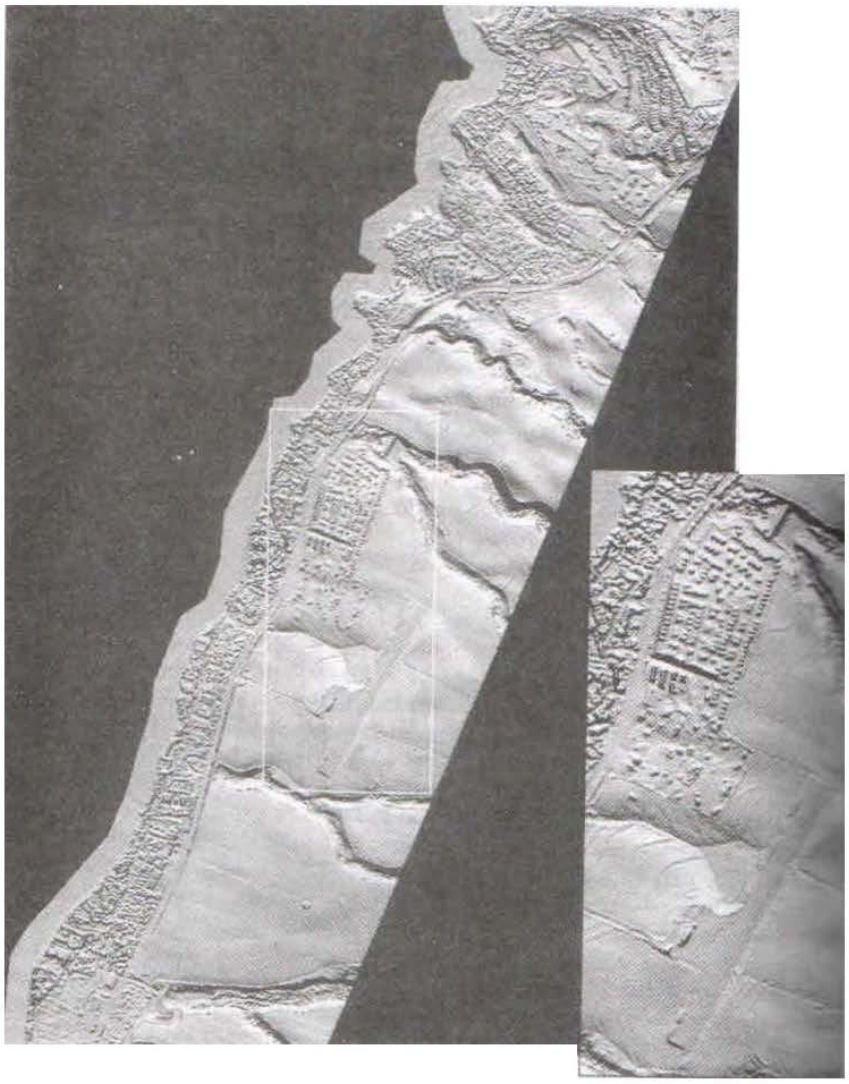
Zamonaviy lidar ma'lumot olish tizimi GPS (X, Y, Z sensor joylashuv uchun) "fotogrammetrik samolyot", IMU (Yerga nisbatan sensorning burchakli yo'nalishini o'lchash uchun), tezkor puls jo'natish (sekundiga 10 000 dan 100 000 gacha pulslar) lazeri, yuqori aniqlikka ega soat, kompyuter, ishonchli elektronikalar va mustahkam ma'lumot saqlash ombori bilan jihozlangan. Lidar ma'lumot olish uchun uchishni rejalashtirish alohida mulohazalarni talab qiladi. Uchishlar raqamli uchish rejasidan foydalanib Yer ko'rinmaydigan paytda, odatda tunda amalga oshiriladi. Alohida uchish chiziqlari tepalik maydonli joylar mavjud bo'lgan holatda ma'lumotda bo'shliqlar hosil bo'lmasligiga ishonch hosil qilish uchun yetarlicha ustma-ust tushish bilan rejalashtirilgan (30–50 foiz). Vegetatsiya qoplami qalin bo'lgan maydonlar qisqa ko'rish maydonini talab qiladi, shuning uchun aksariyat lidar pulslari sensorning deyarli to'g'ri pastiga tushadi. Nuqtalar orasidagi masofa samolyotning tezligi va balandligi, skanerlash burchagi hamda tezligidan kelib chiqadi. 4.9-rasm havodan lidar skanerlash tizimining faoliyatini tasvirlaydi.



4.9-rasm. Havodan lidar skanerlash tizimining tarkibiy qismlari(Manba: 5 adabiyot).

Havodagi har qanday GPS kabi, lidar tizim loyiha maydoni ichida yoki atrofida shuningdek, differentsial qayta ishlashdan keyingi to‘g‘rilashlarda syomka qilish orqali yerdagi joylashuv yaratilishini talab qiladi. Shuningdek, lidar ma’lumotlar to‘plamining aniqligiga ishonch hosil qilish va tekshirish maqsadida sensorning GPS joylashuvi uchun kalibrlangan sozlash jarayoni va yo‘nalish parametrlari talab qilinadi. 4.10-rasmda 2005-yilda Gavay orollaridagi G‘arbiy Mauining qirg‘oqlaridan olingan lidar ma’lumotlar to‘plamining kichik bir qismi tasvirlangan. Bu lidar ma’lumot Leica Geosystems ALS-40 Havo Lazerli Skaner

orqali 762 metr balandlikda, 25^0 dan ortiq ko‘rish maydonida olingan. Skanerlash tezligi sekundiga 20000 puls va Yerdagi lidar nuqta har 2 metrga to‘g‘ri keladi. Tizimning joylashuvi va yo‘nalishi GPS hamda IMU yordamida uchish davomida o‘lchangan, differensial to‘g‘rilash uchun aeroport yaqinida statsionar GPS joylashtirilgan. Balandlik o‘lchovlarining natijasi 16 sm o‘rta kvadratik xatolik (RMS)ga ega.



4.10-rasm. Leica Geosystems ALS-40 Havo lazer skanerli ma’lumotdan olingan soyali relyef DEM (Balandlikning raqamli modeli), G‘arbiy Maui, Gavay. 1:40000 masshtab (asosiy tasvir), 1:24000 masshtab (alohida qismi) (Manba: 5 adabiyot).

Bu rasmdagi lidar ma'lumotdan bir qancha kichik topografik obyektlarni aniqlash mumkin. Lidar kenglikning chap tomonida okean yuzasining tor yo'lagi (polosa) mavjud bo'lib, unda alohida to'lqinlarni ko'rish mumkin.

Qirg'oq va Honoapilani qirg'oq shossesi orasidagi tor maydonda ko'plab kichik ko'chalar, uylar va daraxtlarni ko'rish mumkin. Shosse (katta ko'cha) bo'ylab, ilgari shakarqamish yetishtirilgan maydonlar yuqoriga qarab kengaygan hamda tor va tik jarliklar bilan bo'lingan. Tasvirning shimoliy qismida Kapaluada bir nechta golf o'ynash maydonlarni ko'rishimiz mumkin. Tasvirning alohida ko'rsatilgan qismida (1000 m ga 2000 m o'lchamli) aeroportga uchish-qo'nish yo'lagi, bir nechta kichik inshootlar va katta bir jarlikda joylashgan alohida daraxtlarni ko'rish mumkin.

4.11-rasmda Men shtatining Sadagaxok okrugidagi Reid State Parki atrofidagi qirg'oqning havodan olingan lidar tasviri keltirilgan. Bu lidar ma'lumot 2014 yilning 5–6 may kunlari olingan va unda har ikki metrda lidar nuqtalar tushirilgan. Ma'lumot Relyefning Raqamli Modelini (DEM) yaratishda qo'llanilgan, unda relyef kodli ranglar bilan tasvirlangan. Ushbu vizualizatsiyada Men qo'ltig'ining qirg'oqqa yaqin suvlari ko'k rangda tasvirlangan. Pastlik yer maydonlari esa yashil rangda tasvirlangan. Bu maydonda, aksariyat pastlikdagi joylar tuzli botqoqliklardan iborat, ular bir xil shakl, DEM da tekis ko'rinishga ega va aniq ko'rinadigan kanallar bilan bo'lingan. Tasvirning o'ng tomonidagi qirg'oqqa parallel uzun chiziqli shakl to'siq bo'ylab qumliklardan iborat tepalikdir. Tasvirdan qumli tepaliklarning orqasidan o'tgan tuzli botqoqlikni kesib o'tuvchi yo'lni ham ajratib olish mumkin. Lidar tasvirdan boshqa yo'llar, binolar va boshqa obyektlarni ham ko'rish mumkin.



4.11-rasm. Men shtatining Sadagaxok okrugidagi Reid State Parki atrofidagi qirg‘oqning havodan olingan lidar tasviri. Men qo‘ltig‘ining qirg‘oq yaqinidagi suvlari ko‘k rangda, pastlik maydonlar yashil rangda va yuqori balandliklar och yashildan oq ranggacha oraliqda tasvirlangan (Manba: 6 adabiyot).

Nazorat savollari

1. Radar haqida tushuncha bering.
2. Tasvirga olish radarining tamoyillarini ifodalang.
3. Radar tizimlar aynan nimani o‘lchaydi?
4. Haqiqiy aperturali radar nima?
5. Radar tasvirdagi buzilishlar nimadan iborat.
6. Radarning sochilishi nima?
7. Mikroto‘lqinli masofadan zondlash qanday maqsadlarda qo‘llaniladi?
8. Lidar masofadan zondlashning tamoyillari nimalardan iborat?
9. Lidar masofadan zondlash qanday maqsadlarda qo‘llaniladi?

5-bob. Tasvirni vizual interpretatsiya qilish

Masofadan zondlash ma'lumotlaridan unumli foydalanish uchun tasvirdan ma'noli axborotlarni ajrata olishimiz kerak. Bu esa masofadan zondlash tasvirlarini interpretatsiya va tahlil qilish orqali amalga oshiriladi. Bu jarayon o'z navbatida tasvirdagi turli obyektlarni aniqlash va o'lchashni o'z ichiga oladi.

Masofadan zondlash ma'lumotlari ikki xil sinfga bo'linadi: (i) biofizik, (ii) gibrid. Biofizik ma'lumotlar harorat, tuproq namligi va boshqa ma'lumotlardan foydalanmasdan to'g'ridan-to'g'ri masofadan zondlash tizimlari bilan o'lchangan ma'lumotlardir. Biofizik miqdorlarni ajratib olishga misol qilib harorat, atmosferik sharoitlar, balandlikni o'lchashni keltirishimiz mumkin. Gibrid ma'lumotlar birdan ortiq biofizik o'zgarishlarni tizimli tahlil qilish orqali yaratiladi, masalan, vegetatsiya zichligini aniqlash odatda xlorofill, harorat va namlikning yutish xususiyatlarini o'z ichiga oladi. Yer qoplami va yerdan foydalanishni tahlil qilish ham gibrid ma'lumotga misol bo'la oladi, chunki bu rang, tekstura, ton, joylashuv, o'lcham va boshqa ko'p biofizik ma'lumotlar haqidagi bilimlarni talab qiladi.

5.1. Inson va kompyuterlar orqali ma'lumot ajratib olish

Masofadan zondlash tasvirlaridagi obyektlarni interpretatsiya qilish va aniqlash inson tomonidan qo'lda yoki vizual amalga oshirilishi mumkin. Qanday turdagi sensor yordamida ma'lumot olinganligi va ma'lumot qanday saqlanganligidanqat'iy nazar aksariyat hollarda bu jarayonlar grafik yoki fotografik formatda tasvirlangan tasvir yordamida bajariladi. Bunday holatda biz ma'lumotni analog formatda deb nazarda tutamiz. Masofadan zondlash tasvirlari kompyuterda piksellar massivi sifatida tasvirlanishi mumkin, bunda har bir piksel raqamli sonlarga muvofiq keladi va bu sonlar mana shu pikselning yorqinlik qiymatini ifodalaydi, ma'lumotlar esa raqamli formatda bo'ladi.



5.1-rasm. IKONOS 1m × 1 m PAN haqiqiy rangli tasvir, Frankfurt aeroporti, Germaniya (Manba: 5 adabiyot).

Vizual interpretatsiya kompyuter ekranida tasvirlangan raqamli tasvirni tadqiq qilish orqali ham amalga oshirilishi mumkin. Analog va raqamli tasvirlar qora va oq (monoxrom) tasvir shaklida yoki elektromagnit spektrning turli diapazonlari qo‘shilgan rangli tasvir shaklida tasvirlanishi mumkin.

Agar masofadan zondlash ma’lumotlari raqamli formatda bo‘lsa raqamli qayta ishlash va tahlil qilish kompyuter yordamida amalga oshirilishi mumkin. Raqamli qayta ishlash vizual interpretatsiyaga tayyorlash uchun ma’lumotni yaxshilovchi sifatida foydalaniladi.

Qo‘lda (raqamli bo’lmagan) interpretatsiya va tahlil qilish masofadan zondlashning an’anaviy usuli bo‘lib aerosuratlarni interpretatsiya qilish uchun ishlatiladi. Raqamli qayta ishlash va tahlil qilish bo‘lsa kompyuterlar hamda ma’lumotni raqamli yozib olish vositalarining paydo bo‘lishi bilan yaqin kunlardan boshlab amalga oshirilmoqda. Masofadan zondlashning bu ikki xil interpretatsiya qilish texnikasining har biri ustunlik va kamchiliklarga ega. 5.1-jadvalda kompyuter yoku qo‘lda axborot ajratib olish usullarini taqqoslash keltirilgan. Inson (qo‘lda) va kompyuter usullari bir-birini to‘ldiradi va shuning uchun ikkalasi

birgalikda ishlatilganda yaxshiroq natijaga erishiladi. 5.2 – rasmda 2004-yil 29-dekabrda olingan IKONOS sun'iy yo'ldosh tasviri keltirilgan. Sumatra orolining Banda Achex shahrida yer qimirlash va sunami sodir bo'lgandan so'ng 3 kun o'tgach tasvirga olingan. Ushbu tasvirda ko'plab qishloq qurilishlari va yer maydonlari to'lqin tufayli yuvilib ketganligini ko'rish mumkin. Qirg'oqlar yemirilgan, ko'priklar buzilgan, qishloq xo'jalik maydonlarini suv bosgan, yo'l va boshqa infratuzilmalar buzilib ketgan.

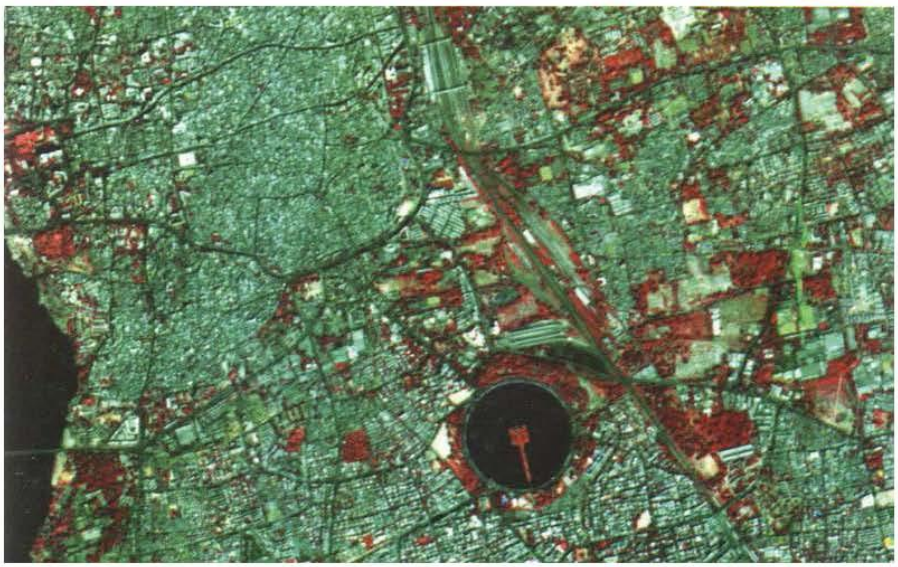


5.2-rasm. GeoEye sun'iy yo'ldosh orqali olingan tasvir (Manba: 5 adabiyot).

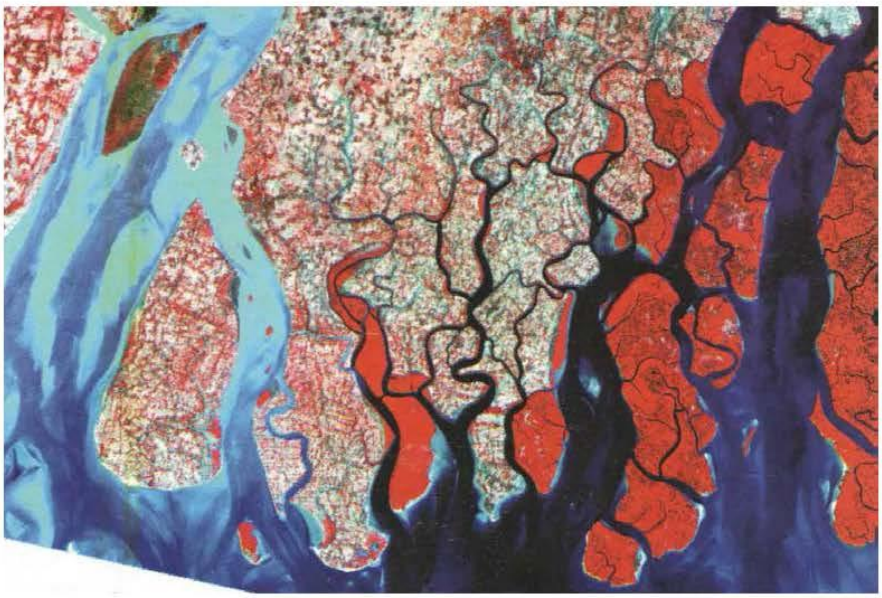


5.3-rasm. OrbView-3 1m × 1m PAN kuchaytirilgan haqiqiy rangli tasvirda Nyu York shahridagi Bruklin ko'prigining bir tomoni tasvirlangan

(Manba: 5 adabiyot).



5.4-rasm. IRS Resourcesat-1 LISS-IV ko‘p spektrli tasvir(5,8 m × 5,8 m infraqizil rangli), Ahmadobodshahri, Hindiston. 2003-yil 23-noyabrda tasvirga olingan (Manba: 5 adabiyot).



5.5-rasm. IRS Resourcesat-1 LISS-III infraqizil rangli tasviri (qirg‘oqdagi o‘zgarishlar). 2005-yil 5-fevralda tasvirga olingan (Manba: 5 adabiyot).

Raqamli qayta ishlash va tahlil qilishda obyektlarni aniqlash hamda axborot ajratib olish inson tomonidan qo‘lda emas balki avtomatik tarzda amalga oshirilishi

mumkin. Lekin kamdan-kam hollarda raqamli qayta ishlash va tahlil qilish umuman qo‘lda interpretatsiya qilinmasdan amalga oshiriladi. Raqamli qayta ishlash tahlilchiga yordamchi vazifasini bajaradi. Chunki inson tomonidan tasvirni interpretatsiya qilish ko‘p vaqt va mablag‘ talab qilinganligi sababli interpretatsiya qilish uchun maxsus kompyuter texnikasi yaratildi. Inson va kompyuter birgalikda interaktiv ishlaydigan, interaktiv grafik ekranli kompyuter tizimlari “inson-mashina interaktiv tizimi” deb nomlanadi. Aksariyat hollarda, tasvirni tahlil qilish jarayonida ikkala usulning aralashmasidan foydalaniladi. Lekin jarayonning yakunida ajratib olingan axborot haqida qaror qabul qilish inson tomonidan amalga oshiriladi.

5.1-jadval. Inson va kompyuter yordamida axborot ajratib olishni taqqoslash.

Usul	**Ustunligi**	**Kamchiligi**
Inson (tasvirni vizual interpretatsiya qilish).	Interpretatsiya qiluvchi bilimidan foydalaniladi. Fazoviy ma’lumotlarni ajratib olish a’lo darajada.	Ko‘p vaqt talab qiladi. Alohida farq. Ko‘pdiapazonli tasvirlarni bir vaqtda tahlil qilish murakkab. Tahlilchining taxmin qilishi sababli jiddiy xatolikka yo‘l qo‘yilishi mumkin.

Kompyuter (Raqamli tasvirni qayta ishlash).	Qayta ishlash jarayoni qisqa vaqtda qayta ishlab chiqish. Fizik miqdorlarni ajratib olish. Ma'lumot raqamli formatga o'tkaziladi. Alohida piksellarni tahlil qilish. Yagona platformada ko'pdiapazonli tasvirlarni tahlil qilish. Katta hajmli ma'lumotlar bazalarini boshqarish. Ko'p spektrli va statistik tahlillar orqali ma'lumotlar oson boshqariladi. To'liq radiometrik foydalanish. Tizimga bog'liq xatoliklarni to'g'rilash. Aniqlikni baholash. Chiqish tasvirni tekshirish. Qog'ozga tezkor chop etish. Ma'lumotlar bazasi bilan bog'lanish. Yangi yoki qayta ko'rib chiqilgan kartalarni printer yoki plotter yordamida chop etish.	Inson bilimidan foydalanib bo'lmaydi. Fazoviy ma'lumotlarni ajratib olish unchalik yaxshi emas. Kompyuter texnikasi bo'yicha yuqori tajriba talab qilinadi. Ancha qimmat.

5.2. Masofadan zondlash ma'lumot mahsulotlari

Masofadan zondlash ma'lumot mahsulotlari ko'p turli media va formatlarda saqlanadi. Mahsulotlarni sinflash asosan quyidagilarga asoslangan:

- Qayta ishlash yoki yaxshilashning darajasi.
- Chiqish media yoki masshtab.

Sun'iy yo'ldoshdan olingan haqiqiy ma'lumot radiometrik va geometrik buzilishlarga ega va bu buzilishlar kompyuter tizimida qayta ishlab tuzatiladi. Tuzatilgan ma'lumot esa talab qilingan mediaga o'tkaziladi. Qayta ishlashning turli xil darajalari quyida keltirilgan.

Haqiqiy ma'lumot: qayta ishlash amalga oshirilmagan, tegishli maydon ajratib olingan va mediaga joylashtirilgan. Umuman olganda, haqiqiy ma'lumot faqat raqamli mahsulot sifatida bo'ladi, agar tuzatilmagan tasvirlarni fotografik chop etilsa, u holda bu tasvirlarni interpretatsiya qilib bo'lmaydi.

Qisman qayta ishlangan ma'lumot: Radiometrik tuzatilgan va geometrik tuzatilmagan ma'lumotlar yoki radiometrik tuzatilmagan va geometrik tuzatilgan ma'lumotlar qisman tuzatilgan ma'lumotlar deyiladi.

Qayta ishlangan yoki standartlashgan ma'lumot: Bu ma'lumotlar geometrik va radiometrik tuzatilgan.

Geokodlangan ma'lumot: Geokodlash ma'lumotlarni muvofiq koordinata tizimiga o'tkazish jarayonidir.

Ortoto'g'rilangan ma'lumot: Ortotasvirlar – maydon va relyef tufayli yuz begran siljishlar geometrik to'g'rilangan ma'lumotlardir.

Maxsus ma'lumotlar mahsuloti: Agentliklar yuqorida keltirilganlardan tashqari foydalanuvchilarning talablariga muvofiq bo'lgan maxsus mahsulotlarni ham taklif etadi. Bular esa turli sensorlardan qulay masshtabda mozaikalangan, birlashtirilgan va ajratib olingan ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

Ma’lumot mahsulotlarni sinflash ma’lumotning mediasini hisobga olgan holda bajarilishi mumkin. Masofadan zondlash ma’lumot mahsulotlari fotografik va raqamli mediada bo‘ladi. Fotografik mahsulotlar negativ yoki pozitiv plyonkalarda yoki qora va oq yoki rangli kompozitsiyada chop etilgan qog‘ozda taqdim etiladi. Yagona diapazonli ma’lumotlar ko‘p spektrli sensordan olingan bir diapazon ma’lumoti yoki PAN ma’lumot sifatida bo‘ladi. Shuningdek, rangli kompozitsiyalar deb ataladigan fotografik, rangli mahsulotlar ko‘p spektrli ma’lumot uchun ta’minlanadi.

Raqamli ma’lumot mahsulotlari CD-ROMlar, magnitli lentalar, ko‘plab disketlar yoki har qanday raqamli saqlovchi qurilmalarda saqlanadi. Arzon va ishonchliligi uchun CD-ROM lardan foydalanish ommaviylashgan. Fotografik tasvirlarda mahsulotlarning masshtablarini hisobga olinishi muhim hisoblanadi.

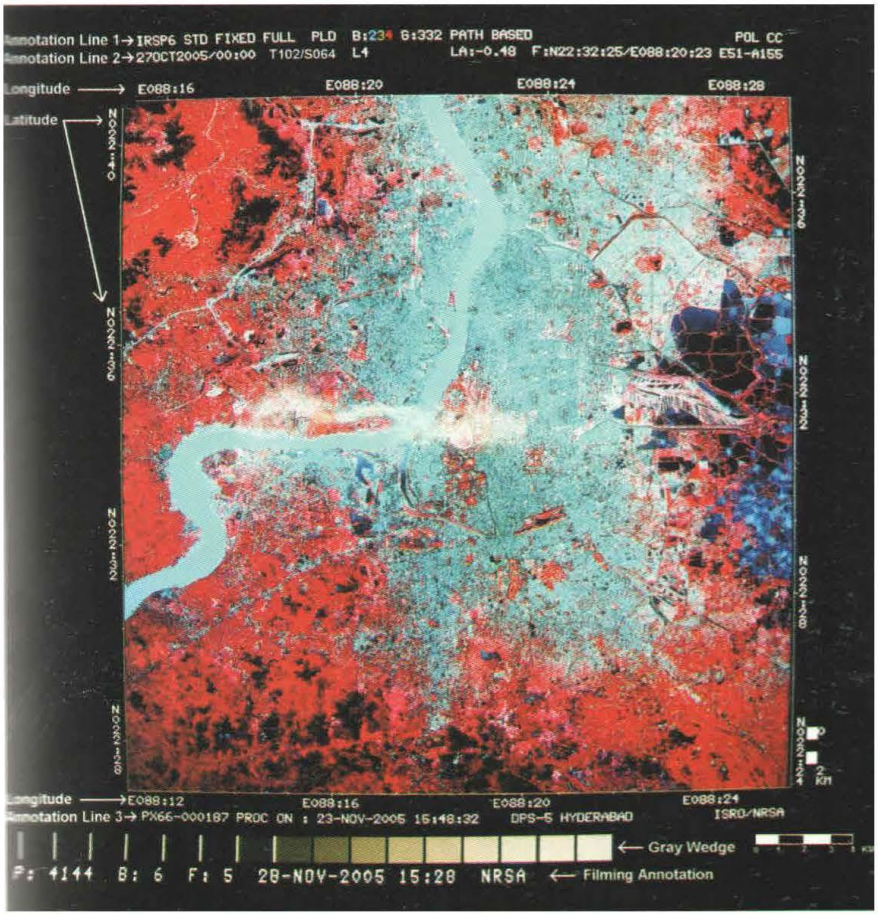
Loyihaning talablariga asoslangan holda interpretatsiya yoki tahlil qilish uchun ma’lumotlar to‘planadi.

5.3. Fotografik mahsulotlarning metama’lumoti

Metama’lumot ma’lumot haqidagi ma’lumotdir. Metama’lumot axborot resurslarini yozish, indekslash, koordinatalashda muhim rol o‘ynaydi. Masalan, har bir kitobning jildida ushbu kitobning nomi, muallifi va chop etilgan tashkilotnomini ko‘ramiz. Bu kabi ma’lumotlar metama’lumot deyiladi. Kitob qandaydir ma’lumot va jildidagi axborot esa kitob haqida qisqacha ma’lumotdir. Metama’lumot ma’lumotlar to‘plami nima ekanligi, qachon va qayerda yaratilganligi, kim tomonidan ishlab chiqilgan va qanday tuzilganligi haqidagi boshlang‘ich ma’lumot beradi. Tasvirni interpretatsiya va tahlil qilishda metama’lumot juda muhim rol o‘ynaydi.

Ma’lum bir tasvirning foydali ekanligini baholash uchun tahlilchi fazoviy kengayishi, tasvir qanday olinganligi, qachon va qanday yaratilganligi, ma’lumotning imkoniyati va aniqligi, foydalanilgan diapazon kombinatsiyalari, ma’lumotning masshtabi, davriy tahlillar uchun ma’lumot olish sanasi, vaqti va

boshqa ma'lumotlarni bilishi lozim. Metama'lumotning muhimligini yana bir sababi ishlab chiqilayotgan ma'lumot haqida mahalliy bilimlar mavjud emas. Ma'lum bir muammoni yechishga qaratilgan ma'lumotlar to'plamining muvofiqligini baholash uchun talab qilinadigan axborotlar metama'lumotda saqlanadi. Tahlilchi metama'lumotni sinchiklab o'qib chiqib tahlil qilish uchun qanday turdagi jarayonlar kerakligini aniqlashi mumkin. Fotografik mahsulotlarda odatda bu tafsilotlar tasvirning hoshiyasida berilgan bo'ladi.



5.6-rasm. NRSA tomonidan berilgan fotografik mahsulot (Manba: 5 adabiyot).

5.4. Tasvirni interpretatsiya qilish

Tasvirni interpretatsiya qilish insonning bilim va tajribalariga asoslanib obyektlarning bir-biriga bog'liqligi, holati, sifati, funktsiyasi, tuzilmasi, joylashuvi

va shakli haqidagi sifatli hamda miqdorli axborotni karta shaklida ajratib olish deb tavsiflanadi. Fotointerpretatsiya ba'zida tasvirni interpretatsiya qilish deb ham yuritiladi.

Tasvirni interpretatsiya qilish obyektlar va holatlarni aniqlash jarayonidir. XIX asrning boshlaridan boshlab tasvirlarni koʻrish, yorugʻlik va qorongʻulikdagi, teksturadagi farqni ajratish, chuqurlik va murakkab shakllarni aniqlash kundalik hayotimizning bir qismiga aylandi.

Tasvirni interpretatsiya qilish jarayonini nima qiyinlashtirishi mumkin degan savol tugʻiladi. Masofadan zondlashning haqiqiy hayotdan farq qilishini toʻrt qismga boʻlish mumkin. 1) Tasvir yuqoridan olinadi. 2) Koʻpchilik sensorlar tasvirni elektromagnit spektrning koʻrinuvchi (vizual) qismiga yozib oladi. Sogʻlom vegetatsiyaning rangli infraqizil tasviri yashil emas qizil boʻlib koʻrinadi. 3) Tasvirlar notanish imkoniyat va masshtabda olingan boʻlishi mumkin. 4) Ikki oʻlchamli tasvirni koʻrayotganimizda biz chuqurlikni sezmaymiz, koʻrish uchun biz stereoskopdan foydalanamiz. Interpretatsiya jarayoni juda koʻp maqsadlarda qoʻllaniladi, ayniqsa stereoskop orqali tasvirga qaralganda obyektlarning koʻrinishi butunlay yaxshilanadi.

Tasvirni interpretatsiya qilish jarayoni tasvirni oʻqish, oʻlchash va tahlil qilishni oʻz ichiga oladi.

Tasvirni oʻqish – interpretatsiya qilishning elementar shaklidir. U shakl, oʻlcham, ton, tekstura, rang, soya va boshqa elementlardan foydalanib tasvirdagi obyektlarni aniqlashdan iborat.

Tasvirni oʻlchash– referens yoki kalibrlash ma'lumotidan foydalanib uzunlik, joylashuv, balandlik, zichlik, harorat va boshqa fizik miqdorlarni ajratib olishdir.

Tasvirni tahlil qilish – interpretatsiya qilingan axborot va hodisalarning haqiqiy holati oʻrtasidagi bogʻliqlikni tushunish va holatni baholashdir.

Nihoyat, karta shaklida tasvirlangan va ajratib olingan axborot *interpretatsiya qilingan karta* yoki *mavzuli karta* (tematic map) deyiladi.

Odatda, joydagi qidiruvlarni amalga oshirmasdan tasvirni vizual interpretatsiya qilish yetarli darajada aniq natija bermaydi. Joydagi tadqiqotlar turli darajada muhim hisoblanadi. Ko‘p holatlardavizual interpretatsiya qilish bir nechta tasvirlarni interpretatsiya qilishni talab qiladi. Bu esa ko‘p-masshtabli, ko‘pdavrli va ko‘p spektrli tasvirlardan foydalanishni o‘z ichiga oladi.

Vizual interpretatsiya jarayonida Yer yuzasidagi obyektlarning o‘lchamlari, shakli, rangi va boshqa parametrlari haqida shaxsiy tajribaga ega bo‘lish muhim sanaladi. Yer yuzasidagi obyektlar haqida yuqori tajribaga ega bo‘lgan kishining tasvirdan axborot ajratib olish imkoniyati kam tajribaga ega bo‘lgan kishiga nisbatan katta bo‘ladi.

5.5. Vizual interpretatsiya qilishning elementlari

Tasvirni interpretatsiya qilishda obyektlarni tanishi va aniqlashi uchun tahlilchiga bir nechta xususiyatlar yordam beradi. Shakl, o‘lcham, soya, rang, tekstura, bog‘liqlik va joy tanish elementlar hisoblanadi. Biz payqaymizmi yoki yo‘qmi bu elementlardan foydalanib vizual interpretatsiya qilish kundalik hayotimizning bir qismidir. Ob-havo ma’lumotini olish uchun sun’iy yo‘ldosh tasvirlarini kuzatish yoki vertolyotdan turib tezkor qidiruvlarni amalga oshirish bizga tanish bo‘lgan tasvirni vizual interpretatsiya qilish namunalaridir. Vizual elementlarga asoslanib tasvirlardagi obyektlarni aniqlash bizga interpretatsiya va tahlil qilish uchun yo‘l ochadi.

5.5.1.x,y joylashuv

Obyektning aniq*x,y* koordinata ma’lumotlarini olishning ikkita asosiy usuli mavjud:

1) An’anaviy geodezik texnikalar yoki GPS (Global joylashuv tizimi) texnologiyalaridan foydalanib dala syomkasini bajarish.

2) Obyektning masofali sensor ma'lumotlarini to'plash, asos kartaga ro'yxatga olish (to'g'rilash) va to'g'rilangan tasvirdan *x,y*koordinata ma'lumotlarini ajratib olish.

Bu to'g'rilash, odatda kompyuterda amalga oshiriladi. Shuningdek, agar bizga bir nechta nuqtalarning koordinatalari va tasvirning masshtabi ma'lum bo'lsa, berilgan nuqtaning koordinatasini qo'lda ajratib olishimiz mumkin. Koordinatasi ma'lum nuqtadan koordinatasi noma'lum nuqtagacha bo'lgan masofani o'lchash orqali noma'lum nuqtaning koordinatasi aniqlanadi.

5.2-jadval. Interpretatsiya elementlariga muvofiq sifatlar.

Element	**Umumiy sifatlar (miqdor va sifat)**
x,y joylashuv	*x,y* koordinatalar: uzoqlik, kenglik yoki metrlar, karta to'rlarining koordinatalarida shimoliy va janubiy joylashuv
O'lcham	Uzunlik, kenglik, perimetr, maydon
Shakli	Obyektning geometrik xususiyatlari: chiziq, egrichiziq, aylana, ellipsoid, nur, kvadrat, to'g'ri to'rtburchak, oltiburchak, beshburchak, yulduz
Soya	Tomondan quyosh nurlarining tushishi orqali sodir bo'lgan siluet
Ton/rang	Kulrang, ton: yorug' (yorqin), o'rta (kulrang), qora Rang: IHS–intensivlik, rang, to'yinganlik; RGB=qizil, yashil va ko'k
Tekstura	Xususiyatlarni joylashtirish va ton yoki rangning qaytarilishini rejalashtirish; tekis, o'rta, qo'pol
Forma	Obyektlarning yerda fazoviy joylashuvi; tizimli, tizimsiz, tasodifiy, chiziq, egrichiziq, aylana, ellipsoid, parallel, tishli, yo'lakli
Balandlik/chuqurlik/hajm/qiyalik/ko'rinish	*z* -balandlik, chuqurlik (chuqurlikni o'lchash), hajm, qiyalik, ko'rinish

Tomon, holat/bog‘liqlik	Tomon: balandlik, qiyalik, ko‘rinish, ekspozitsiya, suvga aralashuvchanlik, transportirovka, qulaylik Holat: obyektlar alohida tartibda joylashgan yoki bir-biriga nisbatan oriyentatsiya qilingan Bog‘liqlik: hozirgi davrdagi hodisa

5.5.2. O‘lchamlar

Tasvirdagi obyektlarning o‘lchamlari masshtabning funktsiyasidir. Interpretatsiya maqsadlariga bog‘liq holda to‘g‘ri masshtab tanlanishi kerak. Obyektlarning o‘lchamlari eng ko‘p farqlanadigan xususiyatlardan biri va tasvirni interpretatsiya qilishning eng muhim elementidir. Uzunlik, en, perimetr, maydon va ba’zida hajm eng ko‘p o‘lchanadigan parametrlar hisoblanadi.

Obyektning taxminiy o‘lchami tasvirdagi uzunlikni masshtabning teskarisiga ko‘paytirish orqali hisoblanadi. Obyektning o‘lchamlarini joydagi boshqa obyektlarga nisbatan baholash muhim hisoblanadi. Agar interpretatsiya qiluvchi obyektning absolyut o‘lchamlarini bilsa tasvirdagi to‘rtburchak obyektni futbol maydon ekanligini aniqlashi mumkin (agar tasvirning masshtabi ma’lum bo‘lsa).

O‘xshash shaklli obyektlarni farqlashda nisbiy o‘lchamlar ham muhim rol o‘ynaydi. Obyekt o‘lchamini tez taxmin qilish interpretatsiya qilishda tez to‘g‘ri natijaga erishishga yordam beradi. Masalan, agar interpretatsiya qiluvchi yerdan foydalanish zonalarini ajratishi kerak bo‘lsa va bir nechta bino-inshootlardan iborat maydonni aniqlagan bo‘lsa, zavod va omborxonalar kabi katta inshootlarni sanoat mulki va kichik binolarni esa turar joylar degan xulosaga kelishi mumkin. To‘g‘ri interpretatsiya natijasiga erishish uchun tasvirning masshtabini aniqlash kerak bo‘ladi. Bir qavatli va ko‘pqavatli binolarning, shuningdek bir tomonli va ko‘ptomonli ko‘chalarning nisbiy o‘lchamlari farq qiladi. Kichik va o‘rta baliqchilik kemasi tasvirda bir xil ko‘rinishi mumkin, chunki ular bir xil shakl va bog‘liqlikka ega. Bunday holatda obyektlarning o‘lchamlari qaror qabul qilishga yordam beradi.

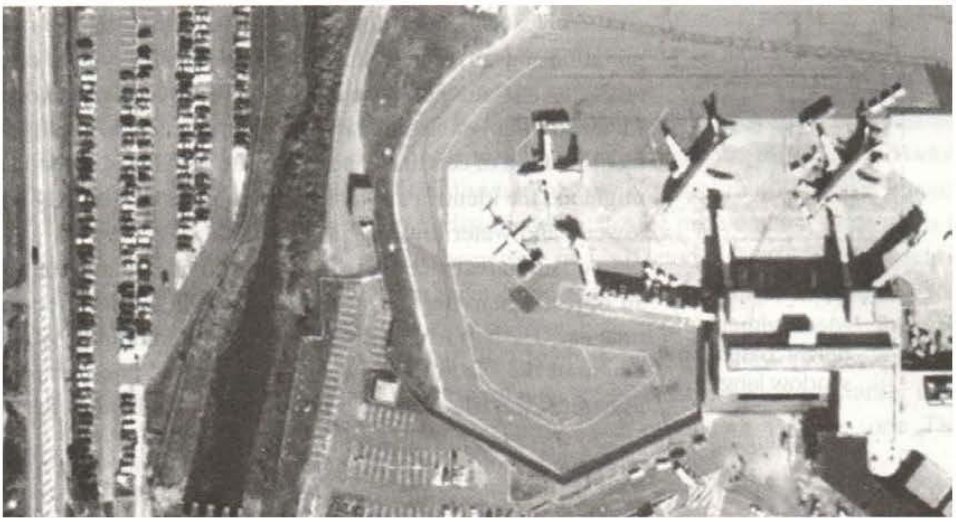


5.7-rasm. Turli obyektlarning nisbiy o‘lchami (Manba: 5 adabiyot).

5.5.3. Shakl

Obyektlarning shakli tasvirda keltirilgan geometrik shakl sifatida tavsiflanadi. Odatiy shakllar, kvadratlar, to‘rtburchaklar va aylanalar (masalan, bino-inshootlar, yo‘llar va haydalgan yerlar) inson tomonidan yaratilgan belgilardir. Aniq geometrik shaklga ega bo‘lmagan tartibsiz shakllar tabiiy muhitning belgilaridir, masalan, daryo,ko‘l kabi suv havzalari.

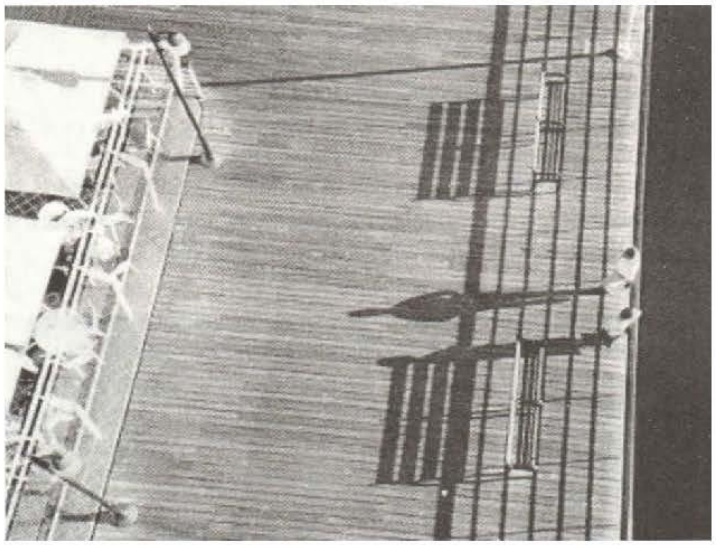
Shakl alohida obyektlarning umumiy shakli yoki tuzilmasini bildiradi. Interpretatsiya jarayonida shakl eng yaxshi ajratish kaliti hisoblanadi. To‘g‘ri chegaraga ega bo‘lgan shakllar shahar yoki qishloq xo‘jalik obyektlarini, o‘rmon chegaralari kabi tabiiy shakllar odatda tartibsiz shakllarni (inson tomonidan yaratilgan yo‘llar yoki aniq obyektlardan tashqari) tasvirlaydi. Aylanib sug‘oruvchi uskunalar yordamida sug‘oriladigan ekin yerlar tasvirda aylana shaklda ko‘rinadi. Tomlarning shakli qurilish turini aniqlashda yordam beradi. Shuning uchun shakllar tasvirdagi obyektlarni tanishda muhim rol o‘ynaydi.



5.8-rasm. Tasvirning o‘ng tomonidagi shakllardan samolyotlarni aniqlashimiz mumkin (Manba: 5 adabiyot).

5.5.4. Soya

Soya tasvrini interpretatsiya qilishda ko‘rinuvchi to‘siqdir. Biroq, minoralar va baland binolarning balandligi hamda ko‘prikning shakli haqida ma’lumot beradi. Ba’zida tasvirdagi obyektlarning soyalari obyektlarning o‘zlariga nisbatan ko‘proq ma’lumot beradi (5.9-rasm).



5.9-rasm. Bu tasvirda soyalar obyektlarning o‘zidan ko‘proq ma’lumot beradi (Manba: 5 adabiyot).

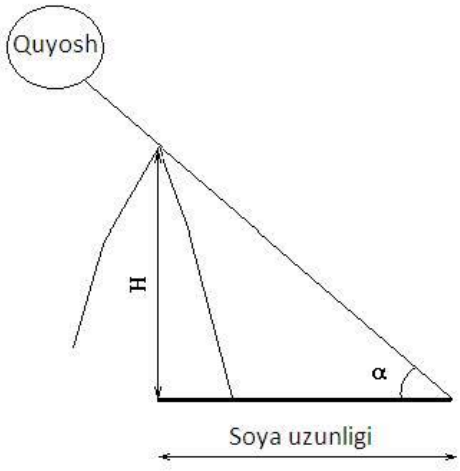
Kichik burchak ostida tushayotgan quyosh nurlaridanpaydo bo‘lgan soyalar tasvirni interpretatsiya qilishda muhim sanaladi, chunki soya shakllari ayrim obyektlarni aniqlash uchun ularning profil ko‘rinishi haqida ma’lumot beradi. Shuningdek soya tafsilotlarni aniqlashda to‘sqinlik qiladi, masalan, u zich joylashgan shaharlarda turli obyektlarni aniqlashga xalaqit beradi. Boshqa tomondan u ko‘priklar, o‘tkazish yoki suv minoralari kabi ayrim obyektlarni aniqlashda yordam beradi.

Interpretatsiya qiluvchi stereo tasvirlash imkoniyatiga ega bo‘lmaganda soyalar obyektning balandligini aniqlash kaliti hisoblanadi. Vertikal aerofotografiyada obyektning balandligi H soya uzunligi S ni o‘lchash orqali hisoblanadi. Rasmda soyani o‘lchash orqali obyektning balandligini aniqlashda trigonometrik bog‘liqlikdan foydalanilgan:

$$\mathrm{tg}\alpha = \frac{H}{S}.$$

Agar quyosh nurining tushish burchagi ma’lum bo‘lsa balandlik soyaning uzunligi orqali quyidagicha topilishi mumkin:

$$H = S \cdot \mathrm{tg}\alpha.$$



Haqiqiy balandlikni topish uchun tasvir masshtabining teskarisiga ko‘paytirish kerak.

Soya obyektlarning profil va nisbiy balandligini aniqlashda yordam berishi bilan interpretatsiya jarayonida foydali hisoblanadi. Bundan tashqari, radar tasvirlarida soya topografiya va Yer shakllarini aniqlashda juda foydalidir.

5.10-rasm. Soya uzunligiga asosan balandlikni hisoblash.

5.5.5. Ton

Masofadan zondlash tizimlari orqali yozib olingan elektromagnit spektrning diapazonlari qora rangdan oq ranggacha bo‘lgan oraliqda kulrang ranglarda tasvirlanadi. Oqdan qoragacha davom etadigan kulrang oraliq *ton* deb ataladi. Ton tasvirdagi obyektlarning nisbiy yorqinligi yoki rangini anglatadi. Ton tasvir sirtining ravshanlik darajasini bildiradi. Biz odatda, „tasvirning bu qismi yorqin tondan iborat”, bu maydaon „qora” tonga ega va bu obyekt o‘rta „kulrang tondan iborat” deb ishlatamiz. Qoramtirlik va yorqinlik darajasi ma’lum to‘lqin uzunligi intervali bo‘yicha joydan qaytayotgan yorug‘lik miqdorining funksiyasidir.

Umuman olganda ton turli xil obyektlarni ajratib olishning asosiy elementi sanaladi. Panxromatik fotosuratlarda har bir obyekt qaytaruvchanligiga bog‘liq holda o‘ziga xos ton qaytaradi. Masalan, quruq qum oq, ho‘l qum esa qora bo‘lib ko‘rinadi. Qora va oq yaqin infraqizil fotosuratlarlarda suv qora va sog‘lom o‘simliklar oqdan yorqin kulrangacha bo‘ladi. Ho‘lroq tuproqlar qoramtir tonda tasvirlanishini hisobga olib drenaj tarmoqlarini aniqlashda qo‘llaniladi.

Tondagi farqlar ko‘p spektrli tasvirning turli diapazonlarida o‘zgarishi mumkin. Masalan, ko‘k diapazonda vegetatsiyaning qaytaruvchanligi barcha yashil vegetatsiya uchun taxminan bir xil. Lekin yaqin infraqizil diapazonni olsak, o‘simliklarning xlorofilliga bog‘liq bo‘lgan tonli farqni ko‘rishimiz mumkin.

Tondagi o‘zgarish obyektlarning shakl, tekstura va formalarini farqlashga yordam beradi. Insoniyat masofadan zondlash sensori yoki qora-oq fotoapparatda olingan tasvirdagi taxminan 40–50 ta alohida kulrang tusni farqlay oladi.

5.5.6. Rang

Rangli tasvirlar rangli plyonka yoki rangli infraqizil plyonkalar yordamida olinadi. Biz ko‘p spektrli raqamli tasvir ma’lumotning alohida diapazonlaridan rangli kompozitsiya tasvirlarini yaratish uchun rang-kombinatsiya texnikasidan foydalanamiz. Bu kulrang ton (intensivlik) bilan birga rang va to‘yinganlikni ifodalaydi. Rangli kompozitsiyada ko‘proq vizual ma’lumot ifodalanadi. Masalan,

vegetatsiya oddiy rangli kompozitsiyada yashil va infraqizil rangli kompozitsiyada esa qizil bo‘lib ko‘rinadi. Boshqa obyektlar boshqa turdagi ranglarda ifodalanadi. Shuning uchun rang obyektlarni aniqlashda muhim rol o‘ynaydi.

Rang obyekt tafsilotlarini aniqlashda qulaylik yaratadi. Masalan, kam tajribali tahlilchi rang ma’lumotlaridan foydalanib vegetatsiya turi va xillarini aniqlashi mumkin. Fotoplyonka plastinkasi yoki foydalanilgan filtr va tasvirga olinayotgan obyektga bog‘liq holda rangli infraqizil fotosuratlar yoki noto‘g‘ri rang aniqroq ma’lumot beradi.

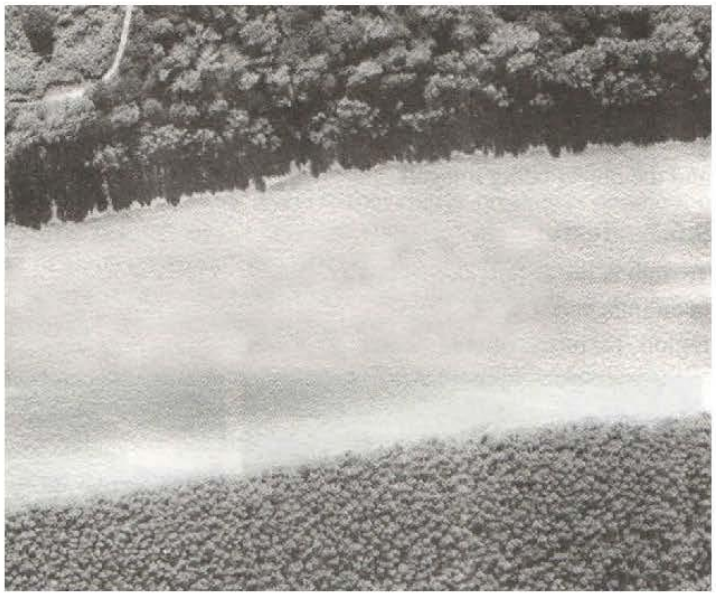
5.5.7. Tekstura

Tekstura tasvirdagi ton yoki rangning joylashish va tartibidagi takrorlanish xususiyatidir, u tasvirdagi maydonning tekis yoki dag‘alligi haqida vizual taassurot qoldiradi. Tekstura daraxt barglari va barg soyalari kabi alohida-alohida qaror qabul qilish uchun juda kichik bo‘lgan obyektlarni aniqlashda qo‘llaniladi. Fotosuratda alohida ajratib olish uchun juda kichik bo‘lgan obyektlar guruhlarining tonli takrorlanishi yaratilgan. Ba’zida juda o‘xshash spektrli xususiyatga ega bo‘lgan ikkita obyekt turli teksturalarda ko‘rinadi va bu tahlilchiga ikki obyektni bir-biridan farqlashga yordam beradi. Dag‘al teksturalar to‘q tondan iborab bo‘ladi, bunda kichik maydonlarda kulranglik darajasi tez o‘zgaradi. Tekis teksturada esa juda kam tonli o‘zgarish yuz beradi. Tekis teksturalarga bir xil yuzalar masalan, asfalt yoki o‘simlik maydonlar misol bo‘ladi. O‘rmon qoplami kabi dag‘al yuza va tartibsiz tuzilmali obyektlar tasvirda dag‘al tekstura bo‘lib ko‘rinadi. Radar tasvirga olishda tekstura obyektlarni bir biridan ajratib olishda juda muhim ahamiyatga ega. Biz odatda tekis, o‘rta va dag‘al degan tekstura sifatlaridan foydalanamiz. Masalan, bir xil o‘tloqzor tekis teksturani, ignabargli o‘rmonlar esa dag‘al teksturani ifodalaydi,lekin bu tasvirning masshtabiga ham bog‘liq.

Vegetatsiya turlarini aniqlashda tekstura alohida ahamiyatga ega. Tekstura yordamida tajribali tahlilchi nafaqat yirik bargli va ignabargli o‘rmonlarni balki daraxt turlarini ham bir biridan farqlash imkoniyatiga ega bo‘ladi.



5.11-rasm. Turli obyektlar turli diapazon kombinatsiyalarida belgilab ko‘rsatilgan (Manba: 5 adabiyot).



5.12-rasm. Yuqoridagi dag‘al tekstura baland daraxtlarni, pastdagi o‘rtacha tekstura kichik va yosh daraxtlarni, o‘rtadagi tekis tekstura esa qurigan daryoni tasvirlaydi (Manba: 5 adabiyot).

5.5.8. Forma

Forma ko‘zda ajratib bo‘ladigan obyektlarni fazoviy joylashuvini anglatadi. Obyektlar tasodifiy yoki tizimli joylashadi,bu joylashuv tabiiy yoki inson qo‘li bilan yaratilgan bo‘lishi mumkin. O‘xshash ton va teksturalarni tartibli takrorlanishi aniq va taniqli bo‘lgan formalarni yaratadi. Tasvirdagi formalar „formani tashkil etadigan alohida obyektlar o‘rtasidagi bog‘liqlik” ni ifodalaydi. Masalan, tabiiy taqsimlangan daraxtlar tasodifiy joylashgan, lekin inson tomonidan

yaratilgan bog‘lardagi daraxtlar esa tartibli joylashtirilgan. Uy yoki binolarning qatorlari, bir tekis joylashtirilgan sholi maydonlar, bir-biriga bog‘liq asosiy yo‘llar yoki boshqa obyektlar o‘zlarining alohida formalari haqida ma’lumot beradi. Formalar qishloq xo‘jaligidagi va shahardagi obyektlarni aniqlashda yordam beradi. Masalan, aerosuratlarda aylana shaklda sug‘oriladigan maydonlar aniq ajralib turadi, shuningdek, shaharlardagi aholi yashash joylari, sanoat uchun mo‘ljallangan maydonlarni ajtatishda formalar katta yordam beradi.



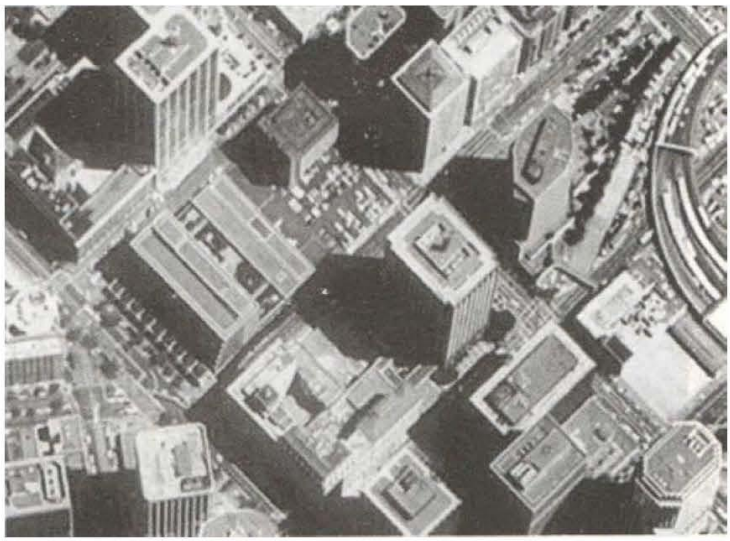
5.13-rasm. Formalar shaklli uylar, chiziqli yo‘llar, egri daryolar, daryodagi qayiqlar, vegetatsiya va boshqalarni aniqlaydi (Manba: 5 adabiyot).

5.5.9. Balandlik va chuqurlik

Yerning shakli va obyektlarning balandligi yoki chuqurligini vizual o‘lchash va farqlash imkoniyati tasvirni interpretatsiya qilishning eng yaxshi elementi hisoblanadi. Masofadan zondlashda bir xil obyektlarni uchish yo‘li bo‘ylab ikki xil nuqtadan ko‘rish uchun stereoskopik parallaks yaratilgan. Stereoskopik asboblardan foydalanib bir-biriga qisman ustma-ust tushgan fotosurat yoki

tasvirlarni ko‘rish maydonning uch o‘lchamli ko‘rinishi hamda *x,y* va topografik ma’lumotlarni farqlashning optimal usulidir.

Tasvirlar bir-biriga qo‘shni obyektlarnining nisbiy balandligini aniqlashda ham juda foydali hisoblanadi.



6.13-rasm. Tasvirda qo‘shni binolarning nisbiy balandligi keltirilgan (Manba: 5 adabiyot).

5.5.10. Joy, holat va bog‘liqlik

Biz biror bir hodisa yoki faoliyat haqida ma’lumot olishda bevosita usha hodisa yoki faoliyat bilan bo‘g‘liq obyektlarga duch kelamiz. Ayrim obyektlarni aniqlash ularning bizga ma’lum bo‘lgan boshqa obyektlar bilan bog‘liqligi orqali amalga oshiriladi.

Har qanday obyekt yoki hodisani aniqlashda joy, holat va bog‘liqlik xususiyatlari juda muhimdir. Joy o‘ziga xos ijtimoiy-iqtisodiy xususiyatlarga ega. Holat tasvirga olinayotgan maydondagi obyektlar bir-biriga nisbatan qanday tashkil etilgan yoki joylashtirilganligini anglatadi. Tasvirni tahlil qilish jarayonida interpretatsiya qilishning joy, holat va bog‘liqlik elementlari kamdan kam holatlarda alohida ishlatiladi. Lekin, mantiqiy xulosaga kelishda ulardan ma’lum bir darajada foydalaniladi.

Bu elementlar boshqa taniqli obyektlarning aniqlanayotgan obyektga yaqinligini hisobga oladi. Odatda, ayrim materiallar, binolar, truboprovodlar va tayyor mahsulotlar mantiqiy hamda bashorat qilish mumkin bo‘lgan yo‘sinda joylashgan. Obyektlarni aniqlashda ularning boshqa obyektlarga bog‘liqligi aniqlash jarayonini yengillashtiradi. Elementlarning kombinatsiyasi, geografik xususiyatlar va obyektning atrof muhitga nisbatan joylashuvi foydalanuvchiga tasvirni interpretatsiya qilish uchun aniq ma’lumot bilan ta’minlaydi.

Bir-biriga bog‘liq obyektlarni tahlil qilish orqali ko‘p turdagi obyektlar osongina aniqlanishi mumkin. Masalan, boshlang‘ich va o‘rta maktab binolari bir xil tekis tomga ega, lekin o‘rta maktabni uning yonidagi futbol stadioniga bog‘liqligidan ajratib olish mumkin. Shuningdek, sanoat inshooti va savdo markazini farqlash qiyin, lekin savdo markazining yonida sanoat inshootiga nisbatan kattaroq avtomobil to‘xtash joyi mavjudligiga asosan ikkala inshootni ajratish mumkin.

Savdo markazining binosini katta transport yo‘llariga yaqinligiga va aholi yashash joylarini esa maktablar, o‘yingohlar va sport maydonlariga bog‘lab aniqlash mumkin.

5.6. Interpretatsiya kalitlari

Interpretatsiya elementlari yordamida obyektlarni aniqlash me’zoni *interpretatsiya kaliti* deb nomlanadi. Tasvirni interpretatsiya qilish tajribali interpretatsiya qiluvchining mana shu tasvirlar haqidagi mavjud bilimlari asosida yaratilgan interpretatsiya kalitlariga bog‘liq. Umuman olganda, har xil interpretatsiya qiluvchilar o‘rtasidagi farqni yo‘qotish maqsadida standartlashgan kalitlar yaratilishi lozim.

Sakkizta interpretatsiya elementlari (o‘lcham, shakl, soya, ton, rang, tekstura, forma va bog‘liqlik), shuningdek tasvirga olingan vaqt, fasl, tasvir masshtabi interpretatsiya kalitlarini yaratilishida diqqat bilan hisobga olinishi kerak.

5.7. Mavzuli kartalarni ishlab chiqish

Tasvirni interpretatsiya qilish kartasi interpretatsiya qilingan ma'lumotni oldindan tayyorlangan asos kartaga o'tkazish orqali yaratiladi. Asos kartaga bo'lgan talab quyidagilardaniborat:

1. Interpretatsiya qilingan ma'lumotni tog'ri taqdim qilish imkoniyatini beruvchi munosib masshtab;

2. Geografik bog'lashni yaratish uchun geografik koordinata tizimi;

3. Interpretatsiya qilingan ma'lumotni yaxshilash natijasini beradigan asosiy karta ma'lumoti yorug' tonlarda chop etiladi.

Yuqori imkoniyatga ega tasvirlarni interpretatsiya qilish uchun 1:50000 dan 1:250000 gacha masshtabli topokartalar asos karta sifatida ishlatilishi ma'qul. Okeanografiya yoki dengizga aloqador fanlarda 1:50000 dan 1:500000 gacha bo'lgan masshtabli topokartalar asos karta sifatida ishlatiladi.

Interpretatsiya qilingan ma'lumotni o'tkazish uchun (misol uchun, o'rmonni sinflashtirishda) kartograflar tomonidan ortofotokartalardan ko'proq foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. Masofadan zondlash ma'lumotining ikki xil sinfini tushuntiring.
2. Inson yordamida ma'lumotni interpretatsiya qilish usulining afzalliklari va kamchiliklarini tushuntiring.
3. Kompyuter yordamida ma'lumotni interpretatsiya qilish usulining afzalliklari va kamchiliklarini tushuntiring.
4. Haqiqiy ma'lumot nima?
5. Geoma'lumot nima?
6. Partially processed data – qisman qayta ishlangan ma'lumot nima?
7. Ortoto‘g‘rilangan ma'lumot nima?
8. Metama'lumot nima?
9. Tasvirni interpretatsiya qilishga ta'rif bering.
10. Tasvirni tahlil qilishni tushuntiring.
11. Tasvirni visual interpretatsiya qilish elementlari nimalardan iborat?
12. Visual interpretatsiya qilish jarayonida inson tajribasining o‘rnini tushuntiring.
13. Interpretatsiya qilish kalitlari nimalardan iborat?
14. Asos kartaga bo‘lgan talablarga nimalar kiradi?

6-bob. Raqamli tasvirlarni qayta ishlash

Raqamli tasvirlarni qayta ishlash – qayta ishlash, tahlil qilish va axborot ajratib olishni amalga oshirish uchun raqamli tasvirlarga algoritmlar qo‘llashdan iborat. Masofadan zondlash ma’lumotlari, odatda raqamli tasvir ma’lumotlarini o‘z ichiga oladi. Shuning uchun, masofadan zondlashda ma’lumotlarni qayta ishlashdeganda raqamli tasvirlarni qayta ishlash tushuniladi. Raqamli tasvirlarni qayta ishlash kompyuterlar yordamida raqamli tasvirlarni boshqarishga yo‘naltirilgan texnikalar majmuasidir. Sun’iy yo‘ldoshlarga o‘rnatilgan sensorlardan olingan ma’lumotlar qayta ishlanmagan hamda nuqson va kamchiliklarga ega bo‘ladi, bu kamchiliklarni yo‘qotish, haqiqiy ma’lumotga keltirish va bu ma’lumotdan talab qilingan axborotlarni ajratib olish uchun bir nechta qayta ishlash bosqichlari amalra oshiriladi.Tasvirlarning formati, boshlang‘ich holati, kerakli ma’lumot turi hamda tasvir tarkibiga qarab bir tasvir boshqasidan farq qiladi.

Ikkita asosiy texnologiyaning rivojlanishi hisobiga zamonaviy masofadan zondlash juda kuchli tizimga aylandi: 1) havo va fazo platformalarida ishlaydigan sezgir elektro-optik sensorlar; 2) kompyuterga asoslangan dasturlar orqali ma’lumotni qayta ishlash va tahlil qilish. Kompyuterga asoslangan tasvir tarkibidagi ma’lumotlarni belgilash va ulardan axborot ajratib olishda foydalaniladiganqayta ishlash jarayonlari ko‘rinish, material, obyekt, shakl va sinflarni aniqlashni o‘z ichiga oladi. Raqamli tasvirni qayta ishlash masofadan zondlashning bir bosqichi bo‘lishi bilan birgauning o‘zi bir nechta bosqichlardan iborat jarayondir. Bu jarayonning birlamchi maqsadi haqiqiy shakl yoki ko‘rinishga ega bo‘lmagan tasvirdan axborot ajratib olishdan iborat. Masofadan zondlangan raqamli tasvirlarni qayta ishlash uchun ma’lumot yozib olingan va raqamli formatda bo‘lishi kerak. Fotoplyonkaga yozib olingan ma’lumotlar plyonka skaner orqali raqamli holatga keltirilishi mumkin, lekin bunda kompyuter qayta ishlash texnologiyasiningjuda kam funksiyalariniqo‘llash imkoniyati bo‘ladi. Eng yaxshi samara beradiganraqamli tasvirni qayta ishlash algoritmlaridan

foydalanish uchun haqiqiy ma'lumot raqamli yozib olingan va raqamli ma'lumotni saqlash uskunasida (qattiq disk, CD,DVD va hokazo) saqlangan bo'lishi shart. Shuningdek, tasvirni qayta ishlash jarayoniningboshqa bir talabi shundan iboratki, mos uskunalar va dasturlarga ega kompyuter tizimining mavjudligidan iborat.Bugungi kunda, ma'lumotlarni qayta ishlash va tahlil qilish uchun bir nechta dasturiy tizimlar yaratilgan.

6.1. Qayta ishlashni toifalashtirish

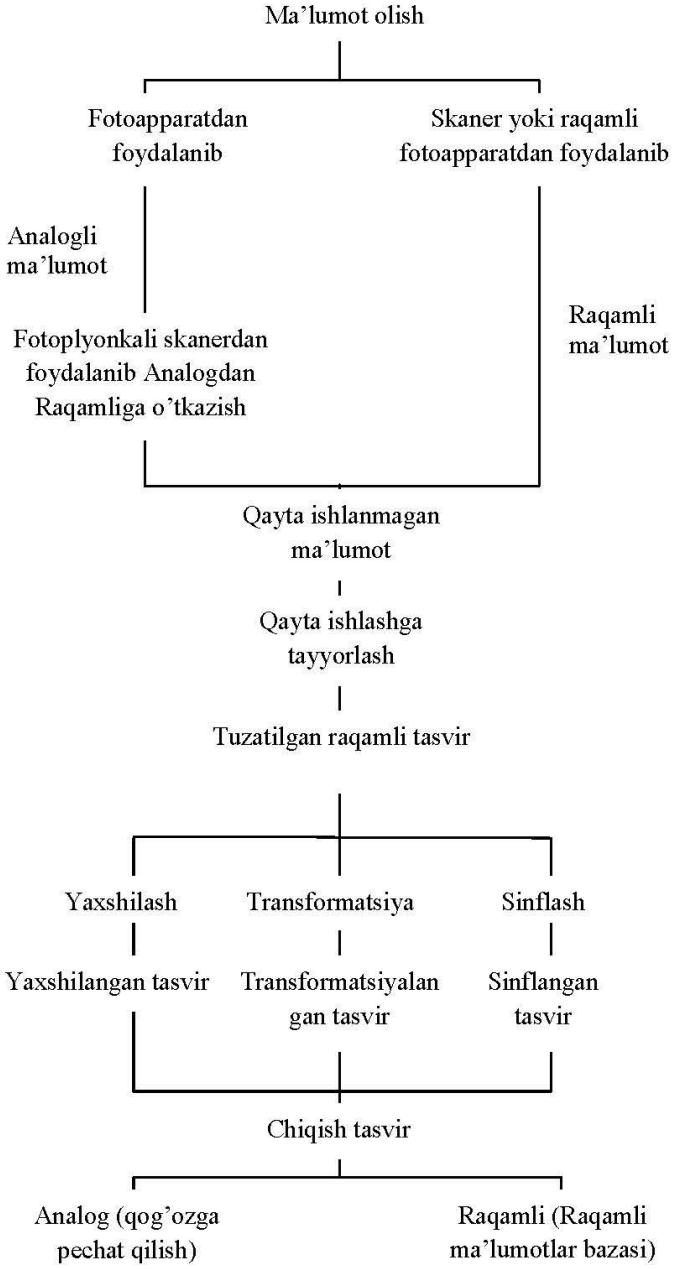
Tasvirni tahlil qilish tizimidagi qayta ishlash funksiyalariniasosan to'rt toifaga ajratish mumkin: 1) qayta ishlashga tayyorlash; 2) yaxshilash; 3) transformatsiyalash; 4) sinflash. Nihoyat, qayta ishlangan va sinflangan tasvirga ega bo'lamiz. 6.1-rasmda raqamli tasvirni qayta ishlash jarayoni keltirilgan.

Qayta ishlashga tayyorlash funksiyasiga ma'lumotni tahlil qlish va undan axborot ajratib olishdan oldingi operatsiyalar kiradi, bu operatsiyalar asosan radiometrik va geometrik tuzatish guruhlarga bo'linadi. Radiometrik tuzatishga ma'lumotni sensor xatoliklardan, sensor yoki atmosferik to'siqlardan hamda sensor orqali o'lchangan taralgan va qaytgan energiyani aniq tasvirlash uchun ma'lumotni o'zgartirish jarayonlari kiradi. Geometrik tuzatish sensor va Yerdagi geometrik farq hamda ma'lumotni haqiqiy koordinata tizimiga (masalan, uzoqlik va kenglikka) o'tkazishdagi geometrik buzilishni tuzatishdan iborat.

Tasvirni yaxshilash vizual interpretatsiya va tahlil qilish uchun tasvir ko'rinishini yaxshilashdan iborat. Tasvirni yaxshilash funksiyasiga tasvirdagi turli obyektlarning rangli farqini oshirish uchun kontrastni o'zgartirish va tasvirdagi asosiy fazoviy xususiyatlarni oshirish uchun fazoviy filtrlash kiradi.

Tasvirni transformatsiyalash operatsiyalari tasvirni yaxshilash operatsiyalari bilan o'xshash tushuncha, farqi shundaki, tasvirni yaxshilash bir martada ma'lumotning yagona kanal yoki diapazoniga qo'llaniladi, tasvirni transformatsiyalash esa ko'pspektr diapazonli ma'lumotni birlashtirib qayta ishlashni amalga oshiradi. Obyektlarni tasvirlash uchun haqiqiy diapazonlarni

yangi tasvirga birlashtirish va transformatsiyalash jarayoni qo‘shish, ayirish, ko‘paytirish va bo‘lish kabi arifmetik operatsiyalar orqali amalga oshiriladi.



6.1-rasm. Raqamli tasvirni qayta ishlash jarayoni

Tasvirni sinflash va tahlil qilish operatsiyalari ma’lumotdagi piksellarni raqamli aniqlash va sinflashda ishlatiladi. Odatda sinflash ko‘p spektrli

ma'lumotlar yig'indisida amalga oshiriladi va bu jarayonda tasvirdagi har bir piksel o'zidagi yorqinlik qiymatining(raqamli son) statistik xususiyatlariga asoslanib alohida sinfga ajratiladi. Raqamli sinflashni amalga oshirishning turli yondashuvlari mavjud,ulardan eng ko'p ishlatiladigan asosiy yondashuvlar boshqariladigan va boshqarilmaydigan (supervised and unsupervised classification) sinflashdir.

Ayrim tasvirni qayta ishlash texnikalari (algoritmi) birdan ortiq tasvirni qayta ishlash toifasida bir xil ishonchlilik va samaralilik bilan ishlatilishi mumkin. Masalan, fazoviy filtrlash qayta ishlashga tayyorlash va tasvirni yaxshilashda qo'llanilishi mumkin.

Raqamli tasvirni qayta ishlash texnikasini boshlashdan oldin raqamli qayta ishlashga oid tushunchalarni ko'rib chiqish talab qilinadi va bu qayta ishlash texnikasini tushunishda yordam beradi.

6.2. Tasvirni qayta ishlash texnikasi

Texnikaviy ta'minot. Raqamli tasvirni qayta ishlash quyidagilardan foydalanib amalga oshiriladi: 1) Meynfreym (bosh kompyuter)ga asoslangan; 2) minikompyuterga asoslangan; 3) mikrokompyuterga asoslangan raqamli tasvirni qayta ishlash tizimi.Yuqori tezlikka ega kompyuter qismlar, dasturiy texnologiyalarva har qanday kompyuterlar (rangli monitorga ega bo'lgan) tasvirni qayta ishlashda qo'llanilishi mumkin. Shuningdek, qayta ishlashni amalga oshirish jarayoni bir tizimdan ikkinchi tizimga farq qiladi. Yaqinkunlardan boshlab server kompyuterga bog'langan tarmoq tizimlar ommaviylashmoqda.

Uskunalar. Raqamli tasvirni qayta ishlash tizimlari tasvirni kiritish, A/R analogdan raqamliga o'tkazish va tasvirlash uchun qurilmalar, shuningdek chop etish uchun printer va ma'lumotlar arxivini yaratish uchun yozib oluvchi qurilmalar kabi turli uskunalarni talab qiladi.

Dasturiy ta'minot. Tasvirni qayta ishlash dasturiy ta'minoti buyruqlar modulida amalga oshiriladigan oldindan aniqlangan algoritmlardan tashkil topgan. Aksariyat dasturiy ta'minotlar asosan menyu yordamida boshqariladigan va interfaoldir. Foydalanuvchi uchun algoritmni o'zlashtirish bo'yicha ko'rsatma ham ushbu dasturiy ta'minotlar bilan birga beriladi. Masofadan zondlangan tasvirlarni raqamli qayta ishlashga oid turli dasturiy ta'minotlar savdosi yo'lga qo'yilgan, bunga misol qilib ERDAS Imagine, PCI Geomatika, IDRISI, TNT maps, ENVI, GRASS, IDIMS, ELAS, GYPSY, ESIPS, EMIPS va boshqa bir nechta dasturiy ta'minotlarni sanab o'tish mumkin. Bu dasturlarning aksariyat qismi Linux va Windows operatsion tizimga moslashtirilgan.

6.3. Raqamli tasvir

Raqamli tasvirni qayta ishlashni boshlashdan oldin birinchi navbatda raqamli tasvir haqida so'z yuritamiz. Raqamli tasvir raqamli yorqinlik qiymatlariga ega bo'lgan alohida piksellardan tashkil topgan. Umuman olganda, raqamli tasvir ma'lum bir maydonning parametrlari (elektromagnit nurlanish, taralish, harorat va boshqa geofizik yoki topografik balandlik) ning fazoviy joylashuvini tasvirlaydigan sonlar matritsasidir.Raqamli tasvir piksel deb ataladigan alohida tasvir elementlaridan tashkil topgan. Har bir piksel (x,y) koordinatalariga ega. Tasvirning yuqori chap burchagi piksel koordinata tizimining boshi hisoblanadi. Ustun soni (x) o'ng tomonga qarab ortib boradi va qator soni (y) pastga tomon ortib boradi.Har bir pikselga muvofiq sonli qiymat raqamli sonlar (RS) bilan tasvirlangan. Tasvirning piksel qiymati yuza nurlanishini tasvirlaydi. Piksel qiymat tasvirning zichligi yoki yorqinligi deb ham ataladi, bu qiymatlar kompyuterda ikkilik sonlar sifatida saqlanadi. Har bir tasvir piksellarning ikki o'lchamli matritsasi sifatida tasvirlanadi. Ko'pspektrli va giperspektrli tasvirlar piksellarning uch o'lchamli matritsasida tasvirlanishi mumkin.

Ma'lum balandlikdagi sensorning uchta parametrlari(fazoviy, spektrli va radiometrik imkoniyatlari) raqamli masofadan zondlash tasvirining sifatini aniqlaydi.

6.4. Raqamli ma'lumotlarni yozib olish, saqlash va uzatish mediasi

Odatda sun'iy yo'ldosh ma'lumotlariYerda joylashgan stansiyadagi yuqori zichlik raqamli tasmada (HDDT-High-density digital tape) haqiqiy vaqt bo'yicha yozib olinadi. Yuqori zichlik raqamli tasma ma'lumot tarqatish maqsadida kompyuterga moslangan tasma (Computer compatible tape-CCT) yoki boshqa disketlarga o'tkaziladi. Oxirgi o'n yildan boshlab optik disklar, o'chirish funksiyasiga ega magnitli-optik disklar, kompakt disklar ommaviylashdi. CD-ROM mass-media uchun juda qulay va arzon vosita hisoblanadi.

6.5. Raqamli tasvirning ma'lumotlar formati

Tasvirlar ikki xil shaklda bo'ladi – fotografik va raqamli. Barcha sun'iy yo'ldosh tasvirlari raqamli shaklda yozib olinadi, interpretatsiya qilishvatasvir ishlab chiqish uchun kompyuterlarda qayta ishlanadi.

Masofadan zondlangan ma'lumotni saqlash va uzatish uchun standart format mavjud emas,tashkilotlar turli xil formatlardan foydalanadi. 1982-yildan buyon sun'iy yo'ldosh tasvirli ma'lumoti dunyo standart formati deb nomlangan yoki LTWG (Landsat Technical Working Group) formatda bo'lgan.Dunyo standart formati super tuzilma deb nomlangan ma'lumot tuzilmasiga ega, unda uchta hajmni tasvirlovchi, faylni ko'rsatuvchi va faylni tasvirlovchi yozuvlar mavjud bo'lib, ular ma'lumot tarkibini ta'riflaydi. LTWG formatdahar bir yozuvning tarkibi haqidao'zgarmas tavsif mavjud emas, CEOS format (Committee on Earth Observation Satellite – Yerni kuzatish sun'iy yo'ldoshlari qo'mitasi)esa yozuvlarning standart tarkibini belgilaydi. Masofadan zondlangan tasvirlarni saqlash va uzatish dunyo bo'yicha standart kelishilmagan, lekin CEOS format standart sifatida qabul qilinmoqda. Boshqa ommaviy formatlardan GeoTIFF va iyerarxiya ma'lumot formati (HDF – Hierarchical data format)ni sanab o'tish lozim.

Tasvir ko‘plab ustma-ust tasvirlar bilan tasvirlanadigan ko‘pspektrli kanallardan tashkil topgan. Raqamli masofadan zondlash ma’lumotlari quyida keltirilgan uchta asosiy fayl qavatli formatlardan tashkil etilgan:

1. Piksellar ustma-ust qo‘yilgan diapazon (BIP-Band interleaved by pixel). Har bir piksel, piksel raqam va chiziq sonlari orqali fazoviy tartiblanganko‘p-diapazonli ma’lumotlar to‘plami.

2. Chiziqlar ustma-ust qo‘yilgan diapazon (BIL–Band interlayed by line). Chiziqli ma’lumot diapazon sonlar tartibi bo‘yicha tartiblangan va chiziq soni bo‘yicha takrorlangan.

3. Diapazon ketma-ketligi (BSQ–Band sequential). Har bir diapazonning tasvirli ma’lumoti (piksel va chiziq soni) alohida tartiblangan.

6.2-rasmda olti pikselli (uchta ustun va ikkita qator) va uch diapazonli tasvir keltirilgan. Bu tasvir ma’lumoti BSQ, BIL yoki BIP formatda paketlanishi mumkin.

Tasvirni o‘qishda noto‘g‘ri paketlashdan foydalanganda odatiy xatolik yuz beradi, natijada tasvir monitorda tasvirlanganda to‘siqlar paydo bo‘ladi.



6.2-rasm. Uch diapazonli tasvirning qatlamlari(Manba: 5 adabiyot).

6.6. Raqamli tasvirning metama’lumoti

Raqamli tasvirlar har doim *boshlovchi axborot*(Header information) deb nomlanuvchi metama’lumotga ega. Bu boshlovchi ma’lumot tasvirdagi qatorlar va ustunlar hamda spektrli diapazonlar soni, sensor haqida axborot, ma’lumot olingan sana va vaqt, quyosh balandlik va azimut, tasvir referens tizimining yo‘lak va qator soni, proyeksiya va qayta ishlanganlik haqida axborot, tasvir hajmi, mahsulot turi

(panxromatik, ko‘p spektrli va hokazo) vaimkoniyat haqida axborot (fazoviy, spektrli va radiometrik), ma’lumot formati (BIP, BIL, BSQ), tasvir markazining geografik koordinatasi va tasvir fayli haqida ma’lumot beradi.

6.7. Qayta ishlashga tayyorlash

Odatda, sun’iy yo‘ldosh yoki samolyotga o‘rnatilgan tasvirga olish sensoridan olingan masofadan zondlash ma’lumotlari nuqson va kamchiliklarga ega bo‘ladi. Ma’lumotdagi nuqsonlarni tuzatish va kamchiliklarni bartaraf qilish qayta ishlashga tayyorlash (pre-processing) deb ataladi. Qayta ishlashga tayyorlash tizimli va tizimli bo‘lmagan xatolarni tuzatish kabi ma’lumotni tahlil qilishga tayyorlash operatsiyalarini o‘z ichiga oladi. Diapazon ma’lumotini hamda raqamli son qiymatlarini qayta hisoblab chiqibmuammolarni bartaraf etish uchun turli xil tasvirni tayyorlash dasturlaridan foydalaniladi.

Bu qiymatlarni optimallashtiradigan dasturlargaatmosferik tuzatish (atmosferadagi sochilish va to‘xtalishlar obyekt yuzasining raqamli son qiymatlariga ta’sir etishi); quyoshning yoritish geometriyasi; yuzadagi geometrik buzilish; sun’iy yo‘ldosh tezligi va balandligidagi o‘zgarishlar; Yer aylanishining ta’siri, balandlik, sensorning ishlashidagi xatoliklar (detektor javob berishidagi tartibsizlik, ko‘zguli tebranishidagi o‘zgarishlar); belgilangan tasvirga olish chizig‘ining yo‘qolishi va boshqalar kiradi. Bu tuzatish dasturlarning har birini har qaysi holatda qo‘llash shart emas. Bu xatolar tizimli va ular foydalanuvchiga yetkazilmasdan oldin to‘g‘rilanadi.

Masofadan zondlangan ma’lumotlardan ajratib olinadigan axborotlar tabiatiga asosan tadqiqotchi eng yaxshi qayta ishlashga tayyorlash texnologiyasidan foydalanishga qaror qilishi kerak. Masofadan zondlashdagi barcha qayta ishlashga tayyorlash texnologiyalari ikki toifaga bo‘linadi: radiometrik tuzatish va geometric tuzatish.

6.7.1.Ma'lumotlarni radiometrik tuzatish

Samolyot yoki sun'iy yo'ldoshdagi sensor taralgan yoki qaytgan elektromagnit energiyani qabul qilganda, qabul qilingan energiya xuddi shunday obyektdan taralgan yoki qaytgan energiyani qisqa masofadagi sensor qabul qilgan miqdoriga mos kelmaydi. Bu quyoshning azimuti va balandligi, tuman yoki aerozol kabi atmosferik holatlar, sensorning javob berishi va boshqalarning qabul qilingan energiyaga ta'sir etishi oqibatida sodir bo'ladi. Shuning uchun, haqiqiy nurlanish yoki qaytaruvchanlikka erishish maqsadida radiometrik buzilishlar to'g'rilanishi kerak.

Masofadan zondlangan tasvirni radiometrik tuzatish yorqinlik qiymatining aniqligini oshirish uchun raqamli tasvirlarni qayta ishlashni o'z ichiga oladi. Radiometrik tuzatishni qo'llashdan asosiy maqsad tasvirning yorqinlik qiymatidagi xatolar ta'siri va nomuvofiqlikni kamaytirishdan iborat. Chunki bu xatoliklar insonning tasvirlarni qayta ishlash, interpretatsiya qilish va tahlil qilish qobiliyatini chegaralashi mumkin. Bu bo'limda biz radiometrik xatoliklar va nomuvofiqliklarni „to'siq" deb ataymiz, bu to'siqlar tasvir yorqinligidagi fazoviy va davriy o'zgarishlarga sabab bo'ladi.

Shuning uchun, radiometrik to'siqning manbai va muvofiq tanlangan radiometrik tuzatish sensor va raqamli ma'lumotlarni tasvirga olish usuliga qisman bog'liq. Radiometrik to'siqning manbai faqatgina sensorga bog'liq ta'sirlar emas. Yoritish miqdor va sifatidagi fazoviy yoki davriy o'zgarishlar, atmosferik -optik xususiyatlar, rel'yef va yuza xususiyatlari radiometrik to'siqning boshqa manbalari hisoblanadi.Radiometrik tog'rilash quyida keltirilgan uch turga sinflanadi:

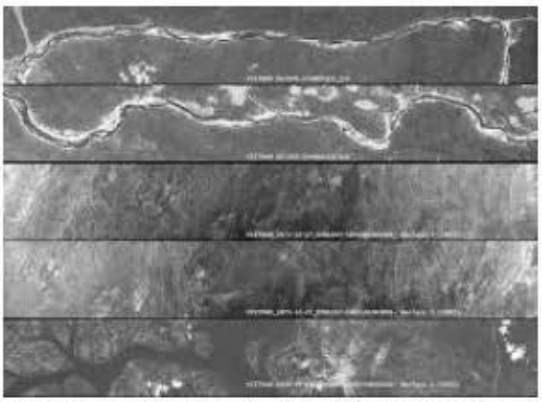
1. Detektorning javob berishini kalibrlash:

- Yo'laklarni yo'qotish;
- Tushirib qoldirilgan skanerlash chiziqlarini olib tashash;
- Tasodifiy to'siqlarni yo'qotish;

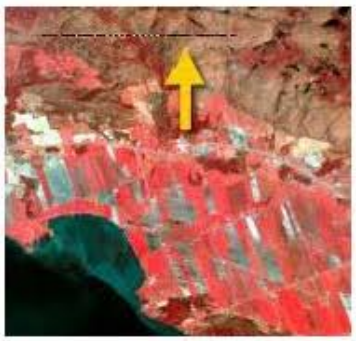
- Tasvirdagi yaltirashni kamligini bartaraf etish (yaltirash).

2. Quyosh burchagi va topografik tuzatish.

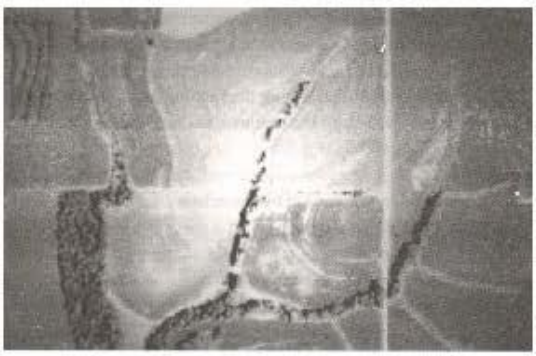
3. Atmosferik tuzatish.



6.3-rasm. Tasvirda yo‘laklarning hosil bo‘lishi (Manba: 5 adabiyot).



6.4-rasm. Skanerlash chizig‘ining tushirib qoldirilishi (Manba: 5 adabiyot).

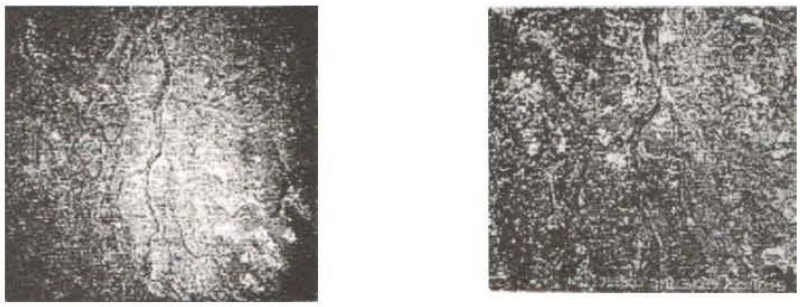


6.5-rasm. Tasvirdagi yorqinlikning kamligi (yaltirash) (Manba: 5 adabiyot).

6.7.2. Quyosh burchagi va topografik tuzatish

Quyosh nurining Yer yuzasiga sochilib tushishi tasvirdagi yorug‘roq maydonlarni hosil qiladi. Bu esa issiq dog‘i yoki quyosh dog‘i deb ataladi. Quyosh dog‘ bilan yorqinlik kamligining ta’siri soya berish egri chizig‘ini baholash bilan to‘g‘rilanadi.

Soya topografik relyef tufayli paydo bo‘ladigan boshqa bir ta’sir bo‘lib, quyosh nurining yo‘nalishi va yer yuzasiga tushgan normal vektor orasidagi burchakdan foydalanib to‘g‘rilanadi.



a)b)

6.6-rasm.a)tasvirdagi quyosh dog‘i;b)yo‘qotilgandog‘(Manba: 5 adabiyot).

6.7.3. Atmosferik tuzatish

Quyosh nuri Yer yuzasiga yetib kelguncha atmosferada yutiladi va sochiladi, shuningdek obyektdantaralgan yoki qaytgan nur sensorga yetib kelguncha atmosferada yana yutiladi va sochiladi. Yer yuzasi nafaqat quyoshdan kelgan to‘g‘ri nurni balki osmondagi yorug‘lik va atmosferada sochilgan nurni ham qabul qiladi. Shuningdek, sensor nafaqat obyektdan to‘g‘ri kelgan qaytgan yoki taralgan nurni, balki obyektda yoki atmosferada sochilgan nurni ham qabul qiladi, bu nurlanish yo‘lagi deb ataladi.Atmosferik tuzatishbu kabi ta’sirlarni bartaraf etish uchun ishlatiladi.

Atmosferada yuqorida sensor qabul qilgan nurlanish va Yer yuzasidan chiqqan nurlanish o‘rtasidagi bog‘liqlikka to‘xtalib o‘tamiz:

$$L_s = L_{um}\rho T + L_p$$

bu yerda:

L_s – sensor yozib olgan energiya;

L_{um} – ma'lum spektrli diapazondagi yetib kelgan umumiy energiya;

ρ – yetib kelgan va qaytgan energiyalar nisbati;

T – atmosferik o'tkazuvchanlik;

L_p – ma'lum spektrli diapazondagi nurlanish yo'llari.

Masofadan zondlash ma'lumotlaridagi atmosferik ta'sirlar xatolik hisoblanmaydi, chunki ular sensor qabul qilgan signallarning bir qismi. Lekin, odatda bunday atmosferik ta'sirlarni olib tashlash kerak, ayniqsa joyni moslashtirish (scene matching) va o'zgarishni aniqlash (change detection) jarayonlarida. Oxirgi 30 yilda atmosferik o'tkazuvchanlikdagi o'zgarishlarni tuzatish uchun bir nechta algoritm va jarayonlar yaratildi. Quyida bu jarayonlardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz.

a) Nur o'tkazuvchanlik tenglamasidan foydalanish: nur o'tkazuvchanlik tenglamasi uchun odatda taxminiy yechim aniqlangan. Atmosferik tuzatish uchun ko'rinuvchi va yaqin-infraqizil oraliqda aerozol zichligi hamda termal infraqizil oraliqda suvning parlanish zichligi baholanadi. Bu modellashtirishdan keyinatmosfera tarkibi va qaytaruvchanligini o'lchash uchun yutilish hamda sochilish natijalari talab qilinadi. Bu model tasvir bilan taqqoslanadi va har qanday og'ish yo'qotiladi.

*b) Dala nazorat ma'lumotlaridan foydalanish:*tasvirga olinayotgan paytdagi dalada o'lchangan obyektning qaytaruvchanligi bilan tasvirdagi muvofiq piksel qiymatlarni bog'lab atmosferik ta'sirlar yo'qotilishi mumkin. Obyektning ma'lum bo'lgan qiymati va tasvir ma'lumotlarini taqqoslab atmosferik tuzatish

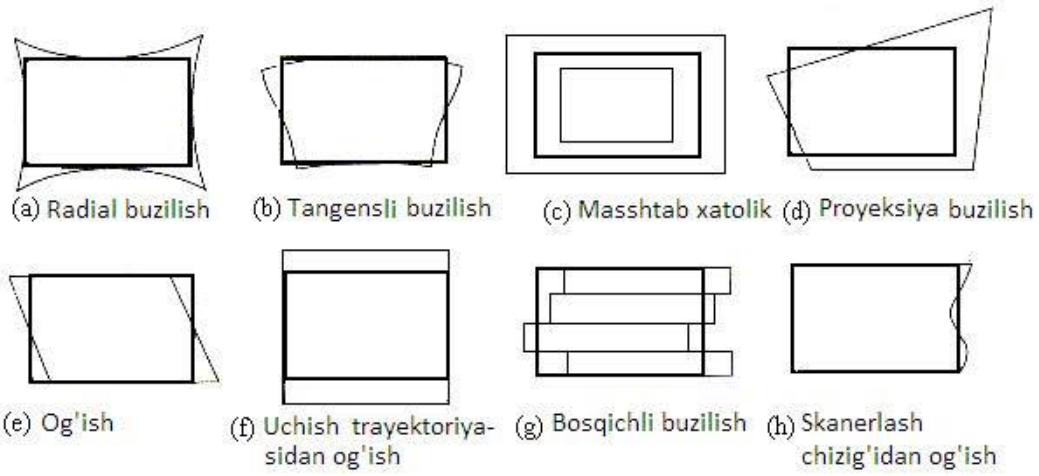
amalga oshirilishi mumkin. Biroq bu usul muayyan joy yoki muayyan mavsumda qo‘llanilishi mumkin.

*c) Boshqa usullar:*atmosferik tuzatish uchun tasvirga olish sensori bilan birga aerozol zichlikniyoki suvning parlanish zichligini o‘lchash uchun maxsus sensor ishlatiladi. Masalan, NOAA (National Oceanic and Atmosferic Administration) sun’iy yo‘ldoshida nafaqat juda yuqori spektrli imkoniyatga ega radiometr balki atmosferik tuzatish uchun yuqori imkoniyatga ega infraqizil radiometr ham mavjud.

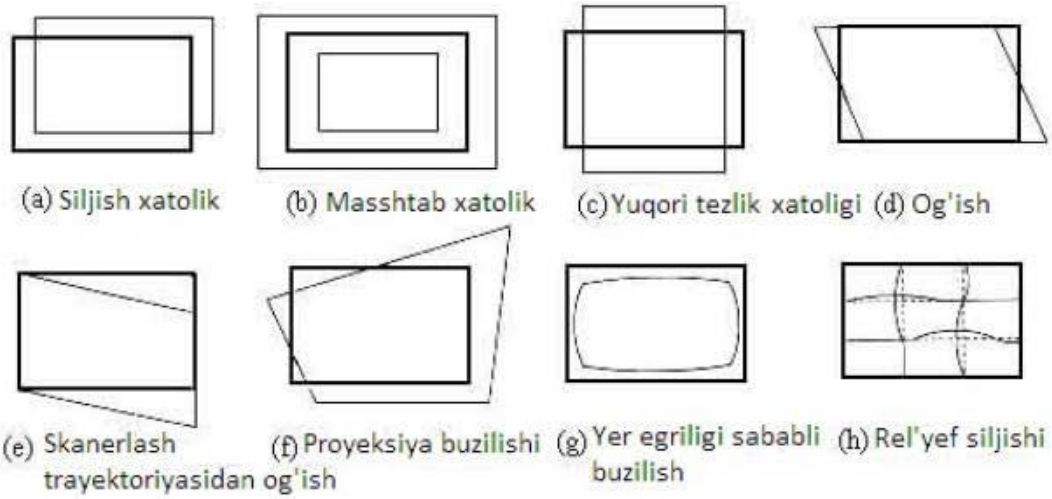
6.7.4. Tasvirni geometrik tuzatish

Havo yoki fazoviy sensorlardan olingan raqamli tasvirlar odatda yerning egriligi, platformaning harakatlanishi, rel’yef siljishi, skanerlash harakatining bir chiziqda yotmasligi, yerning aylanishi va boshqa sababli sodir bo‘ladigan tizimli va tizimsiz geometrik xatoliklarga ega bo‘ladi. Bu xatoliklarning ayrimlari platformaning efemeridan va sensorning ma’lum bir ichki buzilish xususiyatidan foydalanib tuzatilishi mumkin. Boshqa xatoliklar esa tasvirga yozib olingan obyektlarning tasvir koordinatasi bilan xuddi shu obyektlarning kartadan yoki GPS yordamida aniqlangan geografik koordinatalarinimoslashtirish orqali tuzatish mumkin.

Geometrik buzilishlar sensorning geometriyasi natijasida yuzaga keladigan *ichki buzilish* va sensorning balandligi yoki obyektning shakli natijasida yuzaga keladigan *tashqi buzilish*ga sinflangan. 6.7- rasm ichki buzilish va 6.8- rasm tashqi buzilishga misol bo‘ladi.



6.7-rasm. Ichki buzilish (Manba: 5 adabiyot).



6.8-rasm. Tashqi buzilish (Manba: 5 adabiyot).

Geometrik tuzatish bosqichlari quyidagicha.

1) Usulni tanlash: geometrik buzilish xususiyatlarini va mavjud asos ma'lumotni (reference data) hisobga olgan holda muvofiq usul tanlanishi kerak.

2) Parametrlarni aniqlash: tasvir koordinata tizimi va geografik koordinata tizimi orasidagi matematik tenglikni aniqlaydigan noma'lum parametrlar kalibrlash ma'lumoti yoki nazorat nuqtalar (GCP) bilan aniqlanadi.

3) Aniqlikni tekshirish: geometrik tuzatish natijasining aniqligi tekshirilishi kerak. Aragda aniqlik belgilangan omillarga mos kelmasa xatoliklardan qochish uchun usul yoki foydalanilgan ma'lumotlar tekshirilishi va tuzatilishi kerak.

4) Interpolyatsiya va qayta namuna olish: interpolyatsiya va qayta namuna olish texnikasi orqali Geokodlangan tasvir ishlab chiqiladi.

Tizimli tuzatish. Geometrik tizimli buzilishlar o'zgarmas va oldindan aniqlanishi mumkin. Ular quyidagi uch turdan iborat:

*Skanerning og'ishi:*har bir ko'zgu aylanish vaqti davomidaplatformaning oldinga harakatlanishidasodir bo'ladi. Bunda skanerlangan qoplash yo'lagi (Ground swath) Yerdagi trayektoriyaga (Ground track) perpendikulyar emas.

Ko'zgu tezligining aniqlangan o'zgarishi: ko'zgu tezligining aniqlangan o'zgarishi -skaner ko'zguning tezligini har bir skanerlash chizig'ining boshidan oxirigacha o'zgaruvchan bo'lishi natijasida yuz beradigan ko'zgu buzilishini tuzatish uchun qo'llaniladi.

Ko'ndalangyo'nalishda buzilish: ko'ndalang yo'nalishli skanerda olingan barcha qayta ishlanmagan tasvirlarda sodir bo'ladi. Ko'ndalang yo'nalishda buzilish skanerlash chizig'i bo'ylab o'zgarmas vaqt oralig'ida piksellardan namuna olish natijasida yuz beradi. Bu buzilish trigonometrik funksiyalar yordamida tuzatiladi.

Agar ma'lumotning geometrik asosi yoki sensorning geometriyasi berilgan yoki o'lchangan bo'lsa nazariy yoki tizimli ravishdageometrik buzilishning oldi olinishi mumkin.

Tizimsiztuzatish. Geografik koordinata tizimidan tasvir koordinata tizimiga yoki teskarisigatransformatsiya qilish shakli ko'phadlari eng kichik kvadratik usulda berilgan nazorat nuqtalarining koordinatalari bilan aniqlangan. Aniqlik esa ko'phadlarning tartibi, nazorat nuqtalarning taqsimlanishi va soniga bog'liq.

Yer yuzasi sferik bo‘lishiga qaramasdan biz voqealarni tasvirlash uchun tekis yuzali kartalardan foydalanamiz. Biz kartografik proyeksiyadan foydalanib sferik yuzadagi koordinatalarni tekis yuzaga (masalan qog‘ozga) transformatsiya qilamiz. Masofadan zondlash tasvirlari karta emas.Tasvirlar transformatsiya qilingach berilgan kartografik proyeksiya bo‘yicha masshtab va proyeksiya xususiyatlari hosil bo‘ladi.

Tasvirni ikki xil tizimsiz tuzatish turi mavjud:

Georeferenslash GPS (yoki har qanday GNSS texnologiyasi) orqali o‘lchangan yoki mavjud kartalardan olingan nazorat nuqtalar yordamida raqamli tasvirlarni tuzatish demakdir.Georeferenslash (Geobog’lash) tasvirli ma’lumotni tekislikka proyeksiyalash va kartografik proyeksiya tizimiga muvofiqlashtirish jarayonidir.Agar nazorat nuqtalari GNSS texnologiyasi yordamida joyda o‘lchangan bo‘lsa bu jarayon *tasvirdan Yerga georeferenslash*va nazorat nuqtalari mavjud kartalardan olingan bo‘lsa bu jarayon *tasvirdan kartaga georeferenslash* deyiladi. *Tasvirdan tasvirga tuzatish* (yoki ro‘yxatga olish) bir xil joyning bir tasvirdagi koordinata tizimini ikkinchi tasvirga qo‘llashdir. Tasvirdan tasvirga tuzatish ikki raqamli tasvirlarni moslashtirishdir, bunda bir tasvir bazaviy (koordinatalari mavjud) ikkinchisi esa tuzatiladigan tasvir bo‘ladi. Tasvirdan tasvirga tuzatish bir tasvir ma’lumotni ikkinchisiga moslashtirishdir.

Koordinatani transformatsiya qilish

Koordinatani transformatsiya qilish texnikasi nazorat nuqtalari yordamida geometrik tuzatishda foydali hisoblanadi. Tasvirdan yerga va tasvirdan tasvirga tuzatish piksellarni yangi katakka qayta joylashtirishdan iborat. Tasvir koordinatasini tuzatilgan koordinataga o‘tkazishdako‘phadli tengliklardan foydalaniladi. Ko‘phadli transformatsiya qilishda piksel koordinata sistemasi va tasvir koordinata sistemasi orasidagi bog‘liqlik aniqlanishi mumkin.

Koordinatani transformatsiya qilish ikki xil tanlovdan iborat:

a) Transformatsiya formulasini tanlash: geometrik buzilishlarga bog‘liq holda ko‘phadlar tartibi aniqlanadi. Odatda mavjud masofadan zondlash tasvirlari uchun maksimal uchinchi tartibli ko‘phadlar yetarli.

a) b) Nazorat nuqtalarini tanlash: nazorat nuqtalarning soni va taqsimlanishi geometrik tuzatish aniqligiga ta’sir qiladi.Nazorat nuqtalarning soni ko‘phad tengliklarining noma’lum parametrlari sonidan ko‘proq bo‘lishi kerak, chunki xatoliklar eng kichik kvadratik usulda tarqatiladi. Ko’phad tartibi, talab qilinadigan nazorat nuqtalarning minimal soni va foydalanilgan ko’phadning koeffisentlari soni orasidai bog’liqlik quyidagi formulalar orqali ifodalanadi:

$$N = \frac{(t+1)(t+2)}{2}$$

$$M = (t+1)(t+2)$$

N – nazorat nuqtalarning minimal soni

t - ko‘phad tartibi

M – koeffisentlar soni

Nazorat nuqtalarning taqsimlanishida tasoddifiy va burchakli joylarda ham deyarli bir xil masofada joylashtirilishi kerak. Tanlangan formula tartibi yoki noma’lum parametrlar soniga bog‘liq holda aniqlangan 10 tadan 20 tagacha nuqtalar tasvirda va kartada tanlanadi. Geometrik tuzatish aniqligi odatda piksel birlikda, tasvir tekisligida standart og‘ish (o‘rta kvadratik xatolik –RMS-Root mean square) yordamida tavsiflanadi.

$$T = \sqrt{\frac{D_1^2 + D_2^2 + D_3^2 + D_4^2 + D_5^2 \ldots\ldots + D_n^2}{n}}$$

Bu yerda,

T– Jami o‘rta kvadratik xatolik;

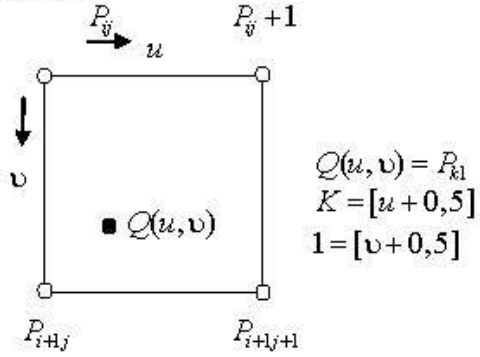
D_1, D_2, D_3 ... ...– tasvir (piksel)koordinatasiva karta (yer)koordinata orasidagifarq (masofa);

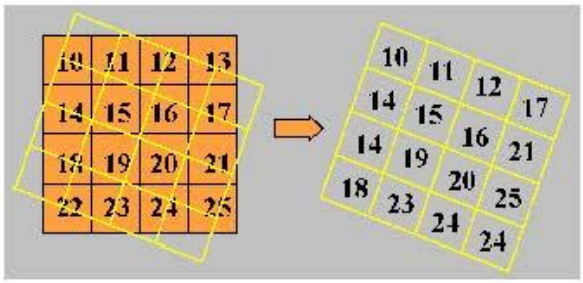
n– piksellarsoni.

Aniqlik odatda ±1 piksel ichida bo‘lishi kerak. Agar xatolik talabdan yuqori bo‘lsa, tasvir yoki kartadagi koordinatalar qayta tekshirilishi yoki formula qayta tanlanishi kerak.

Qayta namuna olish va interpolyatsiya. Qayta ishlanmagan va buzilgan tasvirni transformatsiya qilish va geometrik tuzatish maqsadidapiksellarni yangi joyga joylashtirish uchun raqamli qiymatlarni aniqlashda qayta namuna olish deb nomlangan jarayon ishlatiladi.Qayta namuna olish jarayonidatuzatilmagan tasvirining haqiqiy raqamli piksel qiymatlaridan yangi piksel qiymatlari hisoblanadi. Nazorat nuqtalaridan hosil qilingan chiqish piksel joylashuvlari chiqish tasvirning geometriyasi va kiritilgan tasvir bilan bog‘liqligini o‘rnatishda foydalaniladi; bu geometrik transformatsiya deb nomlanadi. Bu transformatsiya tuzatilgan tasvirning piksel qiymatlarini aniqlashda turli namuna olish usullari orqali bajariladi. Har bir namuna olish usuli berilgan va ma’lum kirish kataklar qiymatlari uchun chiqish kataklar qiymatlarini hisoblashda turli xil strategiyalardan foydalanadi.

Eng yaqin qo‘shni elementlar: eng yaqin qo‘shni elementlar usulida chiqish piksel qiymati uchun eng yaqin kirish piksel qiymatidan foydalaniladi. Eng yaqin qo‘shni elementlarni aniqlashda istalgan geografik koordinataning tasvir fayl koordinatasini hisoblashda algoritm teskari transformatsiya matritsasidan foydalanadi. Hisoblangan koordinataga eng yaqin tasvir fayl koordinatasini egallagan piksel qiymat geobog‘langan tasvirdagi chiqish piksel qiymat uchun ishlatiladi.





6.9-rasm. Eng yaqin qo‘shni elementlar bo‘yicha interpolyatsiya (Manba: 5 adabiyot).

Afzalliklari:

- Qayta namuna olishning boshqa usullari atrofdagi piksellarning o‘rtacha qiymatini oladi. Bu esa vegetatsiya turlarini ajratish yoki chegaralarni o‘rnatishda muhim omil bo‘la oladi.

- Haqiqiy ma’lumot saqlanganligi uchun bu usul sinflashdan oldin bajarilishi tavsiya qilinadi.

- Hisoblash oson bo‘lganligi uchun foydalanishda tez bajariladi.

Kamchiliklari:

- Zinapoyasimon effekt qoldiradi. Tasvir tuzatilmagan haqiqiy ma’lumotga nisbatan qo‘polroq ko‘rinishga ega bo‘ladi.

- Ma’lumot qiymatlari yo‘qolishi va boshqa qiymatlar ikkilanishi mumkin. 6.9-rasmda kirish fayl (kulrang) chiqish fayl bilan ustma-ust qo‘yilgan. Har bir chiqish kataklarning markaziga yaqin kirish qiymatlar o‘ng tomondagi chiqish faylga jo‘natilgan. E’tibor bering 13 va 22 qiymatlar yo‘qolgan, 14 va 24 qiymatlar bo‘lsa ikkilangan. Bu yo‘qolgan ma’lumotlar yo‘l, ariq va chegaralar kabi chiziqli obyektlarni uzilishiga sabab bo‘ladi.

*Ikki chiziqli interpolyatsiya:*masofaga asosan to‘rtta eng yaqin kirish kataklarining o‘rtacha qiymatlarini hisoblash orqali chiqish katak qiymatini baholaydi (6.10-rasm).

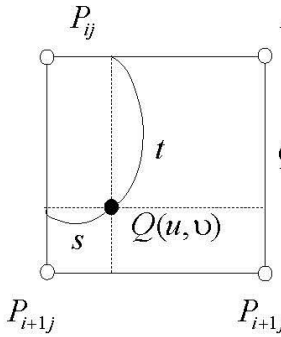
Afzalligi:

- Eng yaqin qo‘shni elementlar usulidan kelib chiqqan zinapoyasimon effekt kamayadi. Tasvir tekis ko‘rinadi.

Kamchiliklari:

- Haqiqiy ma'lumotni o'zgartiradi va chegaradosh qiymatlarni o'rtachasi orqali kontrastni kamaytiradi.

- Eng yaqin qo'shni elementlar usuliga nisbatan ancha qimmat.



$$Q(u,\upsilon) = (1-s)(1-t)P_{ij} - (1-s)t.\ P_{i+1j} + s(1-t).\ P_{ij+1} + s.t.P_{i+1j+1}$$

6.10-rasm. Ikkichiziqli interpolyatsiya (Manba: 5 kitob).

6.7.5. Turli qayta ishlash

Ajratish: Ajratish (yoki fazoviy ajratish) katta fayl qismlarini bir yoki bir nechta kichik fayllarga ajratishni anglatadi. Odatda tasvir fayli katta maydonni qamrab oladi va undagi o'rganilayotgan maydon ancha kichik bo'ladi. Bunday hollarda fayl hajmini o'rganilayotgan maydonni qamrab olgan kichik hajmli faylga kamaytirish yordam beradi. Shuningdek, ko'pspektrli tasvirda ayrim hollarda bizga barcha diapazonlar kerak bo'lmaydi, shunda ayrim diapazonlarni olib tashlash kerak bo'ladi va bu jarayon spektrli ajratish deb ataladi. Bu ikkala usul nafaqat fayldagi ortiqcha ma'lumotni olib tashaydi, balki fayl hajmini kichraytirib qayta ishlash jarayonini tezlashtiradi.

*Mozaykalash:*o'rganilayotgan obyekt bir nechta tasvir fayllardan tashkil topgan bo'lishi ham mumkin. Bu holda bu tasvirlarni qo'shib yangi katta faylni (fazoviy qoplash bo'yicha) yaratish kerak bo'ladi. Bu esa mozaykalash deb nomlanadi.

6.8. Tasvirni yaxshilash

Tasvirni yaxshilash obyektlarni ajratib olish yoki tasvirni interpretatsiya qilish uchun tasvir sifatini yaxshi va tushunarli darajaga o‘zgartirishni o‘z ichiga oladi. Yoritish, atmosferik ta’sirlar va sensor xususiyatlari uchun radiometrik tuzatish (qayta ishlashga tayyorlash) foydalanuvchiga yetkazilishdan oldin bajariladi, lekin tasvir haligacha vizual interpretatsiyaga optimallashmagan. Ayniqsa, sun’iy yo‘ldosh platformalarida ishlaydigan masofadan zondlash asboblari obyektdagi energiyani o‘lchashga mo‘ljallangan bo‘lishi lozim. Tasvirni yaxshilash texnikalari yagona diapazonli tasvirlarga yoki ko‘p spektrli tasvirlar diapazonlarining har biriga alohida qo‘llaniladi.

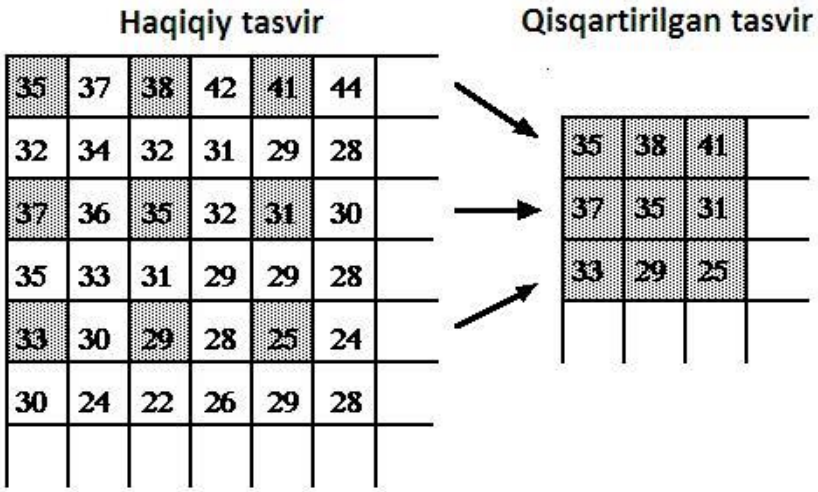
Tasvirni yaxshilashning asosiy vazifasi haqiqiy tasvirni qayta ishlab muayyan maqsadda foydalanish uchun qulay holatga keltirishdan iborat. Tasvirni yaxshilash uchun bajariladigan bir nechta jarayonlar mavjud. Ikkita asosiy funksiyani amalga oshirib bularga erishish mumkin: nuqta operatsiyasi (radiometrik yaxshilash)va mahalliy operatsiya (fazoviy yaxshilash). Nuqta operatsiyasi boshqa piksellarga bog‘liq bo‘lmagan holda har bir alohida pikselning qiymatini o‘zgartiradi. Mahalliy operatsiya esa chegaradosh piksellarning qiymatlariga bog‘liq holda har bir alohida pikselning qiymatini o‘zgartiradi.

6.8.1.Tasvirni kichraytirish

Ko‘p hollarda masofadan zondlash loyihasining dastlabki bosqichlarida tasvirdagi o‘rganilayotgan joyning aniq qator va ustun koordinatalarini joylashtirish lozim bo‘ladi. Bugungi kunda, bir nechta kompyuter monitorlari odatiy piksel masshtabida (masalan, 3000 qator va 3000 ustundan ko‘p) tasvirni to‘liq ko‘rsata olmaydi. Monitorlar odatda 1024 × 768 ekranli imkoniyatdan iborat. To‘liq tasvirni ko‘ra olmaslik o‘rganilayotgan joyning aniq koordinatalarini joylashtirishda muammo keltirib chiqarishi mumkin. Bunday holatda tasvirni kichraytirish tahlilchiga haqiqiy tasvirni kichraytiribbir vaqtni o‘zida tasvirning ko‘proq qismini ko‘rish imkoniyatini beradi. Bu texnika oriyentatsiya maqsadlari

va o‘rganilayotgan maydonning aniq qator va ustun koordinatalarini belgilashda foydalaniladi.

Haqiqiy tasvirni kichraytirish uchun tasvirning har *n* qatori va *n* ustuni tizimli ravishda tanlanadi va tasvirlanadi. 5160 ta qator va 6960 ta ustunni o‘z ichiga olgan tasvirni kichraytirishda har boshqa qator va har boshqa ustun (masalan*n*= 2) yagona diapazon uchun tanlanadi. Bu kichraytirishdan 2580 ta qator va3480 ta ustundan iborat tasvir yaratiladi. Bu kichraytirilgan ma’lumot haqiqiy tasvirdagi piksellarning 25% ni tashkil etadi.6.11-rasmda oddiy 2x butun sonli kichraytirish keltirilgan.



6.11-rasm. Tasvirni 2x kichraytirish (Manba: 5 adabiyot).

Afsuski, shunda ham oddiy 2x butun sonli kichraytirish aksariyat ekranlarda ko‘rish uchun juda katta. Agarda 2x kichraytirish yetarlicha kichik bo‘lmasa tasvir yanada ko‘proq kichraytirilishi kerak bo‘ladi. 10x kichraytirishda tasvirning har 10 qatori va 10 ustunidan namuna olinadi, natijada tasvir 516 ta qator va 696 ta ustundan iborat bo‘ladi. Garchi qayta namuna olingan tasvir bu masshtabda haqiqiy ma’lumotning 1% tashkil etadi, bu esa butun tasvirni ekranda ko‘rish uchun yetarlicha kichik. Chunki qayta namuna olingan tasvir haqiqiy piksellarining

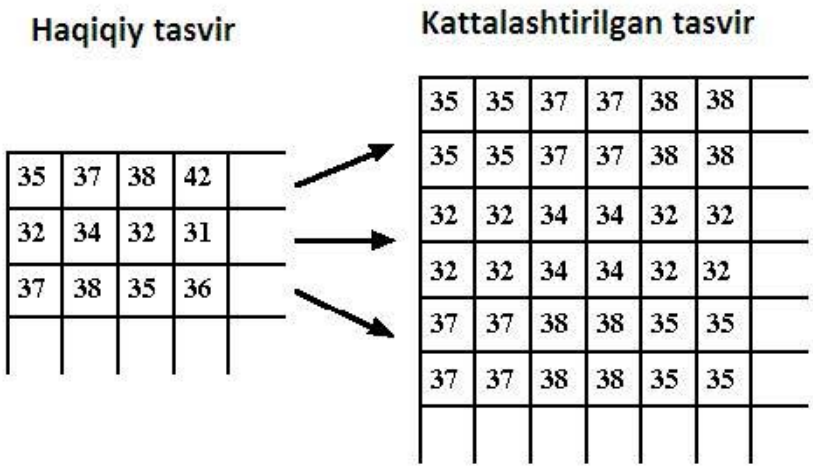
ko‘p qismini yo‘qotgan hamda butasvir qayta ishlash va interpretatsiya qilish uchun muvofiq ma’lumotga ega emas.

6.8.2. Tasvirni kattalashtirish

Raqamli tasvirni kattalashtirish *yaqinlashtirish* (zooming) deb ham ataladi. Bu texnika quyidagi ikki maqsadda foydalaniladi:

- Tuzatilgan vizual interpretatsiya qilish uchun tasvirning masshtabini yaxshilash;
- Boshqa tasvirning masshtabiga moslashtirish.

Huddi qator va ustunni olib tashlash tasvirni qisqartirishning eng oson shakli bo‘lganidek, qator va ustunni ko‘paytirish tasvirni kattalashtirishning eng oddiy shaklidir. Butun sonli n kvadrat orqali tasvirlarni kattalashtirish uchun haqiqiy tasvirdagi har bir piksel$n \times n$ kvadrat piksellar haqiqiy kirish piksellarga ekvivalent spektrli qiymatlar qayta joylashtiriladi. 5.11-rasmda 2x kattalashtirish namunasi keltirilgan. Bu shakldagi kattalashtirish har bir haqiqiy piksel qiymatlarning o‘lchamini ikki barobar oshiradi.



6.11-rasm. Tasvirni 2x kattalashtirish (Manba: 5 adabiyot).

6.8.3. Ranglar kompozitsiyasi

Ko‘pdiapazonli tasvirlarning uchta tanlangan diapazonlarini kompozitsiyalash orqali uchta asosiy rangdan foydalanib rangli tasvir yaratiladi. Uch diapazonli tasvirlarni tanlash va uch asosiy ranglarni tayinlabturli xil rangli tasvirlarga erishish mumkin.

Ikki xil rangli kompozitsiya usuli mavjud; qo‘shiladigan rangli kompozitsiya va ayiriladigan rangli kompozitsiya. Qo‘shiladigan rangli kompozitsiyauchta asosiy ranglarning uchta yorug‘lik manbalaridanfoydalanadi (RGB – qizil, yashil va ko‘k), masalan rangli grafikali ekranlarda. Ayiriladigan rangli kompozitsiya uchta asosiy ranglarning (havorang, to‘q qizil va yashil) uchta pigmentidan foydalanadi, masalan, rangli chop etishda.

Ekranda uchta rang otuvchi (RGB) pistolet bo‘lib, ular tomoshabinga ranglarni uzatadi. Odatda ko‘pspektrli tasvirlar uchdan ortiq spektrli diapazonlardan tashkil topgan. Lekin biz bir vaqtda ko‘pspektrli tasvirning maksimum uchta diapazonini ko‘ra olamiz, kompyuter ekrani uch rangli pistoletlar yordamida ranglar otganda inson ko‘zi elektromagnit spektrning RGB diapazonidan boshqasini ko‘ra olmaydi. Demak, ko‘p spektrli tasvirning bir nechta diapazoni (ko‘rinuvchi oraliq 0,4–0,7μm dan boshqa) inson ko‘ziga ko‘rinmaydi.Lekin, biz rang kombinatsiya texnikasi yordamida inson ko‘ziga ko‘rinmaydigan diapazonlar (yaqin infraqizil kabi)ni ko‘rishimiz mumkin. *Haqiqiy rang* (tabiiy rang) kombinatsiyasi ko‘k diapazonda olingan tasvir ekranning ko‘k pistoletidan, yashil diapazon yashil pistoletdan, qizil diapazon esa qizil pistoletdan o‘tgandagi kombinatsiyasidir.

Ayrim hollarda, ayniqsa ko‘rinuvchi diapazonning kamida uchta diapazoni mavjud bo‘lmasa ko‘rinuvchi diapazondan boshqa ayrim diapazonlar shunday matematik kombinatsiyalanadiki, tasvirning ko‘rinishi oddiy rangli fotosuratga o‘xshaydi. Masalan, IRS LISS-III/LISS-IV yoki SPOT HRV sun’iy yo‘ldosh tasvirlarida ko‘k diapazon mavjud emas va bu tasvirlarga haqiqiy rang

kompozitsiyasini yaratib bo‘lmaydi. Lekin, quyida keltirilgan spektrli diapazonlarning kombinatsiyasi orqali nisbatan haqiqiy rang yaratilishi mumkin:

RED rangli pistolet = Red;

GREEN rangli pistolet = (3× Green – NIR)/4 = 0,75 × Green – 0,25 × NIR.

BLUE rangli pistolet = (3× Green – NIR)/4 = 0,75 × Green – 0,25 × NIR.

Amaliyotda biz vizual interpretatsiyani osonlashtirish uchun turli xil kombinatsiyalardan foydalanamiz. Haqiqiy rang kombinatsiyasidan boshqa kombinatsiyalar *noto‘g‘ri rang*(false colour) deb nomlanadi. Ushbu kombinatsiyalar yordamida biz qoniqarli va yaxshi tasvirlarni ko‘ramiz.

Masalan, ko‘k diapazonda olingan tasvir ekranning ko‘k pistoletidan, yashil diapazonda yashil pistoletdan, qizil diapazonda qizil pistoletdan va infraqizil diapazonda qizil pistoletdan o‘tkaza olamiz. Bu orqali ko‘rinmaydigan infraqizil diapazon qizil ranglarda ko‘rinadi va tasvirda haqiqiy rang kompozitsiyasida aniq aniqlanmagan ayrim shakllar ajraladi. Bu obyektning qaytaruvchanlik qiymati bir diapazondan boshqasiga farq qilishi sababliyuz beradi. Infraqizil diapazon bilan bajarilgan rang kompozitsiyasi haqiqiy rang bo‘lmaganligi uchun bu *noto‘g‘ri rang kompozitsiya* deb nomlanadi.

Ko‘k rang pistoletni yashil diapazonga, yashil pistoletni qizil diapazonga, qizil pistoletni yaqininfraqizil diapazonga tayinlash rangli kompozitsiyasi juda ko‘p qo‘llaniladi va bu infraqizil rang kompozitsiya deb nomlanadi.

Raqamli ma’lumotda RGB ga muvofiq uchta qiymat turli xil rang kompozitsiyasini amalga oshirish mumkin. Masalan, agar bizda olti diapazonli ko‘p spektrli tasvir bo‘lsa, uchta kombinatsiyaningrang kompozitsiyalar sonini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$\frac{6!}{(6-3)!}=\frac{6!}{3!}=\frac{1\times2\times3\times4\times5\times6}{1\times2\times3}=120.$$

6.8.4. Kesimni ajratish

Masofadan zondlash tasvirlaridan foydalanuvchilar tasvirdagi nuqtalar orasidagi yorqinlik qiymatlarini tez-tez ajratishlariga to‘g‘ri keladi. Kesim foydalanuvchi tomonidan tasvirda aniqlangan ikki nuqtadan o‘tgan to‘g‘ri chiziqdir. Kesimlar ko‘plab raqamli tasvirni qayta ishlash jarayonlarida qo‘llaniladi. Kesimda yotgan piksellar raqamli sonlarni o‘lchashda ishlatiladi hamda spektrli va fazoviy farqni taqqoslash uchun tasvirlanadi.

6.12-rasmdagi misolga e’tibor bering, bu yerda biz *A* va *B* nuqtalar orasidagi piksel qiymatlarning farqini o‘lchashimiz mumkin. Grafiklar *A* va *B* nuqtalar orasida yotadigan piksellarning1,2,3 va 4 diapazonlar bo‘yicha muvofiq qiymatlarni o‘z ichiga olgan. *x*o‘qi piksellar orasidagi masofani va *y*o‘qi esa piksellarning qiymatlarini ifodalaydi. Ko‘rib turganingizdek har bir grafik o‘ziga xos taqsimlangan. Kesimning uchinchi diapazoniga e’tibor bering, bu diapazondagi kesim bo‘ylab taqsimlangan spektrli farq boshqa diapazonga nisbatan ancha katta. Bu kabi mulohazalar, tahlil qilish uchun optimal diapazonni aniqlashda muhim sanaladi.



6.12-rasm. Ko‘pspektrli tasvirning kesimi (Manba: 5 adabiyot).

6.8.5. Kontrastni yaxshilash

Masofadan zondlashda ko‘p uchraydigan muammolardan biri sensor qabul qilgan qaytaruvchanlik qiymatlari rangli ekranning imkoniyatlariga mos kelmaydi. Haqiqiy tasvirda foydali ma’lumot raqamli qiymatlardagi (masalan, 8 bit yoki 256

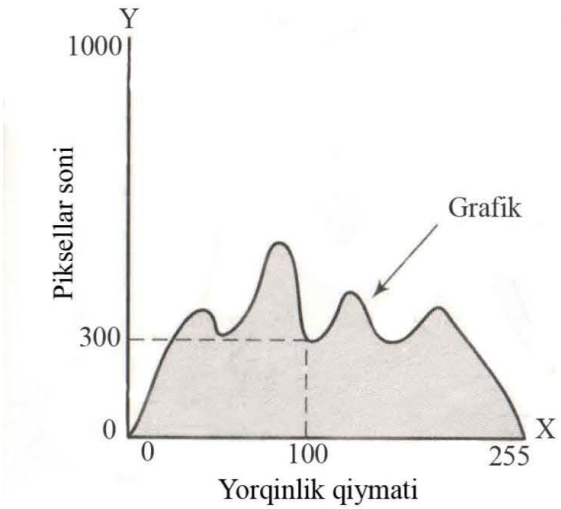
bit) mumkin bo‘lgan oraliqlarning faqatgina kichik qismini egallaydi. Yer yuzasidagi materiallar turli miqdordagi energiya miqdorini qaytaradi va taratadi. Sensorlar har qanday materiallardan ma’lum to‘lqin uzunligida kelayotgan juda ko‘p miqdordagi energiyani,shuningdek ular boshqa materiallardan kelayotgan shunday to‘lqin uzunligidagi juda kam energiyani yoza oladi. Tasvirni yaxshilash texnikasi tasvirni tahlil va interpretatsiya qilishni osonlashtiradi. Tasvirdagi mavjud yorqinlik qiymatlari *kontrast* deyiladi. Kontrastni yaxshilash (radiometrik yaxshilash deb ham yuritiladi) ekrandagi ranglardan optimal darajada foydalanib tasvirdagi obyektlarni aniqligini oshiradigan jarayondir. Ma’lumotlar jadvali (Look-up table) haqiqiy vaqtda kirish signaldan chiqish signalga o‘tkazadigan va oldindan o‘rnatiladigan kompyuter funksiyasidir. Bunda agar kontrastni o‘zgartirsak, haqiqiy yorqinlik qiymati o‘zgarmaydi, balki kompyuter o‘zgargan yorqinlik qiymatlarini ma’lumotlar jadvaliga saqlaydi va mana shu qiymatlar tasvirni ko‘rsatadi.

Kontrastni qayta ishlash kontrastini oshirish maqsadida tasvirning qiymatlar oraliqlarini o‘zgartirishni o‘z ichiga oladi. Masalan, tasvir 40 va 90 orasida yorqinlik qiymatlari oraliqlariga ega bo‘lishi mumkin. Agar bu qiymat 0 dan 255 ga uzaytirilsa obyektlardagi farq yaxshilanadi. Lekin afsuski, ko‘pincha turli obyektlar elektromagnit spektr bo‘yicha bir xil energiya miqdorini qaytaradi va natijada nisbatan kam kontrastli tasvir hosil bo‘ladi. Biofizik materiallarning kam kontrastli xususiyatlaridan tashqari kontrastni pasaytiradigan boshqa omillar ham mavjud. Masalan, rivojlanayotgan davlatlarda insonlar qishloq joylarda qurilish uchun yog‘och va tuproq kabi tabiiy materiallardan foydalanadi, bu esa asfalt, beton va hosildor vegetatsiyadan iborat shahar joylarga nisbatan past kontrastlimasofadan zondlash tasvirlarini beradi. Shuning uchun, tasvirning kontrastini maksimal holatga keltirishda biofizik va inson faoliyatlari inobatga olinishi kerak.

Oldinroq eslatib o‘tganimizdek ekranning to‘liq yorqinlik diapazonidan foydalanib tasvirning kontrasti oshirilishi mumkin. Tasvirga aniqlik va keng

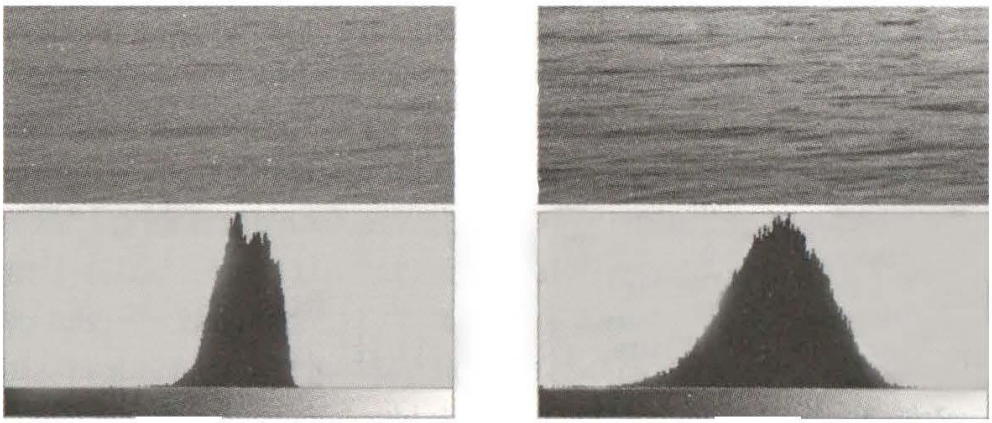
qamrovli jarayonlar qo‘llanilishi bilan raqamli usullar orqali qoniqarli yaxshilangan kontrastga erishish mumkin. Chiziqli va chiziqsiz raqamli texnikalar tasvirning kontrastini oshirish usullari sifatida keng qo‘llaniladi.

Tasvir kontrastini yaxshilashni tushunish negizida tasvirning grafik tushunchasini anglash yotadi. Grafik – tasvirni tashkil etuvchi yorqinlik qiymatlarini grafik tasvirlashdir. Boshqacha qilib aytganda, grafikqorong‘udan yorug‘gacha bo‘lgan rang diapazonlarni va ularga muvofiq piksel sonlarni grafik tasvirlashdan iborat. Yagona diapazonli ma’lumotda grafikning gorizontal o‘qi barcha mavjud yorqinlik qiymatlarining oraliqlaridir (6.13-rasm).



6.13-rasm. Tasvirning grafigi (Manba: 5 adabiyot).

Vertikal o‘q esa har bir yorqinlik qiymatiga mos keladigan piksellar sonidir. Tasvir grafiklarini interpretatsiya qilish raqamli tasvirlar bilan tanishishda yagona eng muhim tushuncha. Grafik, tasvir to‘g‘ri olinganligini, yorug‘lik tekis yoki notekis taqsimlanganligi va qanday tuzatish mosligini aniqlashda yordam beradi. Shuningdek, grafik kontrast miqdorini ham tasvirlaydi. Kontrast joydagi yorug‘ va qorong‘u maydonlardagi yorqinlik farqni o‘lchash demakdir. Keng grafiklar joyniyuqori kontrast bilanqisqa grafiklar esa kamroq kontrast bilan tasvirlaydi(6.14-rasm).



6.14-rasm. Qisqa grafik past kontrastni(a) va keng grafik esa yuqori kontrastni (b) anglatadi (Manba: 5 adabiyot).

6.8.6. Filtrlash

Filtrlashtasvir koʻrinishini yaxshilashda qoʻllaniladigan boshqa raqamli qayta ishlash funksiyalarini oʻz ichiga oladi.Fazoviy filtrlar tasvirdagi ayrim obyektlarni ularning fazoviy chastotasiga asosan ajratib koʻrsatadi. Fazoviy chastota tasvir teksturasi (tasvir ichidagi kulrang qiymatlarni qoʻshnilariga bogʻliq oʻzgarishi)tushunchasi bilan bogʻliq.Bu tasvirdagi ranglarning oʻzgarish chastotasini anglatadi. Tasvirdagi dagʻal teksturali joylarda kichik maydondagi ranglarning dagʻal oʻzgarishlari yuqori fazoviy chastotalarga, tekis maydondagi bir nechta piksellarning ranglaridagi ozgina oʻzgarishlar esa past fazoviy chastotaga ega (6.15-rasm).

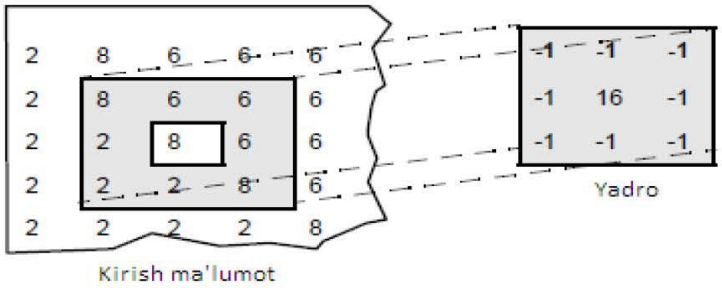


6.15-rasm. Nol fazoviy chastota, past fazoviy chastota va yuqori fazoviy chastotaga namunalar(Manba: 5 adabiyot).

*O'rama filtrlash (Convolition filtering).*O'rama filtrlash fazoviy filtrlashning bir usulidir. O'rama filtrlash 3 × 3, 5 × 5 va hokazo o'lchamdagi piksellar to'plami "ko'zgu"sini tasvirning har bir pikseli ustiga ko'chirib o'tkazish, ko'zgu tagidagi piksel qiymatlariga matematik hisoblashlarni qo'llash va markaziy pikselga yangi qiymat berishdan iborat. Bu oyna o'ram yadrosi deb ataladi, sonlar matritsasi (bu sonlar koeffitsentlar deb ham ataladi) atrofidagi piksellarning qiymatlari orqali har bir piksel qiymatining o'rtachasini topishda foydalaniladi. Yadro qator va ustunlar bo'yicha har bir pikselga tomon harakatlantiriladi va hisoblash to'liq tasvir filtrlanguncha qaytariladi, "yangi tasvir" hosil qilinadi. Bajarilayotgan hisoblash va filtr oynasidagi har bir pikselningo'lchaminio'zgartirish orqali filtrlar turli obyektlarni yaxshilashi mumkin.

Pikselning qanday o'ralganligini tushunish uchun bir diapazonli tasvirning ma'lumot qiymatlari ustiga o'rama yadro qo'yiladi va oynaning markazidagi piksel o'rab olinadi deb tasavvur qiling. 5.16-rasmda 3 × 3 o'ram yadrosi tasvirning uchinchi ustuni va uchinchi qatoridagi pikseliga (yadroning markazidagi piksel) qo'llangan. Bu piksel uchun chiqish qiymatni hisoblash uchun yadro ichidagi har bir qiymat tasvirdagi muvofiq keluvchi piksel qiymatga ko'paytiriladi hamda umumiy yig'indi yadro ichidagi barcha qiymatlar yig'indisiga bo'linadi.

$$\text{Integer } \frac{\begin{matrix}(-1\times8)+(-1\times6)+(-1\times2)+(16\times8)+(-1\times6)+(-1\times2)\\+(-1\times2)+(-1\times8)\end{matrix}}{(-1+(-1)+(-1)+16+(-1)+(-1)+(-1))} = int\left[\frac{128-40}{16-8}\right] = int\left(\frac{88}{8}\right) = int(11) = 11$$



6.16-rasm. Namunaviy ma'lumotga 3 × 3 o'rama yadro qo'llangan (Manba: 5 adabiyot).

6.9. Tasvirni transformatsiya qilish

Tasvirni transformatsiya qilish turli vaqtda olingan bir joyningbir, ikki yoki bir nechta ko‘p spektrli tasvirini (ko‘pdavrli tasvirli ma’lumot) yoki bir joyning turli fazoviy imkoniyatda olingan ko‘pdiapazonli ma’lumotlarini boshqarishdan iborat. Transformatsiya qilishning har bir yo‘lida ikki yoki undan ortiq manbalardan kerakli obyektning shakli yoki xususiyatlarini kirish tasvirga nisbatan aniqroq belgilaydigan “yangi” tasvir yaratiladi. Tasvirni transformatsiya qilish masofadan zondlash tasvirlariga ijtimoiy, iqtisodiy yoki siyosiy va boshqa muammolarni hal qilish manbai kabi qaraladi.

Transformatsiya qilish haqiqiy ma’lumotda ajratib bo‘lmaydigan obyektlarni aniqlashtiradi, transformatsiya o‘lchamlari sonini kamaytirish bilan tasvirning haqiqiy tarkibi haqidagi muhim ma’lumotni saqlab qolish mumkin. Undan tashqari rangli ekranda ma’lumotni 3 o‘lchamli ko‘rinishini tasvirlash va ma’lumotni saqlash hamda uzatish bilan ahamiyatga ega. Asosiy tarkibni transformatsiyalash (Principal component transformation) va boshqa murakkab transformatsiyalash turlari yaxshilash texnikasi, vizual interpretatsiyani yaxshilash yoki raqamli sinflash jarayonlarida ishlatish uchun diapazonlar sonini kamaytirishda foydalaniladi.

Ayrim ko‘p qo‘llaniladigan transformatsiya usullariga quyidagilar kiradi:

1. Tasvir arifmetik operatsiyasi (Image arithmetic operations);
2. Asosiy tarkibni transformatsiyalash (PCT);
3. Furye transformatsiyasi (Fourier transformation);
4. Tasvirni birlashtirish (Image fusion).

6.9.1.Tasvir arifmetik operatsiyalari

Bir xil geografik joyning ikki yoki undan ortiq birga ro‘yxatga olingan tasvirlariga qo‘shish, ayirish, ko‘paytirish va bo‘lish operatsiyalari amalga oshiriladi. Bu tasvirlar yagona ko‘p spektrli ma’lumotning alohida spektrli diapazonlari yoki turli sanalarda olingan ma’lumotlarning alohida diapazonlari bo‘lishi mumkin.

Tasvirni qo‘shish (Image addition).Joyning bir nechta birgalikda ro‘yxatga olingan tasvirlari bir xil payt va tasvirga olish sanasida olingan bo‘lsa, bir nechta tasvirlarni qo‘shish (o‘rtachasini olish) umumiy to‘siqni kamaytirish uchun ishlatiladi. Biz kirish tasvirdagi muvofiq piksellarning raqamli son qiymatlarining o‘rtachasini olish orqali chiqish tasvirda pikselning yangi raqamli son qiymatlariga ega bo‘lamiz (6.17-rasm).

Tasvirni qo‘shishning boshqa bir yo‘li vaqtincha o‘rtacha qiymatga keltirish deb nomlanadi. Bu fazoviy imkoniyatni yo‘qotmasdan radar tasvirdagi dog‘larni kamaytirish ustunligiga ega.Bu holda turli vaqtda olingan bir xil geografik maydonning bir nechta birgalikda ro‘yxatga olingan tasvirlari uchun pikseldan pikselga o‘rtacha qiymatga keltirish amalga oshiriladi.

6	0	5	9
9	6	7	8
5	5	5	6
4	9	7	8

+

6	4	5	5
5	5	5	5
5	9	5	4
5	8	5	4

=

6	2	5	2
7	1	1	2
0	2	0	5
5	9	1	6

6.17-rasm. Tasvirni qo‘shish.

Tasvirni ayirish.Ayirish operatsiyasi turli vaqtda olingan bir xil joyning bir juft birgalikda ro‘yxatga olingan tasvirlarida amalga oshiriladi. Tasvirni ayirish odatda turli sanalarda olingan tasvirlarda sodir bo‘lgan o‘zgarishlarni (change detection-o‘zgarishni aniqlash) aniqlashda ishlatiladi (6.17-rasm).

Geometrik ro‘yxatga olingan ikki tasvirdan foydalaniladi vabir tasvirdagi piksel qiymatlar boshqa tasvirdagi piksel qiymatlardan ayiriladi. Haqiqiy tasvirlardagi ozgina o‘zgarish bo‘lgan yoki umuman o‘zgarish bo‘lmagan maydonlarning natijaviy yorqinlik qiymatlari 0 atrofida bo‘ladi, sezilarli o‘zgarishlar bo‘lgan maydonlarda bo‘lsa 0 dan kichik yoki katta qiymatlarga ega bo‘ladi. Bu turdagi tasvirni transformatsiyalash shaharlarni rivojlanishi va kesilgan o‘rmonzorlarning maydonlarini aniqlashda foydalaniladi.

2	5	4	6
3	5	8	9
6	7	9	5
8	9	6	8

-

7	5	3	1
1	9	3	0
6	9	9	3
8	6	2	7

=

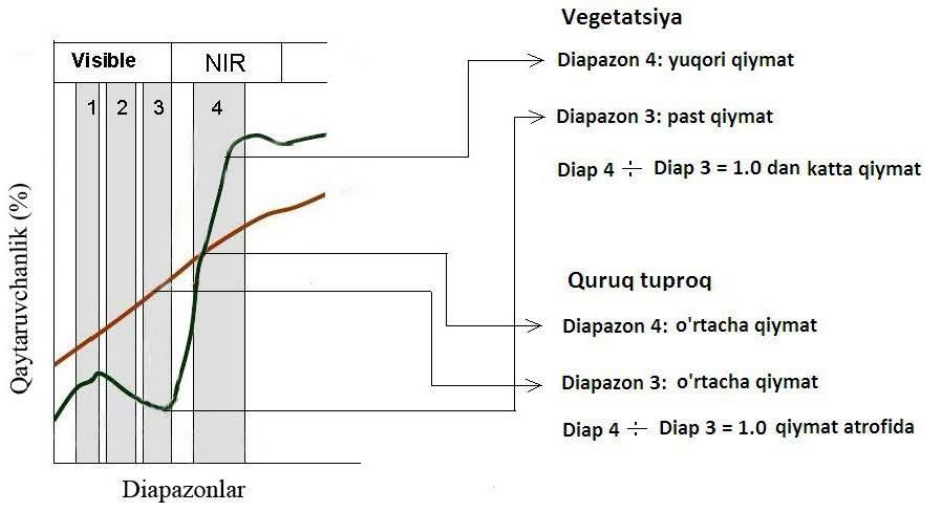
-5	0	1	5
2	-4	5	9
0	-2	0	2
0	3	4	1

6.18-rasm. Tasvirni ayirish.

Indekslash va koeffitsentlash. Tasvirlarning diapazonlarini koeffitsentlash va indekslash masofadan zondlashning geologik, ekologik va qishloq xo‘jalik maqsadlarga mo‘ljallangan tasvirlarida qo‘llanilishi eng ommaviy operatsiya hisoblanadi.

Quyidagi namuna spektrli koeffitsentlash tushunchasini ifodalaydi. Sog‘lom vegetatsiya spektrning yaqin infraqizil qismida kuchli qaytaradi, ko‘rinuvchi qizil qismida bo‘lsa kuchli yutiladi. Tuproq, suv kabi boshqa yuzalar yaqin infraqizil (NIR) va qizil qismlarda deyarli bir xil qaytaruvchanlikka ega. Shuning uchun, IRS LISS-IV diapazon 4 (NIR 0,76–0,86μm) tasvir diapazon 3 (Red 0.62–0.68 μm)ga

bo‘lingandagi natijaviy koeffitsent vegetatsiyada 1,0 dan ancha katta, tuproq va suvda 1,0 atrofida (6.19-rasm).



6.19-rasm. Yaqin infraqizildan qizilga koeffitsent.

Shuning uchun, vegetatsiyani boshqa yer qoplami turlaridan ajratish anchagina osonlashgan. Bundan tashqari biz past yaqin infraqizil qaytaruvchanlikka ega sog‘lom bo‘lmagan va kam vegetatsiya maydonlarini sog‘lom vegetatsiyaga nisbatan kam koeffitsentga egaligidan aniqlashimiz mumkin.

Spektrli koeffitsentlashning boshqa foydali tomoni biz absolyut yorqinlik qiymatlarini emas, balki nisbiy qiymatlarni hisobga olamiz, natijada topografik effektlar kamayadi. Shuning uchun, quyosh yorug‘ligining tushish yo‘nalishiga bog‘liq holda o‘rmon bilan qoplangan qiyaliklarning absolyut qaytaruvchanligi o‘zgaruvchan bo‘ladi. Vegetatsiya holatlarini baholash uchun turli sensorlarning spektrli diapazonlar o‘rtasidagi farq va yig‘indisini o‘z ichiga olgan ko‘plab murakkab koeffitsentlar yaratilgan. Bulardan biri, vegetatsiya holatlarini monitoring qilish uchun juda keng qo‘llaniladigani NDVI- Vegetatsiya Farqining Me’yorlashtirilgan Indeksidir. Indekslarni qo‘llash orqali olingan chiqish tasvirlar barcha sonli aniqliklarni saqlash maqsadida o‘zgaruvchan nuqtada yaratilgan.

Keng qo‘llaniladigan koeffitsent yoki indekslar quyidagilardir:

DN_{NIR} = Yaqin infraqizil diapazonda pikselning yorqinlik qiymati;

DN_R = Qizil diapazonda pikselning yorqinlik qiymati.

Bu koeffitsentli vegetatsiya indeksi deb ham nomlanadi (Ratio vegetation indeks-RVI)

O‘simliklar Qoplamidagi Farqini Standartlashtirish Indeksi (NDVI):

$(DN_{NIR}–DN_R) / (DN_{NIR}+DN_R)$

NDVI (-1) dan (+1) gacha bo’lgan qiymatlarni qabul qiladi. NDVI qalin vegetatsiya uchun yuqori qiymat (+1), suv, bulut, qor uchun esa juda past qiymat (-1) va tog‘, quruq tuproq uchun o‘rtacha (0 ga yaqin) qiymat ko‘rsatadi.

Tuproq ta’sirini kamaytirish vegetatsiya indeksi (SAVI–Soil adjusted vegetation indeks):

$$[(DN_{NIR}–DN_R) / (DN_{NIR}+DN_R+ L)] \cdot (1 + L).$$

Bunda L – tuproqqa nisbatan vegetatsiya sezuvchanlikni minimallashtirish uchun tajriba asosida aniqlangan konstanta. O‘rta vegetatsiya qoplami uchun $L = 0,5$.

E’tibor bering $L = 0$ bo‘lganda SAVI NDVI ga teng bo‘ladi. NDVI da tuproq ta’sirini kamaytirish uchun Huete (1989) yilda tuproq ta’sirini kamaytirish vegetatsiya indeksi (SAVI)dan foydalanishga tavsiya bergan (Kam vegetatsiya maydonlar uchun).

Transformatsiyalangan vegetatsiya indeksi (Transformed vegetation index-TVI):

$$[\{(DN_{NIR} - DN_R)/(DN_{NIR} + DN_R)\} + 0,5]^{\frac{1}{2}}.$$

Bu indeks NDVI ga nisbatan biomassani baholashda yaxshiroq natija beradi, shuning uchun amaliyotda keng qo‘llaniladi.

Perpendikulyar vegetatsiya indeksi (Perpendicular vegetation index-PVI):

$$[(DN_R^{soil} - DN_R^{veg}) + (DN_{NIR}^{soil} - DN_{NIR}^{veg})]^{\frac{1}{2}}.$$

Piksel vektorning perpendikulyar masofasi sifatida yaqin infraqizil va qizil diapazon qaytaruvchanlikdagi tuproq chizig‘idan olingan. Bu o‘simliklar rivojlanishining ko‘rsatkichidir.

Nazorat savollari

1. Tasvirni raqamli qayta ishlashga izoh bering.

2. Zamonaviy masofadan zondlashning ikkita asosiy texnologiyalari nimalardan iborat?

3. Tasvirni qayta ishlash tizimining asosiy texnikalarini ifodalang.

4. Raqamli ma'lumotlarni yozib olish, saqlash va taqsimlash uchun medialarni sanab o'ting.

5. Tasvirning shakllari deganda nimalar tushuniladi?

6. Raqamli tasvirning metama'lumotini tushuntiring.

7. Masofadan zondlashda qayta ishlashga tayyorlash nima uchun talab qilinadi?

8. Radiometrik tuzatish nimalarni o'z ichiga oladi?

9. Masofadan zondlashda nima uchun geometrik tuzatish talab qilinadi?

10. Tasvirni yaxshilash deganda nimani tushunasiz?

11. Tasvirni kichraytirish deganda nimani tushunasiz?

12. Tasvirni transformatsiya qilish nimalarni o'z ichiga oladi?

7-bob. Tasvirni baholash va tahlil qilish texnikalari

Tasvirni sinflash jarayonining umumiy vazifasi tasvirdagi barcha piksellarni yer qoplami sinflari bo‘yicha avtomatik toifalashdan iborat. Odatda sinflashda ko‘p spektrli ma’lumotdan foydalaniladi va ma’lumotdagi har bir piksel uchun spektrogramma toifalashning raqamli asosi sifatida ishlatiladi. Turli shakllar ularning spektrli qaytaruvchanlik va taratuvchanlik xususiyatlariga asoslanib turli raqamli sonlarning kombinatsiyasini namoyon etadi. *Gramma*- har bir piksel uchun turli to‘lqin uzunliklari oraliqlarida olingan radiatsiya o‘lchovlari yig‘indisini anglatadi. *Spektrogrammanitanish* avtomatlashgan yer qoplami sinflashning asosi bo‘lgan pikseldan – pikselga spektrli ma’lumotni ishlatuvchi sinflash jarayonining oilasini anglatadi.

Fazoviy tasvirni tanish tasvirdagi piksellarni ularning atrofidagi piksellar bilan fazoviy bog‘liqligiga asosan toifalashni o‘z ichiga oladi. Fazoviy sinflovchilar tasvir teksturasi, obyekt o‘lchami, shakli, yo‘nalishi, takrorlanishi va holatini hisobga olib ish yuritadi. Bu turdagi sinflovchilar inson-tahlilchi tomonidan vizual interpretatsiya jarayonida amalga oshirilgan fazoviy sintezlarni takrorlashga harakat qiladi.Shuning uchun, bu sinflovchilar spektrogrammali tanish jarayoniga nisbatan murakkab va katta hajmda hisoblashlarni o‘z ichiga oladi.

*Davriy tasvirni tanish*obyektni aniqlashda vaqtdan foydalanadi. Masalan, qishloq xo‘jalik ekinlarini kuzatishda, o‘sish mavsumidagi alohida spektrli va fazoviy o‘zgarishlar bir necha sanada olingan tasvirlarda ajratish imkoniyatini beradi (yagona sanada ajratish mumkin emas). Masalan, qishki bug‘doy maydonini endigina bug‘doy ekilgan paytda bo‘sh yer bilan va bahorda bug‘doy maydon bilan bir xil spektrli qaytaruvchanlikka egabo‘lgan bedapoya bilan ajratib bo‘lmaydi. Agar ikki sanada olingan ma’lumot tahlil qilinsa, boshqa hech qanday maydon qoplami kech kuzda bo‘sh yer va bahorning oxirlarida yashil bo‘lib ko‘rinmasligidanqishki bug‘doy dalani aniqlash mumkin.

Xuddi tasvirni tiklash va yaxshilash texnikalarida aytib o‘tilganidek tasvirni sinflovchilar aralash turdagi kombinatsiyalardan foydalanilishi mumkin. Masalan, *obyektga yo‘naltirilgan sinflash* spektrli va fazoviy tasvir tanishni birlashtirib amalga oshiriladi. Shunindek, tasvirni sinflash muammosini yechishning yagona „to‘g‘ri” usuli mavjud emas. Qandaydir yechimni qabul qilish tahlil qilinayotgan ma’lumotning xususiyati, hisoblash manbasining mavjudligi va sinflangan ma’lumotni qo‘llash rejasi bilan bog‘liq.

Tasvirni sinflash haqidagi mulohazamizni yer qoplamini kartalashtirish uchun spektrga yo‘naltirilgan jarayondan boshlaymiz. Spektrli usullar ko‘p spektrli sinflash asosida yaratilgan (hozirgi kunda keng miqyosdagi yuqori imkoniyatdagi ma’lumotlar imkoniyati kengayganligi sababli fazoviy yo‘naltirilgan jarayonlardan foydalanish ortib bormoqda). Birinchi orinda biz *boshqariladigan sinflash* (supervised classification) bilan tanishib chiqamiz.Bu turdagi sinflashda tahlilchi kompyuter algoritmi va joydagi turli yer qoplamlarini raqamli tasvirlashni tayinlash orqali piksellarni toifalash jarayonini *boshqaradi*. Bunda, har bir obyektning spektrli xususiyatlarini tasvirlaydigan raqamli interpretatsiya kalitlarini yig‘ish maqsadida ma’lum qoplam turidaginamunaviy joylar (mashq maydoni)dan foydalaniladi. Ma’lumotdagi har bir piksel interpretatsiya kalitining har bir toifasiga raqamli taqqoslanadi va „eng yaqin o‘xshash”toifaning nomi bilan nomlanadi. Keyingi mavzularda keltirilganidek noma’lum piksellar va mashq maydonidagi piksellarni taqqoslashni amalga oshiradigan bir nechta raqamli strategiyalar qo‘llaniladi.

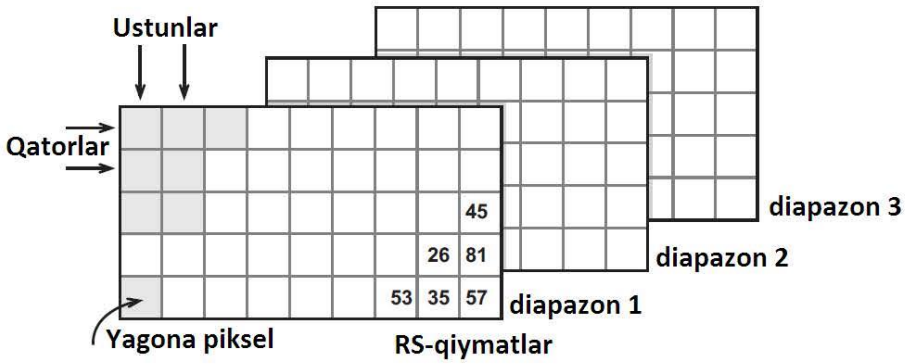
Boshqariladigan sinflash haqidagi mulohazalardan so‘ng *boshqarilmaydigan sinflashga* diqqatimizni qaratamiz. Boshqariladigan sinflash kabi boshqarilmaydigan sinflash jarayoni ikki xil bosqichda qo‘llaniladi. Bu ikki texnika orasidagi asosiy farq shundaki, boshqariladigan sinflash mashq va sinflash bosqichlarini o‘z ichiga oladi. Boshqarilmaydigan sinflashda tasvirli ma’lumotlar birinchi o‘rinda tabiiy spektrli guruh (yoki klaster)larga yig‘ish orqali sinflanadi.

So‘ng tahlilchi sinflangan ma’lumotni dala tayanch ma’lumot bilan taqqoslash orqali ushbu spektrli guruhlarning yer qoplamiga o‘xshashliklarini aniqlaydi.

Boshqariladigan va boshqarilmaydigan sinflashdan so‘ng biz *gibrid sinflash* jarayoniga ham to‘xtalib o‘tamiz. Bu jarayon boshqariladigan va boshqarilmaydigan sinflashni o‘z ichiga oladi va asosiy maqsadi ikkala usulning aniqligi va samaraliligini oshirishdan iborat.

7.1. Tasvirni sinflash tamoyili

Fazoviy tasvir. Raqamli tasvir – elementlarning ikki o‘lchamli matritsasidir. Har bir elementda yer yuzasidagi muvofiq maydondan qaytgan yoki taralgan energiya saqlanadi. O‘lchovlarning fazoviy joylashuvi fazoviy tasvirni aniqlaydi. Sensorga bog‘liq holda ma’lumotlar *n* ta diapazonda yozib olinadi (7.1-rasm). Raqamli tasvir elementlari odatda 8-bitli raqamli son qiymatlarda (0–255 oraliqda) saqlanadi.

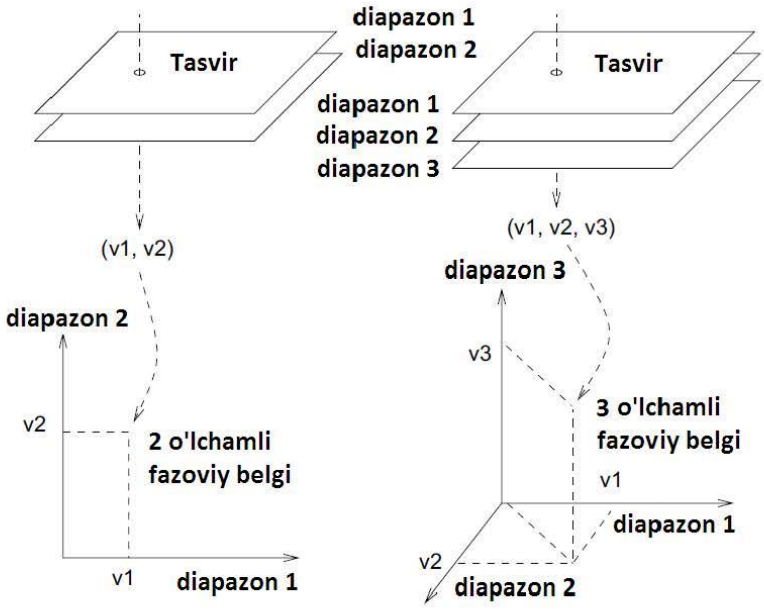


7.1.-rasm. Ko‘pdiapazonli tasvirning tuzilmasi (Manba: 5 adabiyot).

Fazoviy tekislik. Bir pikselda, ikkita diapazondagi qiymatlar ikki o‘lchamli vektor yoki vektor funksiyaning tarkibi sifatida yondashilishi kerak. Vektor funksiyaga misol (13,55), bunda 13 va 55 raqamli son (RS)lar birinchi va ikkinchi diapazon uchun saqlanganligini bildiradi. Bu vector ikki-o‘lchamli grafikda tasvirlanishi mumkin.

Shuningdek, bu usul orqali uch o‘lchamli grafikda uch-diapazonli holat tasvirlanishi mumkin. Vector belgilarning qiymatlarini ko‘rsatadigan grafik – *fazoviy tekislik*yoki fazoviy tekislik maydoni deb ataladi. 7.2-rasm vector belgi (bir pikselga tegishli) fazoviy tekislikda ikki va uch diapazon uchun qanday tuzilishini tasvirlaydi. Odatda biz faqat ikki o‘qli fazoviy tekislik maydonini uchratamiz.

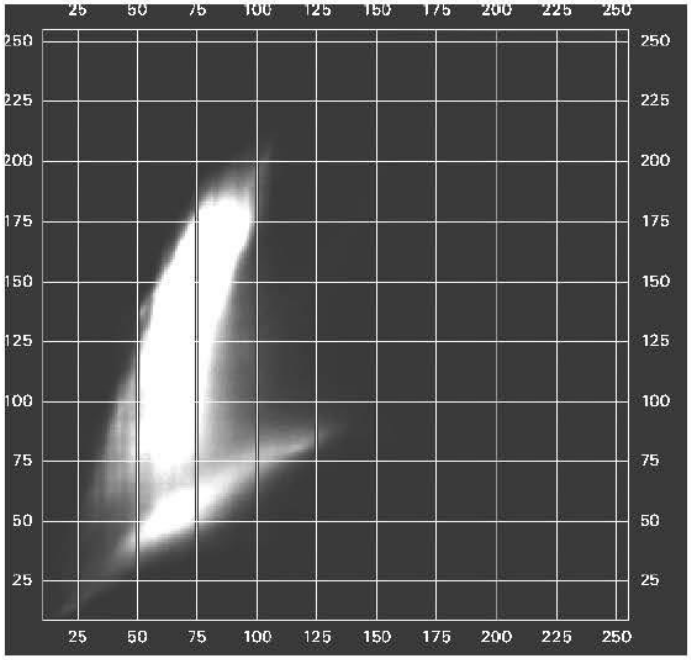
E’tibor qilish kerakki, to‘rt yoki undan ortiq o‘lchamli holatlar uchun grafik tasvirlash qiymatlari murakkabdir. To‘rt yoki bundan ortiq diapazonlar bilan ishlashning amaliy yechimi shundaki, barcha mumkin bo‘lgan ikki diapazon kombinatsiyalari alohida grafikda tasvirlanadi. To‘rtta diapason uchun, oltita kombinatsiya natija beradi: 1 va 2, 1 va 3, 1 va 4 diapazonlar, 2 va 3, 2 va 4 hamda 3 va 4 diapazonlar.



7.2-rasm. Fazoviy tekislikda ikki va uch diapazonli tasvir uchun piksel qiymatlarini grafik tasvirlash (Manba: 6 adabiyot).

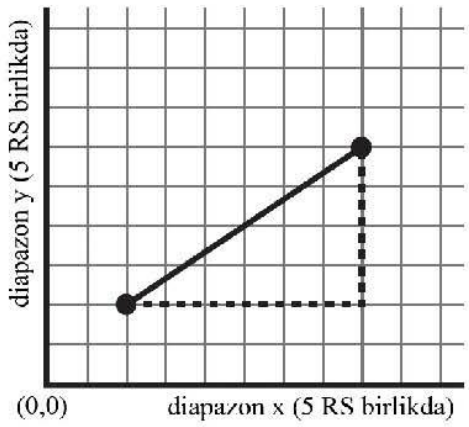
Bir tasvirning barcha piksel qiymatlar combinatsiyasini grafik tasvirlash nuqtalarning katta klaster natijasini beradi. Bunday tasvirlash (tarqalish nuqtalari orqali grafik tasvirlash – scatterplot) deb nomlanadi (7.3-rasm).Skaterplot

tasvirdagi piksel qiymatlarining kombinatsiyalari haqida ma'lumot beradi. Ayrim kombinatsiyalar tez-tez sodir bo'ladi va yorug'lik yoki rang orqali tasvirlanadi.



7.3-rasm. Raqamli tasvir ikki diapazonining tarqalish nuqtalari orqali grafik tasvirlash. X va Yo'qlar bo'ylab raqamli son qiymatlarga e'tibor bering. Fazoviy tekislikdagi nuqta yorug'ligi shu nuqtadagi piksellar soniga bog'liq (Manba: 6 adabiyot).

Fazoviy tekislikdagi masofa va klasterlar. Fazoviy tekislikdagi masofa "Evklid masofa" deb yuritiladi va o'lchov birliklari raqamli sonlardan (RS) iborat (o'qlarning o'lchov birligi). Ikki o'lchamli fazoviy tekislikda masofa Pifagor teoremasi orqali hisoblanadi. 7.4-rasmda (10,10) va (40,30) orasidagi masofa (40 — 10)^2+ (30 – 10)^{2}ning kvadrat ildiziga teng. Uch yoki undan ko'p o'lchamlarda ham masofa shu tarzda hisoblanadi.

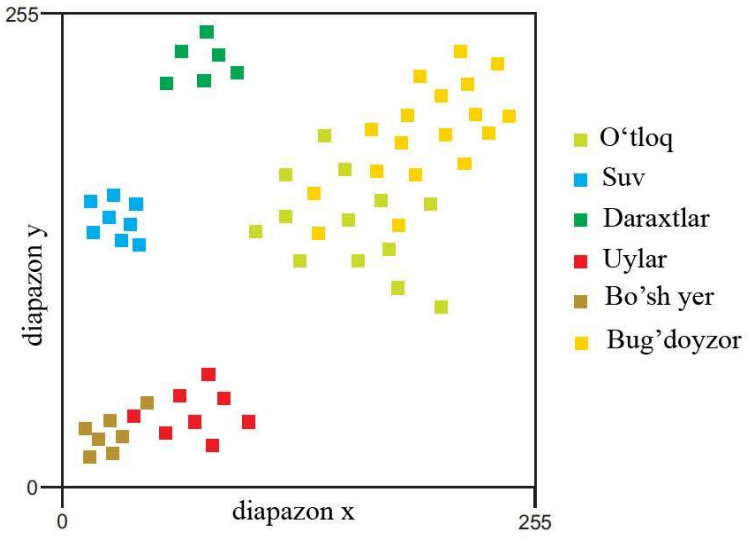


7.4-rasm. Ikki nuqta orasidagi Evklid masofa Pifagor teoremasi yordamida hisoblangan (Manba: 5 adabiyot).

7.2. Tasvirni sinflash

7.3-rasmdakeltirilganskaterplottasvirdagimuvofiqpikselqiymatlarnitasvirningikkidiapazonidataqsimlanishihaqidama'lumotberadi. 7.5-rasmda oltita yer qoplami sinfi uchun (o'tloq, suv, daraxtlar va boshqa) vektor funksiya grafik tasvirlangan fazoviy tekislik keltirilgan. Vector belgining har bir klasteri fazoviy tekislikda o'zining joyini egallaydi. 7.5-rasmda tasvirni sinflashga taxminiy misol keltirilgan: fazoviy tekislikning ma'lum qismi ma'lum sinfga mos keladi. Fazoviy tekislikda sinflar aniqlangach tasvirning har bir pikseli sinflarga taqqoslanadi va muvofiq sinfga ajratiladi.

Tasvirni sinflashdagi ajratilishi kerak bo'lgan sinflar turli spektrli xususiyatlarga ega bo'lishi lozim. Bu esa spektrli qaytaruvchanlik egri chiziqlarini taqqoslash orqali tahlil qilinadi. 7.5-rasm tasvirni sinflashning kamchiliklarini ham tasvirlaydi: agar fazoviy tekislikda sinflar aniq klasterlarga ega bo'lmasa, sinflashfaqatgina ma'lum darajadagina ishonchli bo'ladi.



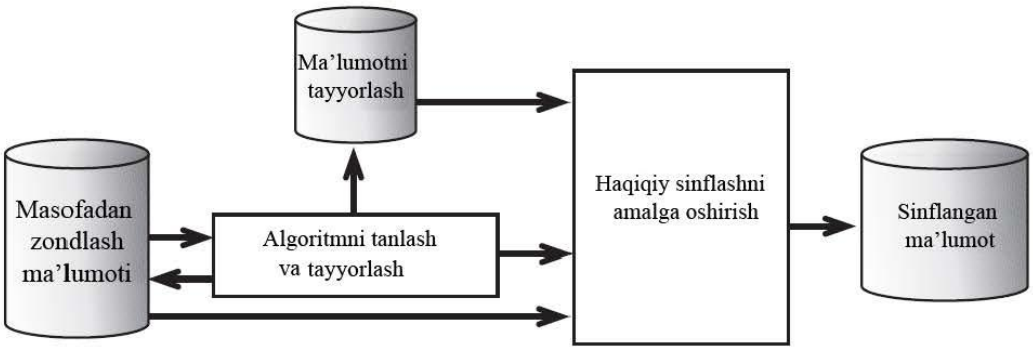
7.5-rasm. Oltita sinfning klasterlarini ko‘rsatuvchi fazoviy tekislik; e’tibor bering har bir sinf fazoviy tekislikda chegarali maydonni egallaydi (Manba: 6 adabiyot).

Tasvirni sinflashning tamoyili shundaki, piksel vektor funksiyaga asoslanib fazoviy tekislikda oldindan aniqlangan klasterlarga taqqoslash orqali sinfga ajratiladi. Bu jarayon barcha piksellarga qo‘llanadi va natijada sinflangan tasvir hosil bo‘ladi. Tasvirni sinflashning qiyinligi oldindan aniqlangan klasterlarni taqqoslashda, bu klasterlarni aniqlash va taqqoslash metodlarini talab qiladi. Klasterlarni aniqlash interaktiv jarayon va tayyorgarlik jarayoni paytida amalga oshiriladi. Alohida piksellarni klasterlar bilan taqqoslash *sinflash algoritmlari*dan foydalanib amalga oshiriladi.

7.3. Tasvirni sinflash jarayoni

Tasvirni sinflash jarayoni beshta bosqichni o‘z ichiga oladi (7.6-rasm):

1. Tasvirli ma’lumotni tanlash va tayyorlash. Yer qoplami turlarini sinflashga bog‘liq holda eng mos keladigan sensor, ma’lumot olish uchun eng mos keladigan sana va eng mos keladigan to‘lqin uzunligi diapazonlari tanlanishi kerak;



7.6-rasm. Sinflash jarayoni.

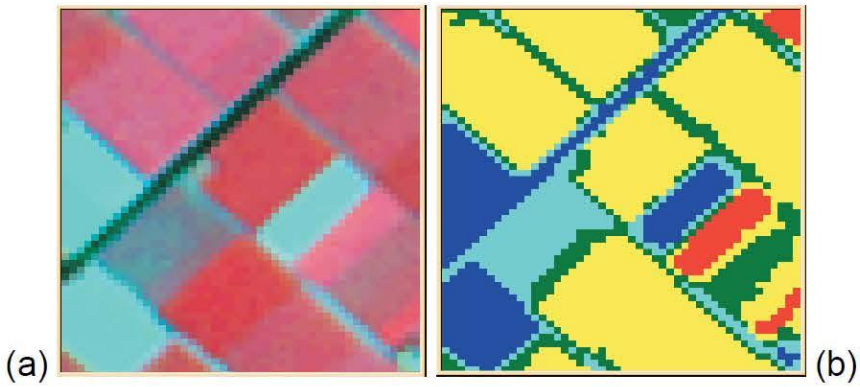
2. Fazoviy tekislikda klasterlarni aniqlash. Qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan usullar boshqariladigan ba boshqarilmaydigan sinflashdir. Boshqariladigan sinflashda tayyorgarlik jarayonida operator klasterlarni aniqlaydi;

boshqarilmaydigan sinflashda esa klasterlash algoritmi fazoviy tekislikda klasterlarni avtomatik tarzda topadi yoki aniqlaydi;

3. Sinflash algoritmini tanlash. Fazoviy tekislikda spektrli sinflash aniqlangach, operator piksellar (RS qiymatlariga asosan) qanday qilib sinflarga ajratilganligini aniqlashi lozim. Ajratish turli omillarga asoslanishi mumkinligi haqida keyinroq to‘xtalib o‘tamiz;

4. Haqiqiy sinflashni amalga oshirish. Ma’lumot tayyorlangach va sinflash algoritmi tanlangach haqiqiy sinflash amalga oshiriladi. Bu esa RSqiymatlariga asoslanib tasvirdagi har bir alohida piksel bitta ma’lum sinfga ajratilishini anglatadi (7.7-rasm).

5. Natijani tekshirish. Tasvirni sinflash amalga oshirilgandan so‘ng uning sifati joyda olingan ma’lumot bilan taqqoslash orqali baholanadi. Bu namuna olish texnikasini tanlash, xatolik matritsasini yaratish va xatolik parametrlarini hisoblashni talab qiladi.

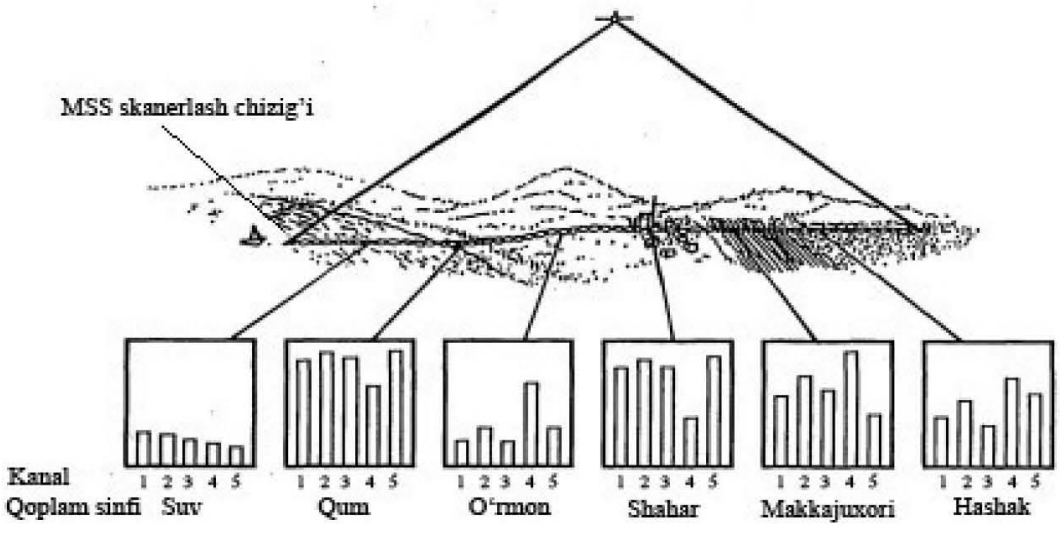


7.7-rasm. Ko‘p-spektrli tasvirni sinflash natijasi (a), har bir katak qaysidir mavzuli sinfga ajratilgan rastr (b) (Manba: 6 adabiyot).

Aksariyat misollar ikkio‘lchamli (ikki diapazon) holatlarda keltirilgan, chunki bunda tasvirlash osonroqdir. Lekin, tasvirni sinflash *n*-o‘lchamli ma’lumotlar to‘plamida amalga oshirilishi mumkin. Tasvirni vizual interpretatsiya qilish esa maksimum uch diapazondan iborat tasvirlar bilan chegaralanadi.

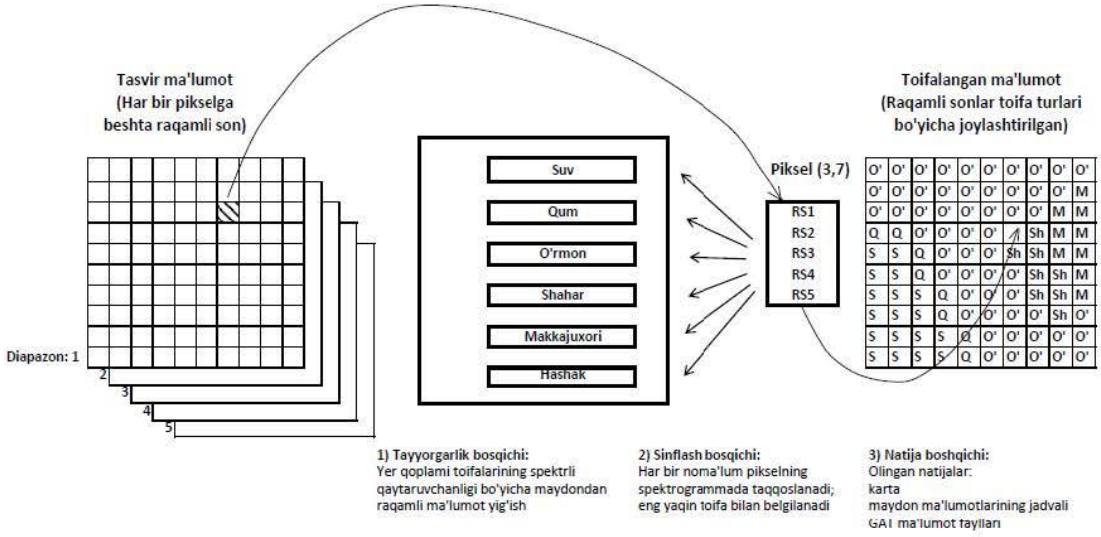
7.4. Boshqariladigan sinflash

Boshqariladigan sinflashni tushunish uchun biz taxminiy misoldan foydalanamiz. Tasavvur qiling biz beshta kanalli aero ko‘p spektrli skaner ma’lumotni tahlil qilmoqdamiz (Landsat, SPOT, IKONOS yoki har qanday ko‘p spektrli ma’lumotga ham huddi shunday jarayonlar qo‘llaniladi). 7.8-rasmda taxminiy misol uchun bir nechta qoplam turlaridan iborat yer maydonidan olingan yagona chiziqli ma’lumot tasvirlangan. Ko‘p spektrli skaner bu chiziq bo‘ylab tasvirlangan har bir piksel uchun maydondan chiqayotgan radiatsiya miqdorini sensorning beshta (ko‘k, yashil, qizil, yaqin-infraqizil va termal infraqizil) spektrli diapazonining har biriga raqamli son sifatida yozib oladi. Skanerlash chizig‘ining pastida oltita har xil yer qoplami turlaridan o‘lchangan raqamli sonlar keltirilgan. Vertikal diagrammalar har bir spektrli diapazondagi nisbiy kulrang qiymatlarni anglatadi. Bu beshta natija skanerlash chizig‘i bo‘ylab joylashgan turli obyektlarning spektrli qaytaruvchanligining umumiy tavsifini tasvirlaydi. Agar bu spektrogrammalar har bir obyekt uchun alohida bo‘lsa, ular tasvirni sinflash uchun asos yaratadi.



7.8-rasm. Tanlangan ko‘p spektrli skaner o‘lchovlari bitta skanerlash chizig‘i bo‘ylab olingan. Sensor quyidagi spektrli diapazonlarni qoplaydi: 1 – ko‘k, 2 – yashil, 3 – qizil, 4 – yaqin infraqizil, 5 – termal infraqizil(Manba: 5 adabiyot).

7.9-rasm boshqariladigan tipik sinflash jarayonidagi uchta asosiy bosqichni umumlashtiradi. *Mashg‘ulot (tayyorgarlik) bosqichida* (1) tahlilchi tayinlangan mashg‘ulot maydonlarini aniqlaydi va joydagi har bir kerakli obyekt turining spektrli xususiyatlarini raqamli ifodalashni yaratadi. *Sinflash bosqichida* (2) tasvir ma’lumot to‘plamidagi har bir piksel eng yaqin o‘xshash yer qoplami sinfiga toifalanadi. Agar piksel mashq ma’lumot to‘plamiga qoniqarli darajada o‘xshash bo‘lmasa bu piksel „noma’lum” deb nomlanadi.Bu jarayondagi har bir pikselga tayinlangan toifa nomi interpretatsiya qilingan ma’lumotlar to‘plamining (chiqish tasvir) muvofiq katagiga yozib olinadi. Shunday qilib,interpretatsiya qilingan yer qoplami toifalarining muvofiq matritsasini yaratish uchun ko‘p-o‘lchamli tasvir matritsalari qo‘llaniladi. Ma’lumotlar to‘plami to‘liq toifalangandan so‘ng natija *chiqish (natija) bosqichida* (3) tasvirlanadi. Raqamli xususiyatga ega bo‘lganligi sababli natijalar bir necha xil yo‘llarda foydalanilishi mumkin. Natijaviy mahsulotning uch xil shakli: mavzuli kartalar, joyning statistik jadvali va raqamli ma’lumot fayllari GAT ga bog‘lanishi mumkin.

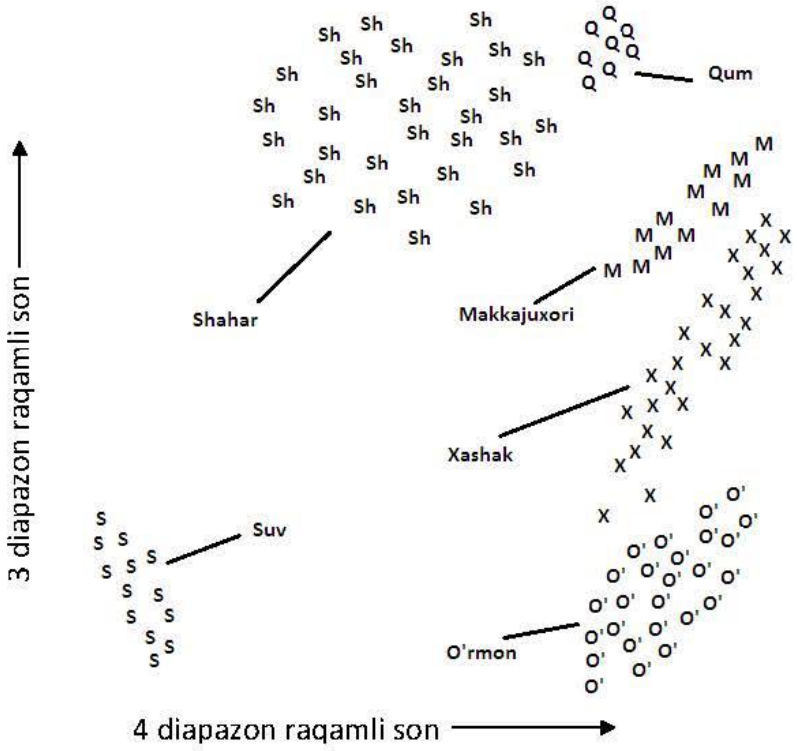


7.8-rasm. Boshqariladigan sinflashning asosiy bosqichlari (Manba: 3 adabiyot).

7.5. Sinflash bosqichi

Spektrogrammani tanishning bir nechta matematik usullari yaratilgan. Bizdamisol qilib keltirilgan turli sinflash usullari beshta kanalli ko‘p spektrli skaner ma’lumotining bir qismi bo‘lgan ikki kanal (3 va 4 diapazon) bilan tasvirlangan. Tahlil jarayonida kamdan kam hollarda faqatgina ikkita kanaldan foydalaniladi, lekin bu cheklov turli texnikalarda grafik tasvirlashni osonlashtiradi. Raqamli bajarishda bu jarayonlar ma’lumotni boshqa kanalining har qanday soniga qo‘llanilishi mumkin.

Keling, biz raqamli tasvir ma’lumotidagi ikki kanaldan piksel kuzatuvlarni namuna sifatida qabul qilamiz. Har bir pikselga mos keladigan ikki o‘lchamli raqamli qiymatlar yoki *vektor o‘lchovlar*tarqalish diagrammasida belgilash orqali grafik tasvirlanadi (7.10-rasm).



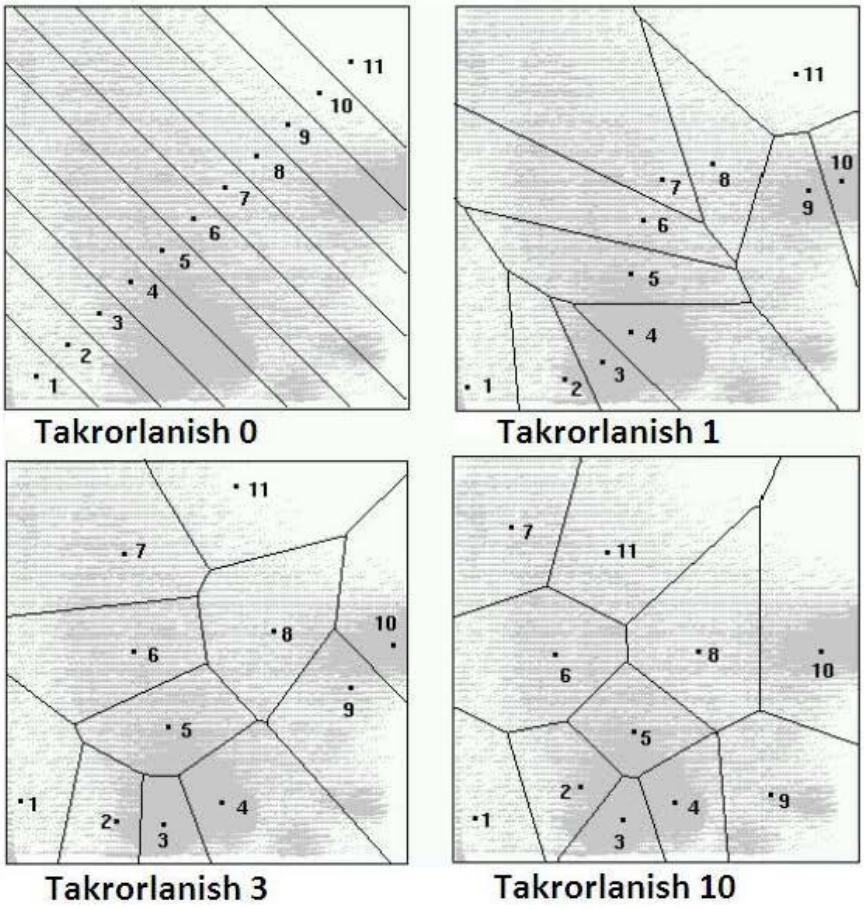
7.10-rasm. Tanlangan mashg‘ulot maydonidagi piksel kuzatuvlar tarqalish diagrammasida belgilangan.

Bu diagrammada 3-diapazondagi raqamli sonlar *y*o‘qida va 4-diapazondagi raqamli sonlar *x*o‘qida tasvirlanadi. Bu ikki raqamli sonlar har bir piksel qiymatni grafikning ikki o‘lchami “fazoviy o‘lchov”da joylashtiradi. Shuning uchun, 4diapazonda raqamli son bir piksel uchun 10 va 3 diapazonda xuddi shu piksel uchun 68 bo‘lsa, bu piksel uchun o‘lchov vektori nuqtali belgilash orqali (10; 68) koordinatada tasvirlanadi.

Keling, piksel kuzatuvlar tasvirlangan 7.10-rasmdagi ma’lum (aniqlangan) qoplam turiga (mashg‘ulot maydonidan tanlangan) ega maydonlarni ko‘rib chiqamiz. Har bir piksel qiymat tegishli toifalarni anglatuvchi harf yordamida tarqalish diagrammasida tasvirlangan. Esda tuting, har bir sinfdagi piksellar yagona takrorlanuvchi spektrli qiymatga ega emas. Biroq, ular har bir qoplam sinfidagi spektrli xususiyatlarning tabiiy markazlashuv tendensiyasi yoki o‘zgaruvchanligini ifodalaydi. Bu „nuqtalar to‘plami” interpretatsiya qilinadigan yer qoplami turini har bir toifasining spektrli sezuvchanligini ko‘p-o‘lchamli tavsiflarda tasvirlaydi.

7.6. Boshqarilmaydigan sinflash

Boshqariladigan sinflash joy haqidagi bilimlarni talab qiladi. Agar bu bilimlar yetarli bo‘lmasa yoki tadqiq qilinayotgan sinflar aniqlanmagan bo‘lsa, boshqarilmaydigan sinflash qo‘llaniladi. *Boshqarilmaydigan sinflashda,*fazoviy tekisliklarni bir nechta klasterlarga ajratishda klasterlash algoritmidan foydalaniladi.



7.11-rasm. Namunaviy ma'lumotlar to'plamini klasterlash algoritmining keyingi natijalari (Manba: 6 adabiyot).

Boshqarilmaydigan sinflashning bir nechta uslublari mavjud, ularning asosiy maqsadi ma'lum o'xshashliklarga asosan spektrli guruhlashni ishlab chiqishdan iborat. Eng ko'p qo'llaniladigan usullardan birida foydalanuvchi ma'lumotlar to'plamidan maksimal klasterlar sonini aniqlashi lozim. Bunga asosan, kompyuter klasterning markaziy nuqtasi sifatida ixtiyoriy o'rtacha vektorlarni joylashtiradi. Keyin esa, har bir piksel eng kichik masofa orqali klaster markazga tayinlanadi. Piksellar nomlangach, klaster markazini qayta hisoblash amalga oshiriladi, bu jarayon klaster markazlari to'g'ri topilguncha va piksellar ularga muvofiq nomlanguncha takrorlanadi. Takrorlanish klaster markazlari o'zgarmay qolganda to'xtaydi. Har qanday takrorlanishda, ma'lum piksellar sonidan kam bo'lgan

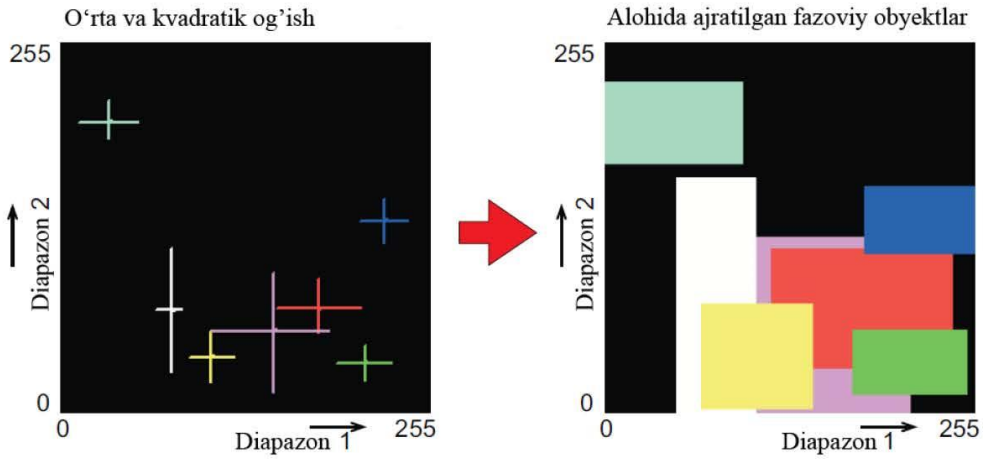
klasterlar yo‘q qilinadi. Klasterlash tugatilgach, tashqi klaster masofa yoki nomuvofiqlikvositasi orqali klasterlarning yaqinligi yoki alohidaligi tahlil qilinadi. Ma’lumotlar to‘plamidagi zarur bo‘lmagan bir nechta kichik bo‘laklarni kamaytirish maqsadida klasterlarni qo‘shish amalga oshiriladi. Bu esa oldindan aniqlangan chegaraviy qiymat(threshold value) yordamida bajariladi. Foydalanuvchi klasterlarningeng ko‘p sonini, ikki klaster markazlari orasidagi masofani, klaster radiusini va klasterni yo‘qotish uchun chegaraviy son sifatida piksellarning eng kam sonini aniqlashi lozim. Har bir spektrli diapazon uchun foydalanuvchi tomonidan aniqlangan standart og‘ish orqali klasterlarning markaziy nuqtalari atrofida klaster ixchamligi tahlil qilinadi. Agar klaster uzaytirilgan bo‘lsa, klasterlarni ajratish uzaytirishning spektrli o‘qiga perpendikulyar ravishda amalga oshiriladi. Klasterlarning bir biriga yaqinligini tahlil qilish ikki klaster markazlari orasidagi masofani o‘lchash orqali bajariladi. Agar ikki klaster markazlari orasidagi masofa oldindan aniqlangan chegaraviy qiymatdan kam bo‘lsa, klasterlarni qo‘shish amalga oshiriladi. Har bir takrorlanishda oldindan aniqlangan piksellar sonidan kam bo‘lgan har qanday klaster yo‘qotiladi. Oxirgi takrorlanishdan olingan natijaviy klasterlar ularning statistik raqamlari orqali ifodalanadi. 7.11-rasmda ma’lumotlar to‘plamini klasterlash algoritmi natijasi tasvirlangan. Ko‘rib turganingizdek klaster markazlari yuqori zichlikka ega maydonlar bilan mos keladi. Hosil qilingan klaster statistikasi tanlangan sinflash algoritmidan foydalanib to‘liq tasvirni sinflashda qo‘llaniladi.

7.6.1.Sinflash algoritmlari

Namunaviy to‘plamlar aniqlangach, sinflash algoritmlaridan foydalanib tasvirni sinflash jarayoni amalga oshiriladi. Bir nechta sinflash algoritmlari mavjud. Sinflash algoritmini tanlash, tasvir xususiyatlari va namunaviy ma’lumotga bog‘liq. Quyida uch xil sinflash algoritmlariga tushuncha berilgan. Birinchi bo‘lib *to‘rtburchakli sinflash* keltirilgan, chunki u tushunishga oson. Amaliyotda *to‘rtburchakli sinflash* deyarli ishlatilmaydi. Amaliyotda asosan *minimum masofalisinflash* va *maksimum o‘xshashlik* sinflashdan foydalaniladi.

Parallelepipedli sinflash. Bu sinflash eng oson sinflash usulidir. Bunda, har bir sinf uchun yuqori va pastgi chegaralar aniqlanadi. Chegaralar minimum va maksimum qiymatlarga yoki har bir sinf uchun o‘rta va kvadratik og‘ishga asoslanadi.Agar pastki va yuqorigi chegaralardan foydalanilsa, ular fazoviy tekislikdaparallelepipedga o‘xshash maydonni aniqlaydi, shuning uchun parallelepipedli sinflash deb ataladi. Parallelepipedlar soni sinflar soniga bog‘liq. (7.12-rasm). Sinflash jarayonida noma’lum piksellarning qandaydir parallelepipedga kirishi tekshiriladi. Har bir piksel u kirgan parallelepipedli sinflash bilan nomlanadi. Hech qanday parallelepipedga kirmaydigan piksellar no‘ma’lum sinf deb belgilanadi.

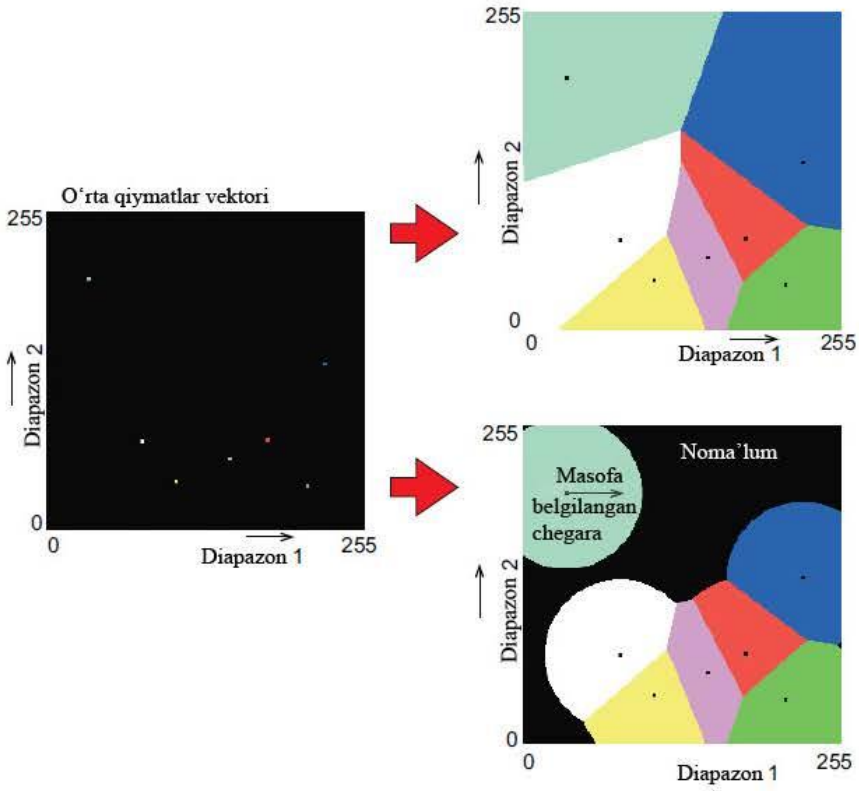
Sinflarning bir-biri bilan ustma-ust tushishi parallelepipedli sinflashning kamchiliklaridandir. Bunday hollarda, piksel ixtiyoriy ravishda u kirgan eng birinchi parallelepiped nomi bilan belgilanadi.



Fazoviy obyektlarni ajratish – parallelepipedli sinflash

7.12-rasm. Ikkio‘lchamli holatda parallelepipedli sinflashning tamoyili (Manba: 6 adabiyot).

Minimum masofali sinflash.Minimum masofali sinflovchining asosi klaster markazi hisoblanadi. Sinflash davomidanoma'lum pikseldan turli klaster markazlarigacha bo'lgan Evklid masofa hisoblanadi. Noma'lum piksellar eng yaqin masofadagi sinf bilan nomlanadi. 7.13-rasmda klaster markazlariga asosan fazoviy tekisliklarning ajratilishi keltirilgan. Ushbu sinflashning kamchiliklaridan biri klaster markazidan katta masofada joylashgan piksellar ham shu klaster bilan nomlanishi mumkin. Bu muammo qidirish masofasini cheklovchi chegaraviy qiymat (threshold value) orqali bartaraf etilishi mumkin. 7.13-rasm mana shu holatni tasvirlaydi, oldindan aniqlangan markazga nisbatan chegraviy masofa aylana shaklida keltirilgan.

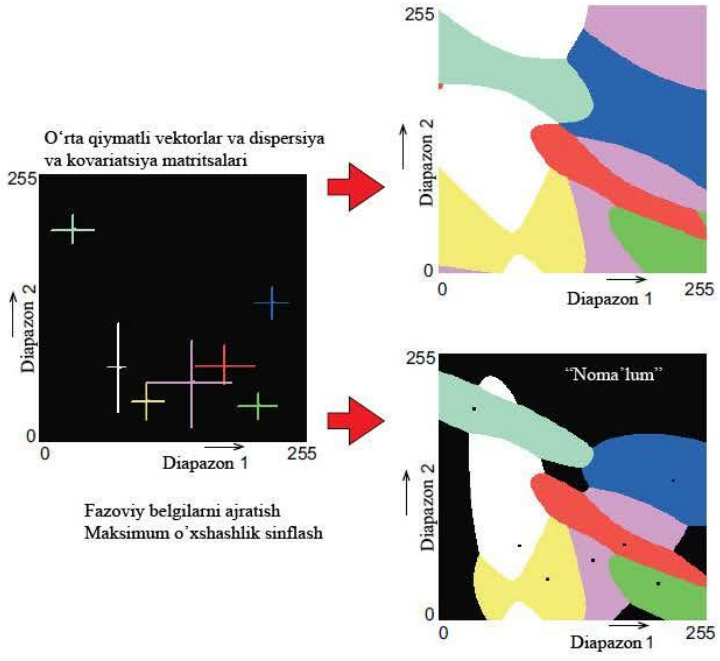


7.13-rasm. Ikki o'lchamli holatda minimum masofali sinflash tamoyili. Yechim chegaralari chegaraviy masofasiz (yuqoridagi o'ng) va chegaraviy masofa (pastgi o'ng) holatlarida keltirilgan (Manba: 6 adabiyot).

Bu sinflashning yana bir kamchiliklaridan biri shuki, u sinf o‘zgarishini hisobga olmaydi: ayrim klasterlar kichik va zich, boshqalari bo‘lsa katta va tarqoq joylashgan.Maksimum o‘xshashlik esa sinflash sinfning o‘zgarishini hisobga oladi.

Maksimum o‘xshashlik sinflash.Maksimum o‘xshashlik sinflash nafaqat klaster markazini, balki uning shakli, o‘lchami va yo‘nalishini hisobga oladi. Bunga klasterlarning o‘rta qiymatlari hamda kovariatsiya matritsasiga asosan statistik masofani hisoblash orqali erishiladi. Piksel yuqori ehtimollikka ega klasterga belgilanadi.

Har bir klaster uchun klaster markazlari atrofida „taxminiy tenglik konturlari”chiziladi. Maksimum o‘xshashlik operatorga maksimum ehtimollik qiymat orqali chegaraviy masofani (threshold distance) aniqlash imkonini beradi. Markazga markazlashtirilgan kichik ellips sinfga a’zolikning yuqori ehtimoliy qiymatlarini aniqlaydi. Markaz artofidagi kattaroq ellipslar markazdan uzoqlashgan sari ehtimollik kamayib borishi bilan sinfga a’zolik ehtimolligi mavjud konturlarni tasvirlaydi. 7.14-rasm chegaraviy masofasiz va chegaraviy masofali holat uchun yechim chegaralarini tasvirlaydi.



7.14-rasm. Maksimum o‘xshashlik sinflash tamoyillari. Yechim chegaralari chegaraviy masofasiz (yuqoridagi o‘ng) va chegaraviy masofa (pastgi o‘ng) holatlarida keltirilgan (Manba: 6 adabiyot).

7.7. Natijani tekshirish

Tasvirni sinflash raster fayldagi alohida raster elementlari sinflarga nomlanish natijasini beradi. Tasvirni sinflashda sinflarning namunalariga asoslangach keyinchalik haqiqiy sifat tekshirilishi va o‘lchanishi kerak. Odatda bu namuna olish yo‘li bilan amalga oshiriladi, bunda bir nechta raster elementlari tanlanadi hamda sinflash natijasi va haqiqiy joydagi sinf taqqoslanadi. Taqqoslash *xatolik matritsasi* orqali amalga oshiriladi, unda turli o‘lchovlar aniqligi hisoblanadi. “Haqiqiy joydagi sinf” dala kuzatuvlaridan kelib chiqadi. Ba’zida,yuqori aniqlikka ega aerosuratlar kabi manbalardan yordamchi sifatida foydalaniladi.

Piksellarni tekshirish uchun tanlashgabir nechta *namuna olishsxemalari* taklif etilgan. Tanlov, namuna olish strategiyasining dezayniga bog‘liq amalga oshiriladi, bunda namunalarning soni va maydoni talab qilinadi. Yer qoplami ma’lumotlari uchun tavsiya etilgan namuna olish strategiyalari oddiy tasodifiy namuna olishdan iborat. Aniqlikni baholashda namunalar soni ikkita omil bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin: (1) namunalar soni ma’lumotlarni noaniq bo‘lishining oldini olish maqsadida olinishi shart; (2) haqiqiy aniqlikni aniqlash uchun xatolik chegaralariga ega namunalar soni talab qilinadi. Talab qilinadigan namunalar sonini aniqlashda namuna olish nazariyasidan foydalaniladi. Namuna elementi nuqta va shuningdek qandaydir o‘lchamli maydon bo‘lishi mumkin; u yagona raster element bo‘lishi lekin atrofida boshqa raster elementlarni o‘z ichiga olishi ham mumkin. Ayrim mulohazalarga ko‘ra optimal namuna maydonining o‘lchami sinfning xilma-xilligiga bog‘liq.

Namuna olish va ma’lumot to‘plash amalga oshirilgandan so‘ng xatolik matritsasi ishlab chiqiladi (7.1-jadval). Bu jadval *noaniqlik matritsasi* deb ham yuritiladi. Jadvalda to‘rtta (A,B,C,D) sinflar keltirilgan. Jami bo‘lib 163 ta namuna

yig‘ilgan. Jadvaldan misol tariqasida ko‘rishimiz mumkinki (A) sinfida haqiqiy joyda 53 ta, sinflash natijasi (a) da bo‘lsa 61 ta holat topilgan, bundan 35 ta holat bir-biriga mos keladi.

Birinchi va eng ko‘p foydalanilgan kartalar aniqligini o‘lchash *umumiy aniqlik*, yoki Proportion Correctly Classified (PCC), ya’ni to‘g‘ri sinflangan proporsiya deb ataladi. Umumiy aniqlik – to‘g‘ri sinflangan piksellar soni (bu xatolik matritsasidagi diagonal kataklarning yig‘indisi) jami tekshirilgan piksellar soniga bo‘linganiga teng. 7.1-jadvalda umumiy aniqlik (35+11+38+2)/163=53%. Natijada umumiy aniqlik bitta sonni beradi.

7.1-jadval. Kelibchiqqanxatoliklarvaaniqlikfoizsifatida xatolikmatritsasidakeltirilgan.

	A	B	C	D	Jami	Noto‘g‘ri sinflash xatoligi	Foydalanuvchi aniqligi
a	35	14	11	1	61	43	57
b	4	11	3	0	18	39	61
c	12	9	38	4	63	40	60
d	2	5	12	2	21	90	10
Jami	53	39	64	7	163		
O‘tkazib yuborish	34	72	41	71			

xatoligi							
Ishlab chiqish aniqligi	66	28	59	29			

Xatolik matritsasidan olingan aksariyat boshqa o‘lchovlar har bir sinf bo‘yicha hisoblanadi. *O‘tkazib yuborish xatoligi* interpretatsiya natijasida o‘tkazib yuborilgan namunaviy nuqtalarni anglatadi. 53 ta namuna olingan (A) sinfini ko‘rib chiqamiz. 53 ta namunadan 18 tasi (b), (c) yoki (d) sinflari sifatida interpretatsiya qilingan. Bu esa o‘tkazib yuborish xatolik natijasini beradi. O‘tkazib yuborish xatoligi yordamchi (haqiqiy joyda olingan) ma’lumotdan boshlanadi va shuning uchun xatolik matritsasining ustunidan joy oladi. *Noto‘g‘ri sinflash xatoligi* interpretatsiya natijasidan kelib chiqadi va xatolik matritsasining qatorlaridan joy oladi. Noto‘g‘ri sinflash xatoligi noto‘g‘ri sinflash namunalarini anglatadi. (d) sinfni olaylik: 21 ta namunadan 2 tasi (10%) to‘g‘ri nomlangan. Noto‘g‘ri sinflash va o‘tkazib yuborish xatoliklari I va II tur xatoliklar deb ham ataladi.

Foydalanuvchining aniqligi noto‘g‘ri sinflash xatoligidan kelib chiqadi, shuningdek, ishlab chiqish xatoligi o‘tkazib yuborish xatoligidan kelib chiqadi.

7.8.Tasvirni sinflashdagi muammolar

Tasvirni sinflash ko‘p-diapazonli tasvir ma’lumotlardan “Mavzuli sinflar”ni hosil qiluvchi kuchli texnikadir. Shuningdek, biz bilishimiz lozim bo‘lgan ayrim kamchiliklari ham mavjud. Pikselga asoslangan sinflashning eng muhim cheklovlaridan biri u (1) natijada spektrli sinflarniberadi va (2) har bir piksel faqat bir sinfga belgilanadi.

Spektrli sinflar to‘g‘ridan to‘g‘ri sinflashda ishlatilgan spektrli diapazonlarga bog‘langan sinflardir. O‘z navbatida, bu sinflar yuza xususiyatlari bilan bog‘langan. Shu munosabatdan olib qaraganda spektrli sinflar yer qoplami sinflari bilan muvofiq keladi. Sinflash jarayonida “spektrli sinf” bir nechta “mashg‘ulot

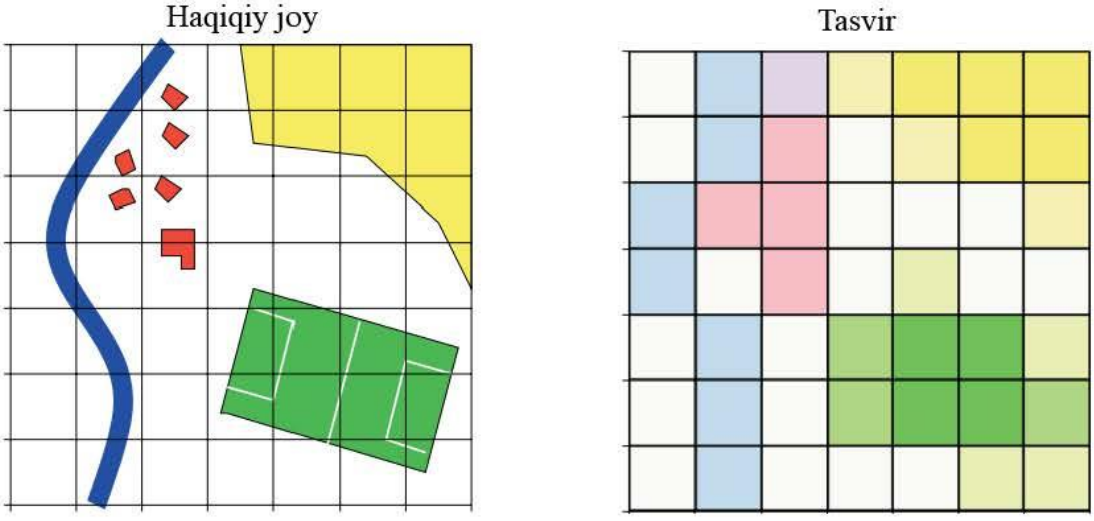
sinflar" orqali tasvirlanadi. Bu esa spektrli sinf ichidagi o‘zgarishlar natijasida yuz beradi. Masalan, "o‘tloq"sinfini olaylik, turli xil o‘t turlari mavjud va ular turli spektrli xususiyatlarga ega. Shuningdek, bir xil turdagi o‘tloq katta maydonlardaturli tuproq va iqlim sharoitlarida turli xil spektrli xususiyatlarga ega bo‘lishi mumkin. Gap shundaki, ba'zida kimdir yer qoplami sinflari emas, balki yerdan foydalanish sinflari bilan qiziqadi. Ba'zida, yerdan foydalanish sinfi bir nechta yer qoplami sinflaridan tashkil topadi. 7.2- jadvalda ayrim spektrli yer qoplami va yerdan foydalanish sinflarining bog‘liqligiga misollar keltirilgan. E'tibor bering, ikki ustun orasida 1 dan 1 ga, 1 dan *n* ga va *n* dan 1 ga bog‘liqlik bo‘lishi mumkin. 1 dan *n* ga bog‘liqliklar jiddiy muammodir va bu muammo faqatgina sinflash jarayoniga ma'lumot qo‘shish orqali bartaraf etilishi mumkin. Qo‘shimcha ma'lumot boshqa masofadan zondlash ma'lumoti (boshqa diapazonlar, boshqa vaqtlar) yoki topografik kartalar, tarixiy yer inventarizatsiyasi, yo‘llar kartasi va boshqa mavjud fazoviy ma'lumotlardan iborat bo‘lishi mumkin. Odatda bu tajribaviy bilimni jarayonga qo‘llash orqali amalga oshiriladi. Masalan, tarixiy yer qoplami ma'lumotidan foydalanib yer qoplamidagi ayrim o‘zgarish ehtimollarini aniqlash bunga misol bo‘ladi. Boshqa bir misolga, balandlik, nishablik va ko‘rinish ma'lumotlaridan foydalanishni keltirish mumkin. Bu, ayniqsa yer qoplami turlaridagi o‘zgarishlarda balandlikdagi farq muhim rol o‘ynaydigan tog‘li regionlarda juda katta foyda beradi.

7.2-jadval. Sinflash jarayonida ajratilgan spektrli sinflar yer qoplami sinflariga jamlanishi mumkin. 1 dan *n* ga va *n* dan 1 ga bog‘lanishlar yer qoplami hamda yerdan foydalanish sinflarida mavjud bo‘la oladi.

Spektrli sinf	**Yer qoplami sinfi**	**Yerdan foydalanish sinfi**
suv	suv	Krivetka yetishtirish
O‘tloq 1	O‘tloq	Tabiiyqo‘riqxona
O‘tloq 2	O‘tloq	Tabiiyqo‘riqxona
O‘tloq 3	O‘tloq	Tabiiyqo‘riqxona
Bo‘shyer	Bo‘shyer	Tabiiyqo‘riqxona

Daraxtlar 1	O‘rmon	Tabiiy qo‘riqxona
Daraxtlar 2	O‘rmon	O‘rmon yetishtirish
Daraxtlar 3	O‘rmon	Shahar parki

Tasvirni sinflashdagi boshqa asosiy muammo va cheklov shundaki har bir piksel faqat bitta sinfga belgilanadi. Nisbatan kichik piksellarda bu muammo emas. Lekin, nisbatan katta piksellarda esa bir pikselning ichida bir nechta yer qoplami mavjud bo‘lishi mumkin. Natijada, pikselning spektrli qiymati piksel ichidagi mavjud yer qoplamlarining o‘rtacha qaytaruvchanligiga teng bo‘ladi. Standart sinflashda bu qaytaruvchanliklarni ajratib aniqlash inkoni yo‘q va piksel o‘sha sinflardan biriga yoki umuman boshqa sinfga belgilanadi. Bu holat odatda aralash piksel deb ataladi (7.15- rasm). Aralash piksellardagi bu muammo tasvirni sinflashda tabiiy: pikselni bir mavzuli sinfga belgilash. Buning yechimi turli yo‘llardan foydalanish, masalan, pikselni birdan ortiq sinflarga belgilash. Aralash piksellar haqidagi ushbu qisqacha ma’lumot ham munosib fazoviy imkoniyatga ega bo‘lgan ma’lumotlardan foydalanishning qanchalik muhimligini anglatadi.



7.15-rasm. Aralash piksellar: turli yer qoplami turlari bitta pikselga tushadi.

Nazorat savollari

1. Tasvirni sinflash deganda nimani tushunasiz?
2. Boshqariladigan sinflashni tushuntiring.
3. Boshqarilmaydigan sinflashni tushuntiring.
4. Boshqariladigan va boshqarilmaydigan sinflash orasida qanday farq bor?
5. Minimum masofali sinflash haqida tushuncha bering.
6. Spektrli qaytaruvchanlikni grafik tasvirlashni tushuntiring.
7. Maksimum o‘xshashlik sinflash qanday amalga oshiriladi.
8. Xatolik matritsasi nima?
9. Sinflashning xatolik matritsasi qanday baholanadi?
10. Sinflashda qanday muammolar yuz berishi mumkin?

8-bob. Masofadan zondlashning qo‘llanilishi

Yer uning atrofidagi bir nechta sun’iy yo‘ldoshlar tomonidan kuzatib turiladi hamda bu sun’iy yo‘ldoshlar yer yuzasi va muhiti to‘g‘risidagi tasvirli ma’lumotlar yig‘adi. Samolyotlar ham masofadan zondlashda foydalaniladi va ayrim sensorlar yerda turib ishlatiladi, bu esa masofadan zondlashni ko‘p maqsadli usul ekanligini bildiradi. Masofadan zondlashda bir xil ma’lumot turli vazifalarni amalga oshirishda turli yo‘llar bilan tahlil qilinadi. Masofadan zondlash qo‘llaniladigan soha sifatida qishloq xo‘jaligi, geologiya, arxeologiya, okeaonografiya va arxitekturani misol qilib keltirishimiz mumkin.

Masofadan zondlash texnikasi juda ko‘p sohalarda foydalaniladi. Bu soha juda tez rivojanmoqda, shuningdek juda ko‘p sohalarda sinalib ijobiy natijaga erishilgan va kelajakda ham juda ko‘p sohalarda qo‘llaniladi. Masofadan zondlash texnikasi yer va suv resurslarini boshqarish hamda atmosferik jarayonlardagi muammolarni hal etishda keng foydalaniladi.

Ushbu bobda biz masofadan zondlash qo‘llaniladigan ayrim sohalarini ko‘rib chiqamiz.

8.1.Yer qoplami va yerdan foydalanish

“Yer qoplami” va “Yerdan foydalanish” atamalari ko‘p hollarda bir-biri bilan almashtirib ishlatiladi, lekin aslida ular alohida ma’noga ega. Ikkala atamani farqlash juda ahamiyatlidir.

Yer qoplami kartasini tuzishda masofadan zondlashdan keng foydalaniladi. Yer qoplami deganda yer yuzasining fizik sharoiti, masalan o‘rmonlar, o‘simliklar va hokazolar tushuniladi. Bunda yerdan foydalanish inson faoliyatiga ta’sir ko‘rsatadi; industrial zonalar, turar joy hududlar, qishloq xo‘jaligi maydonlari va boshqalar. Yer qoplami yer yuzasidagi tabiiy, yarim-tabiiy, boshqarilgan yoki insoniyat yaratgan obyektlarni anglatadi. Bu obyektlarni esa masofadan zondlash yordamida kuzatish imkoniyati mavjud. Yerdan foydalanish, yerdagi faoliyatlar

yoki yerdan foydalanish holatidan kelib chiqqan holda yerlarni turar joy, industrial, tijorat, qishloq xo‘jaligi, rekreatsion, shahar, qishloq va hokazolar bo‘yicha sinflashtirishni anglatadi. Yerdan foydalanish haqidagi xulosa yoki yechimlar odatda yer qoplamidan kelib chiqadi. Yer qoplamini monitoring qilishning asosida tabiiy va inson tomonidan yaratilgan resurslarning holatini davomiy kuzatish turadi, chunki bu resurslar vaqt o‘tishi bilan ozgaradi. Yerdan foydalanish deganda insonning yerdan foydalanishi tushuniladi, shuning uchun har qanday joydagi yerdan foydalanishning o‘zgarishi deganda foydalanishning boshqa turga o‘tishi nazarda tutiladi, masalan yer uchastkasining qishloq xo‘jaligidan aholi yashash joylariga o‘zgarishi. Yer qoplami deganda yerning fizik jihati, ya’ni yer maydoni, vegetatsiya turi, suv va yer materiallari tushuniladi.

Umuman olganda, yer qoplami yerdan foydalanish bilan muvofiq kelmaydi. Yerdan foydalanish sinfi bir nechta yer qoplamlaridan tashkil topgan, masalan, aholi yashash joylari yerdan foydalanish sinfi nafaqat qurilishlar, balki vegetatsiya sinfi, suv sinfi va boshqa sinflarni ham o‘z ichiga oladi. Masofadan zondlash axborotlari yerdan foydalanish ma’lumoti emas, balki ular yer qoplami haqidagi ma’lumot bilan ta’minlaydi.

Yer qoplamini aniqlash, tasvirlash va kartalashtirish global monitoring tadqiqotlari, resurslarni boshqarish va rejalashtirish ishlarini olib borishda muhim hisoblanadi. Yer qoplamini aniqlash monitoring ishlarini bajarish uchun asos yaratadi va tematik kartalarning asosi uchun yer qoplami haqidagi ma’lumotlar bilan ta’minlaydi.

Yerdan foydalanishni qo‘llash asos karta va ketma-ket monitoringni o‘z ichiga oladi, o‘z vaqtida olingan ma’lumotda hozirgi kundagi yer maydonining holati va vaqt o‘tishi bilan yerdan foydalanishdagi o‘zgarishlar haqidagi bilimlar talab qilinadi. Bu bilimlar tabiatdagi muvozanatni saqlash, yerdan foydalanishdagi konfliktlarni va rivojlanishdagi bosimlarni bartaraf qilish uchun strategiyalar ishlab chiqishda yordam beradi. Yerdan foydalanishdagi tadqiqotlarning rivojlanishiga

unumdor yerlarning yo‘qolib ketishi yoki kamayishi, shaharlarning kattalashishi va o‘rmonzorlarning qisqarishi sabab bo‘lmoqda.

Yer qoplami va yerdan foydalanish tadqiqotlari tabiatan ko‘pprofilli va bu ish uchun jalb qilinganlar xalqaro miqyosdagi tabiatni saqlash tashkilotlaridan boshlab davlat miqiyosidagi tadqiqotlar va o‘rmonchilik tashkilotlarigacha qamrab olingan. Regional davlat agentliklari o‘zlarining regionlaridagi tabiiy resurslarni boshqarishi uchun yer qoplamini inventarizatsiya qilish va yerdan foydalanishni monitoring qilishga doimiy zaruriyati mavjud. Yer resurslari, yer qoplami va yerdan foydalanishni barqaror boshqarishga ko‘maklashish bilan birga bu ma’lumotlar rejalashtirish, monitoring qilish, rivojlanishni baholash, industriya va melioratsiyalashda ham ishlatiladi. Yer qoplamidagi o‘zgarishlar haqida ma’lumot olish mahalliy yoki regional klimatik sharoitlardagi almashinuvlar haqida ma’lumotlarni keltirib chiqaradi. Yer qoplamidagi o‘zgarishlar atrof muhitni monitoring qiluvchi tadqiqotchilar, tabiatni muhofaza qilish tashkilotlari va hokimiyat organlari tomonidan tekshiriladi, tekshirishdan maqsad soliqlarni baholash yoki vegetatsiyani kartalashtirish kabi faoliyatlarni nazorat qilishdan iborat. Davlatlar milliy resurslarni muhofaza qilish va aholi o‘rtasidagi yerdan foydalanishdagi nozik konfliktlar kabi masalalarni hal qilishda yer qoplamini monitoring qilish muhim rol o‘ynaydi.

Quyida masofadan zondlash qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan yerdan foydalanish turlarining ayrimlarini keltirib o‘tamiz:

- Tabiiy resurslarni boshqarish;
- Atrof muhitni muhofaza qilish;
- Geografik axborot tizimiga kiritish uchun asos kartani yaratish;
- Shaharlarni kengayishini monitoring qilish;
- Ko‘rilgan zarar tasvirini yaratish (tornado, suv toshqini, vulqon, seysmik, yong‘in va terrorchilik holatlarida);

- Soliq va ko‘chmas mulkni baholash uchun zarur bo‘lgan qonuniy chegaralarni aniqlash;

- Mo‘ljalni olish – qo‘nish yo‘laklarini, yo‘llar, ko‘priklar hamda yer va suv yuzalarini aniqlash.

8.2. Yer qoplami va yerdan foydalanishning o‘zgarishi

Aholi sonining o‘sishi va iqtisodiyotning qishloq xo‘jaligidan boshqa sohaga o‘tayotganligi munosabati bilan shaharlar kengayib bormoqda. Shaharlarning kengayishi qishloq xo‘jaligi va hosildor o‘rmonzorlarning yerlarini buzilishiga olib keladi. Shaharlarning o‘sishi industrializatsiya (rivojlanish)ning ko‘rsatkichidir va regionning atrof-muhitiga salbiy ta’sir qiladi.

Yerdan foydalanishning qishloq joydan shahar joyga o‘zgarishi aholi sonining o‘sishini baholash, shaharlarning kengayishini bashorat qilish va rejalashtirish hamda atrof-muhitga ta’sir etadigan xavflarni kuzatish imkoniyatini beradi. Qochoqlar joylashgan vaqtincha joylar va chodirlar monitoring qilinib aholining soni va zichligi aniqlanadi.

Rivojlanayotgan davlatlarning aksariyat qismida aholi haqida ishonchli ma’lumotlar bazasi mavjud emas va yuqori imkoniyatga ega tasvirlar interpretatsiya qilinib turar joylarning zichligini baholash mumkin. Tasvirdagi namunaviy maydonlardagi turar joylarning zichligini hisoblash orqali undagi boshqa o‘xshash joylarning ham turar joy zichligini ishonchli baholash mumkin. Agar o‘rtacha oila a’zolar soni haqida ma’lumotga ega bo‘lsak, bu aholi soni zichligini aniqlash imkoniyatini beradi.

Yuqori imkoniyatga ega tasvirlar transport tizimlarini o‘rganishda foydalaniladi, bu tasvirlar transport vositasining turini aniqlash, transport harakat oqimini baholash, shahar ko‘chalaridagi avtomobil to‘xtash joylari bilan bog‘liq muammolarini hal qilish, to‘xtash joylaridan foydalanishni baholash, hattoki avtomobil vositalarini asosiy yo‘llardagi tezligini aniqlashda qo‘llaniladi.

Rivojlanish va infrastrukturadan noto‘g‘ri foydalanish oqibatida qishloq xo‘jaligiga yo‘naltirilgan yerlarning buzilib ketishi, hamda yerlarning degradatsiyaga uchrashining oldini olish uchun shahar atrofidagi qishloq xo‘jalik yerlarini tahlil qilish muhim ahamiyatga ega.

Hokimiyat binolarni qonunga muvofiq qurilganligini aniqlashda va noqonuniy qurilgan binolarni qonunga muvofiq qurilishini ta’minlashda tasvirlardan foydalanadi. Aksariyat hokimiyat organlari qurilishni amalga oshirish uchun ruxsatnoma talab qiladi. Aerosuratlar yoki yuqori imkoniyatga ega bo‘lgan sun’iy yo‘ldosh tasvirlaridan yangi qurilayotgan qurilishlar aniqlanishi mumkin va ushbu qurilishga ruxsatnoma berilganligini tekshirish mumkin bo‘ladi. Bu jarayon uchun 1:5000 kabi katta masshtabtagi tasvirlar kerak bo‘ladi.

Masofadan zondlash tasvirlari biznesni yuritish uchun va aholi ehtiyojlari uchun maktab, yong‘in xavfsizligi stansiyalari yoki kutubxonalarni joylashtirishda foydalaniladi. Biznes yoki aholi ehtiyojlari uchun muassasalar qurishga joy tanlashda zarur me’zonlar belgilanadi, tasvir interpretatsiya qilinib loyiha talablariga javob beradigan joy aniqlanadi. Bunda oldinga qo‘yilgan vazifa rivojlanish imkoniyati bo‘lmagan joylarni aniqlashdan iborat. Bu joylar qiyaliklar, organik tuproqlar, botqoqlik, daryolar va qirg‘oqlar atrofidagi zonalar, qirlarning tepa qismi, ekologik jihatdan nozik joylar, yerdan foydalanishda kelishmovchilik bo‘lgan joylar, qishloq xo‘jaligiga yaroqli yerlar, shag‘al yerlarni o‘z ichiga olishi mumkin. Tajribali tahlilchi tasvirdagi bu joylarni tezda aniqlaydi.

Masofadan zondlash tizimi ko‘p davriy tahlillar orqali shaharlarning rivojlanish istiqbollari haqidagi ma’lumotlar bilan ta’minlaydi. Qishloq joylarida yerdan foydalanishning shahar joylarida yerdan foydalanishga o‘zgarishining kartasini tuzishdagi asosiy element qishloq joylari (qishloq xo‘jaligi yerlari va o‘rmonzorlar) hamda shahar joylari (aholi yashash joylari, savdo va dam olish joylari) dagi yerdan foydalanishni farqlay olish. Masofadan zondlash katta maydondagi yerdan foydalanish turlarini amaliy, iqtisodiy va takroriy usulda sinflashtirishda qo‘llaniladi.

Odatda ikki xil vaqtda tushirilgan ikkita tasvirni taqqoslab yoki eski karta va yangilangan masofadan zondlash tasvirini taqqoslab joylardagi o‘zgarishlar aniqlanadi. O‘zgarishni aniqlash (change detection) usuli quyida keltirilgan ikkita toifaga bo‘linadi:

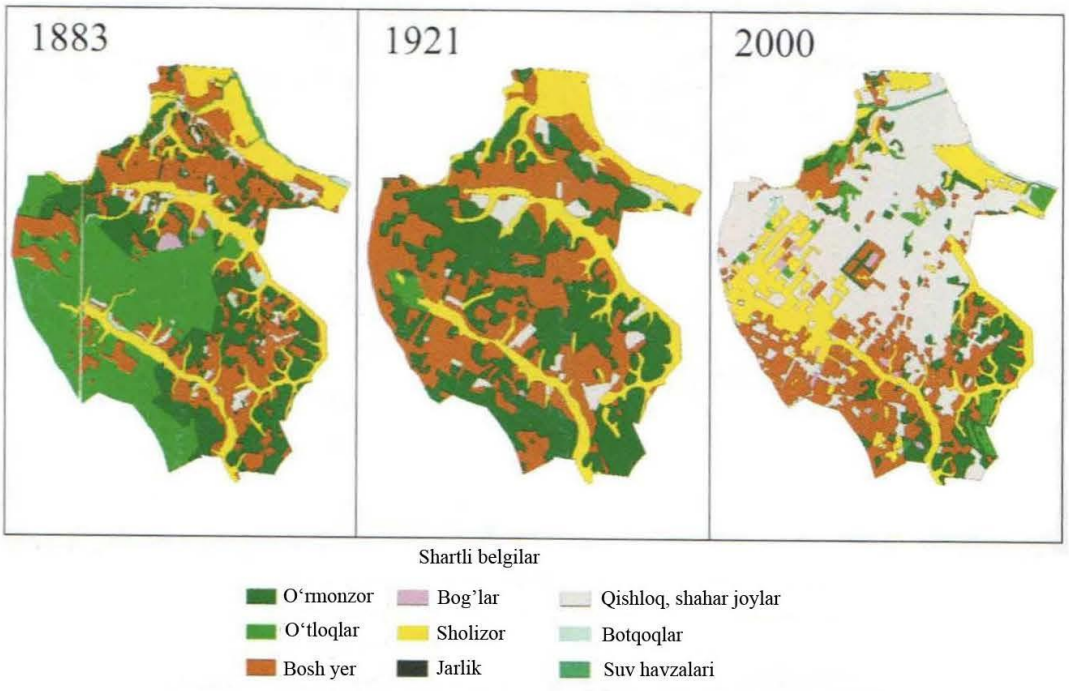
1. Alohida ishlab chiqilgan ikkita yer qoplami kartasi orasidagi farqni taqqoslash;

2. Ikkita tasvirni birlashtirish orqali kuchaytirishni o‘zgartirib (change enhancement) ranglarni aralashtirish

Yer qoplamini o‘zgarishi ham ikki toifaga bo‘linadi:

3. Mavsumiy o‘zgarish, masalan qishloq xo‘jalik yerlari va bargli o‘rmonlarda mavsumiy o‘zgarish sodir bo‘ladi.

4. Yillik o‘zgarish (yil davomida yuz beradigan o‘zgarish), masalan o‘rmonlar kesilgan maydonlar yoki yangi qurilgan shaharchalar.



8.1-rasm. Vaqt o‘tishi bilan yerdan foydalanish va yer qoplamining o‘zgarishi(Manba: 6 adabiyot).

Odatda mavsumiy o‘zgarish va yillik o‘zgarish tasvirda aralash ko‘rinishda bo‘ladi. Yillik o‘zgarishni aniqlashda haqiqiy o‘zgarish aniqlanishi lozim, buning uchun mavsumiy o‘zgarishni yo‘qotish maqsadida bir mavsumning turli paytida olingan ikkita tasvir tanlanadi. Lekin, mavsumiy o‘zgarish murakkab bo‘lishi mumkinligi inobatga olinishi kerak. 8.1-rasmda yil davomida ma’lum bir joyning yerdan foydalanish va yer qoplamining o‘zgarishi tasvirlangan.

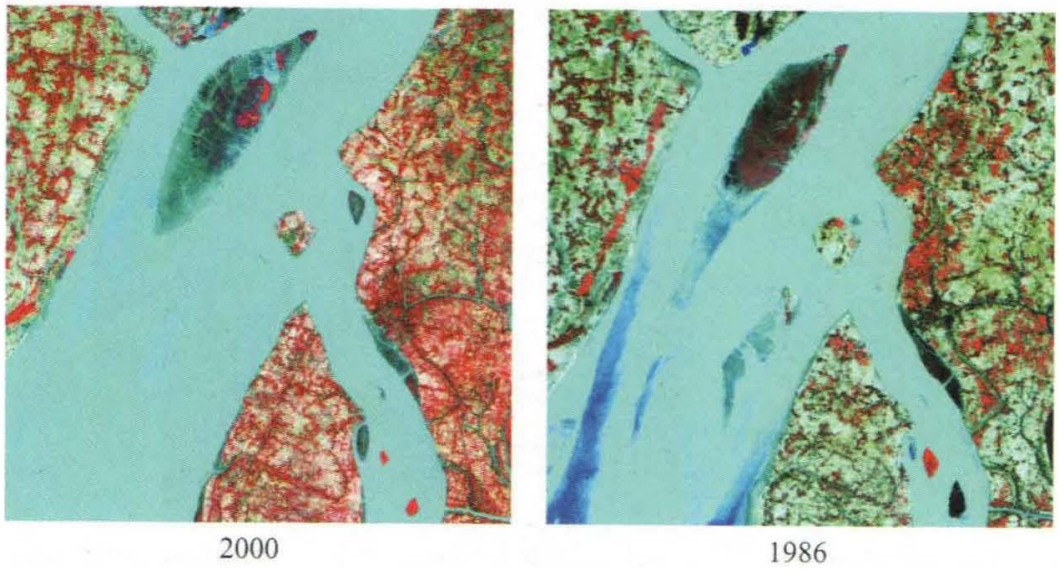
Yerdan foydalanishdagi o‘zgarishni aniqlash va karta tuzishda batafsil ma’lumot olish uchun yuqori imkoniyatga ega bo‘lgan tasvirlar va yerdan foydalanishning turli sinflarini yaxshi farqlash uchun ko‘p spektrli optik ma’lumotlar talab qilinadi.

Yerdan foydalanishni tahlil qilishda spektrning ko‘rinuvchi va infraqizil oraliqlarida ishlaydigan sensorlar eng foydali ma’lumotlar manbai hisoblanadi. Shaharlardagi aksariyat obyektlar radar va boshqa tasvirga olish qurilmalari orqali aniqlanadi (yuqori qaytarish imkoniyati bo‘lganligi uchun), yuqori imkoniyatga ega bo‘lgan ko‘rinuvchi va yaqin-infraqizil ma’lumotlar ajratish qiyin bo‘lgan yer qoplami va yerdan foydalanish sinflarini ajratish imkoniyatini beradi. Bu esa shahar chetlari va qishloq joylardagi yerdan foydalanish haqida ishonchli ma’lumot olish imkoniyatini beradi. Qish mavsumida olingan optik tasvirlardan shaharlarni taxminiy tasvirlashda foydalaniladi. Shaharlar tekis qor bilan qoplangan maydonlardan butunlay farqli ko‘rinadi.

Tasvirga olish geometriyasining antropogen obyektlarni (masalan bino-inshootlarning burchaklarining qaytarishi natijasida) kuchaytirib ko‘rsatish imkoniyati tufayli radar sensorlari ham shahar va qishloqlarni tasvirlashda qo‘llaniladi.

8.2.1. Yer qoplamining kartasini tuzish

Yer qoplamining kartasini tuzish dunyodagi barcha xususiy korxonalar, atrof muhit agentliklari va hokimiyat organlari uchun yer resurslarini inventarizatsiya qilishda asos hisoblanadi. Masofadan zondlash mintaqaviy yoki mahalliy masshtabdagi yer qoplami ma'lumotlarini o'z vaqtida olishda va taqdim etishda muhim rol o'ynaydi (8.2-rasm). Yer qoplami ekin turlari, muzlik va qordan tortib tundra, o'rmonzor va lalmikor yerlarni o'z ichiga oladi.



8.2-rasm. Ganga daryosi qirg'og'idagi yer qoplamining o'zgarishi (Manba: 6 adabiyot).

Yer resurslarining inventarizatsiyasi haqidagi ma'lumotlar kerak bo'lgan har bir tashkilot hududiy yer qoplamining kartasini tuzishni amalga oshiradi va kelajakda bu karta yerlarni boshqarishda asos bo'lib xizmat qiladi.

Masofadan zondlash texnologiyasi hududiy yer qoplami haqidagi ma'lumotlarni o'z vaqtida olishda amaliyotda ko'p qo'llaniladigan va iqtisodiy tejamkor tizimdir. O'simliklarning o'sish davrida yuz beradigan o'zgarishlar masalan, xlorofill tarkibdagi o'zgarishlar (VNIR–ko'rinuvchi va yaqininfraqizil

orqali) yoki tuzilishdagi o‘zgarishlar (radar orqali) masofadan zondlash ma’lumotlarida yozib olinadi. Hududiy kartalashda katta maydondagi davomiy fazoviy qoplanish talab qilinadi. Nuqtalarga asoslangan ma’lumotlarda hududiy o‘zgarishlarni yozib olish murakkab vazifadir. Masofadan zondlash esa bu vazifani amalga oshiradi va yer qoplamini to‘g‘ri sinflashda ko‘ptispektrli, ko‘pmanbali va ko‘pdavriy ma’lumotlar bilan ta’minlaydi.

O‘simliklarni mintaqaviy va global masshtabda o‘rganishga 1 km imkoniyatdagi ma’lumotlar munosib hisoblanadi, chunki bu ma’lumotlarni saqlash uchun kamroq joy va qayta ishlash uchun kam kuch talab qilinadi. Katta maydonlarda loyihalar olib borilganda bu parametrlar muhim ahamiyat kasb etadi. Qo‘yilgan talablar albatta ma’lumotni qo‘llanilish doirasiga bog‘liq. Masalan, botqoqliklarni kartalashtirishda yuqori imkoniyat va ma’lumot olish davri talab qilinadi.

Hududiy syomka qilish uchun qoplanish talabi juda kattadir. Yuqori imkoniyatni saqlab qolgan holda katta maydonlarni qoplashning bir yo‘li joyning mozaikasini yaratish hisoblanadi.

Yer qoplami vaqt bilan bog‘liqdir. Ekin turlarini aniqlash ekinlarni gullaydigan kunlarida tasvirga olishni talab qiladi. Ko‘pdavriy ma’lumotlar o‘sish davridagi o‘zgarishlarni yozib olishda afzalroq hisoblanadi. Bu ma’lumotlar o‘simlik turlarining o‘sish xususiyatlariga asoslanib aniqroq ajratib olish uchun sinflashtirish jarayonida foydalaniladi.

8.3. Qishloq xo‘jaligi

Qishloq xo‘jaligi rivojlangan va rivojlanayotgan davlatlarning iqtisodiyotida asosiy rol o‘ynaydi. Qishloq xo‘jaligi iqtisodiy tomondan kuchli mamlakatlarning mustahkam ishlab chiqarish vositasi yoki qoloq va ko‘p aholiga ega mamlakatlarning yashash vositasidir, u deyarli barcha millatlarning iqtisodiyotida juda katta rol o‘ynaydi. Oziq-ovqat mahsulotlarini ishlab chiqarish hamma uchun muhim ahamiyatga ega hamda oziq ovqat mahsulotlarini iqtisodiy tejamkorlik

bilan ishlab chiqarish har bir fermer, fermerlar uyushmasi raisi va hududiy qishloq xo‘jalik agentliklarining maqsadidir. Fermer xo‘jaligining samaradorligi hamda mahsulot to‘g‘risida bilim va ma’lumotga ega bo‘lishi fermerlik faoliyatining strategiyasidir.

Masofadan zondlash texnologiyasi ekinlarning sog‘lomligi, parazitlarning tarqalishi, zararning ko‘payishi, hosildorlik imkoniyatlari va tuproq sharoitlarini aniqlashda katta yordam beradi. Maxsulot brokerlari ham fermerlarning ishlab chiqarish maxsulotlari bilan qiziqadi, chunki maxsulotning sifat va miqdori barcha mahsulotning jahon bozoridagi narxini baholaydi.

Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va aerosuratlar ekinlarni sinflashtirish, ularning sog‘lomligi va yaroqliligini tekshirish hamda fermerlik faoliyatni monitoring qilishda kartalashtirish quroli sifatida foydalaniladi. Qishloq xo‘jaligida masofadan zondlash quyidagi ishlarni amalga oshirishda qo‘llaniladi:

- Ekin turini sinflash;
- Ekin holatini baholash;
- Ekin hosilini baholash;
- Tuproq xususiyatlarini kartalashtirish;
- Tuproqlarni boshqarish amaliyotlarini kartalashtirish;
- Muvofiqlikni monitoring qilish (fermer xo‘jaligi ishlarida).

8.3.1. Ekin turlarini kartalashtirish

Ekin turlarini aniqlash va kartalashtirish bir nechta sabablarga ko‘ra muhim sanaladi. Ekin turlarining kartasi davlat qishloq xo‘jalik agentliklari, sug‘urta kompaniyalari va hududiy qishloq xo‘jalik korxonalari tomonidan yaratiladi. Bundan maqsad, ma’lum bir yer maydonida qachon nima yetishtirilganligining ro‘yxatini tuzishdan iborat. Bu o‘z navbatida hosilni bashorat qilish, almashlab

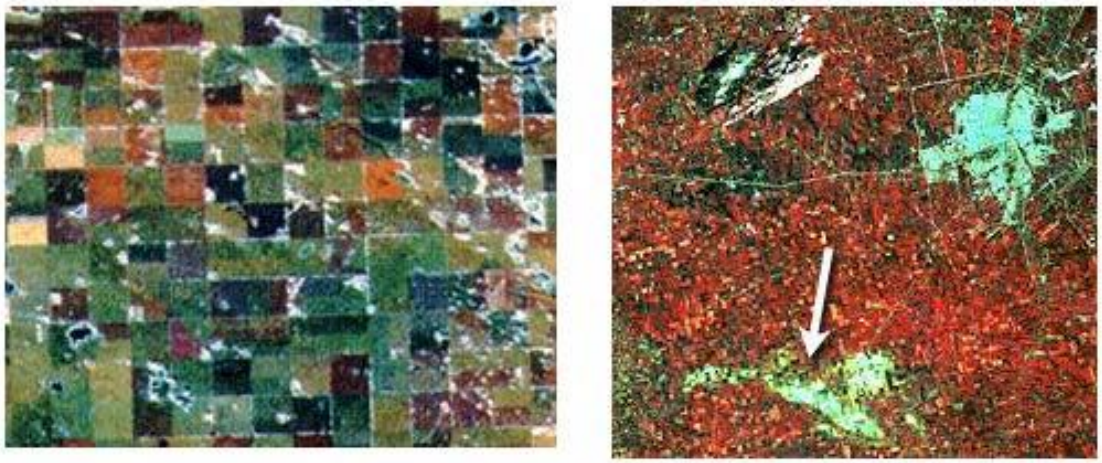
ekishni tashkil etish, tuproq unumdorligini kartalashtirish, ekinlarning zararlanishiga ta'sir etuvchi omillarni aniqlash, ekinlarning qurg'oqchilik yoki kuchli yog'ingarchilikdan ko'rgan zararini baholash va fermerlik faoliyatlarini monitoring qilishda xizmat qiladi.

Ekin turlarini aniqlash va maydonlarini chegaralash asosiy vazifalardan biri hisoblanadi. Bu ma'lumotlarni olishning an'anaviy usullari ma'lumot yig'ish va yerda kuzatish hisoblanadi. Shuningdek, masofadan zondlash o'lchamlarni standartlashtirish maqsadida, ayniqsa bir nechta mamlakatlarda joylashgan agentliklarga umumiy ma'lumot yig'ish va ma'lumot ajratib olish strategiyalari bilan ta'minlaydi.

Masofadan zondlash ekin turi va maydonini kartalashtirish uchun talab qilinadigan ma'lumotni yig'ishda samarali va ishonchli vositadir. Masofadan zondlash yerning katta maydonini kichik tasvirda ko'rinishi va vegetatsiyaning sog'lomligi haqidagi ma'lumot bilan ta'minlaydi. Daladagi o'simliklarning o'sishi, turi va ularning sog'lomligining o'zgarishi bilan ularning spektrli qaytaruvchanligi ham o'zgaradi va o'zgarish ko'p spektrli sensorlar yordamida o'lchanadi va kuzatiladi. Radar o'simlikning tuzilmasi va tarkibidagi namlikni sezishga qodir, shuningdek u optik axborot uchun foydali ma'lumot bilan ta'minlaydi. Bu ikki turdagi sensorlardagi ma'lumotlarni birlashtirish har bir sensorning mo'ljallangan sinflarni va signaturalarni ajratib olish imkoniyatini oshiradi, shuning uchun unda aniqroq sinflashtirishni amalga oshirish imkoniyati kattaroq.

Ekin turlarini aniqlash va kartalashtirishda ko'pdavriy tasvirlardan foydalaniladi, sinflashtirishda o'simlikning o'sishi mobaynida uning qaytaruvchanligining o'zgarishi hisobga olinadi. Bu o'z navbatida o'sish mavsumida takroriy tasvirga olish uchun kalibrlangan sensorlarni talab qiladi. Masalan, kanola o'simligini gullagan paytida aniqlash osonroq, chunki spektrli qaytaruvchanligining o'zgarishi gullash paytiga to'g'ri keladi.

Ko‘psensorli ma’lumotlar undagi ko‘p hajmdagi axborotlari yordamida sinflashtirish aniqligini oshirishi bilan yagona sensorga qaraganda foydaliroqdir (8.3-rasm).



8.3-rasm. (a) Ekin turi va (b) zararlangan ekinlarni aniqlash uchun Landsat-TM va SAR ma’lumotlari birlashtirilgan (Manba: 6 adabiyot).

Ko‘rinuvchi va infraqizil sezish o‘simliklarni xlorofill tarkibi hamda kanop tuzilmasi haqida axborot beradi, radar esa o‘simlikning tuzilmasi va namligi haqida axborot beradi. Doimiy bulut yoki tuman bilan qoplangan joylarda radar sezish imkoniyatining faolligi va uzun to‘lqin uzunligi bilan ekinlarni kuzatish va farqlashda juda yaxshi natija beradi, u atmosferadagi suv bug‘laridan o‘tish imkoniyatiga ega.

8.3.2. Ekinlarni monitoring qilish va ekinlarga yetkazilgan zararni baholash

Ekinlar sog‘lomligi va ularning zararlanganligini aniqlash qishloq xo‘jaligining hosildorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Suv tanqisligi, hasharotlar, zamburug‘lar, zararkunandalar kabi ekinlarning hosildorligini kamaytiruvchi omillar o‘z vaqtida aniqlanishi kerak, shundagina fermerlar kutilayotgan zararning oldini olishi mumkin. Bu jarayon masofadan zondlash tasvirlari bilan tez-tez (kamida haftalik) ta’minlanishni talab qiladi. Shuningdek, odatda ekinlar dala bo‘ylab bir tekis o‘smaydi va natijada hosildorlik bir joydan

boshqa joyga farq qiladi. Ekinlarning o‘sishidagi bu farq tuproq tarkibidagi ozuqalarning yetishmasligi yoki boshqa omillar sababli sodir bo‘lishi mumkin. Masofadan zondlash fermerlarga daladagi ekinlarda yuz berayotgan muammolarni aniqlash va bu ekinlarni kerakli ozuqalar, pestitsid va gerbitsid bilan ta’minlash imkoniyatini yaratadi. Bu usul bilan fermer nafaqat yerning hosildorligini oshiradi balki moliyaviy tejamkorlikka erishadi va atrof muhitga bo‘lgan ta’sirni kamaytiradi.

Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini narxlash va sotish bilan shug‘ullanadigan va dalaga bir marta ham qadam bosmagan tadbirkorlar ko‘pchilikni tashkil etadi. Ularga dunyo bo‘ylab mahsulotlarning sog‘lomligi haqida ma’lumot kerak va bu asosda ular mahsulotga narx qo‘yadi, yoki savdo shartnomalarini tuzadi. Bu tadbirkorlarning ko‘pchiligi o‘sishni taqqoslash uchun hosilni baholash indeksi yoki yillar davomidagi hosildorlikdan foydalanadi va shu orqali qaysi davlatning qishloq xo‘jaligi qay darajada yaxshi ekanligini aniqlaydi. Bu kabi ma’lumotlardan kelajakda yuz berishi mumkin bo‘lgan muammolarni hal etishda foydalaniladi.

Ekinlarning sog‘lomligini monitoring qilish uchun masofadan zondlashda bir nechta atributlar mavjud. Optik masofadan zondlashning afzalliklaridan biri u ko‘rinuvchi va infraqizil to‘lqin uzunliklarini ko‘ra oladi, bu to‘lqin uzunliklari esa ekinlarning o‘sish jadalligi, ulardagi kamchiliklar va zararni yuqori darajada sezish imkoniyatiga ega (8.3-b rasm). Masofadan zondlash tasvirlarida yerning fazoviy ko‘rinishi tasvirlanadi. Bugungi kundagi texnologiyalar fermerga dala tasvirini olish va ekinlarni to‘g‘ri boshqarish uchun o‘z vaqtida qaror qabul qilish imkoniyatini bermoqda. Masofadan zondlash ekinlarga ta’sir etayotgan qurg‘oqchilik, haddan ziyod namgarchilik, hasharot bosib ketishi, yovvoyi o‘tlarning ko‘payib ketishi, yoki ob-havo bilan bog‘liq bo‘lgan omillarni aniqlashga yordam bermoqda. Tasvirlardan ekinlarning o‘sish davrida yuz berishi mumkin bo‘lgan nafaqat muammolarni balki olib borilayotgan muolajalarning samaradorligini ham aniqlash imkoniyatini beradi.

Sog‘lom o‘simliklarning tarkibida ko‘p miqdorda xlorofill bo‘ladi, bunga sabab uning ajralib turadigan yashil rangidadir. Sog‘lom o‘simliklarda spektrning ko‘k va qizil qismlaridagi qaytaruvchanlik past darajada chunki xlorofill bu energiyani yutadi. Aksincha, yashil va yaqin-infraqizil spektr oralig‘ida qaytaruvchanlik yuqori. Ta’sirga uchragan yoki zararlangan ekinlarning xlorofill tarkibi kamayadi va barglarining ichki tuzilmasi o‘zgaradi. Xlorofill tarkibning kamayishi yashil oraliqdagi qaytaruvchanlikning kamayishiga va barglarning ichki tuzilmasiningo‘zgarishi, yaqin infra-qizil qaytaruvchanlikning kamayishiga olib keladi. Bu yashil va infraqizil qaytaruvchanlikning kamayishi ekinlarda bo‘layotgan salbiy o‘zgarishlarni aniqlash imkoniyatini beradi. Qaytgan infraqizildan qizil to‘lqin uzunliklarigacha mutanosiblikni tahlil qilish o‘simliklar sog‘lomligini aniqlashning eng yaxshi usulidir. Bu Vegetatsiya Farqining Me’yorlashtirilgan Indeksi (NDVI) kabi vegetatsiya indekslarning asosi hisoblanadi. Sog‘lom o‘simliklar yuqori infraqizil yorug‘lik qaytaruvchanligi sababli yuqori NDVI indeksga ega va qizil yorug‘likka nisbatan past qaytaruvchan. Bunga sug‘orilgan va sug‘orilmagan ekinlarni misol qilib olish mumkin. Haqiqiy rang bilan tasvirlangan tasvirda sug‘orilgan ekinlar yorug‘ yashil bo‘lib ko‘rinadi. Qoramtir joylar kam vegetatsiyadan iborat quruq yaylovlar. Infraqizil rangdan iborat tasvirda infraqizil qaytaruvchanlik qizilda tasvirlansa sog‘lom vegetatsiya yorug‘ qizil bo‘lib ko‘rinadi, yaylovlar esa kamroq qaytaruvchan bo‘lib ko‘rinadi.

Masofadan zondlash orqali bir dalada joylashgan ekinlardagi o‘zgaruvchan o‘sishni ham kuzatish mumkin. Sog‘lom ekin maydonlar bir xil yorug‘ rangda ko‘rinadi, zararlangan ekinlar esa sog‘lom ekinlarga nisbatan qoramtirroq rangda ko‘rinadi. Agar ma’lumot geobog‘lansa va bizda GPS asbobi bo‘lsa, biz mahalliy koordinata bilan tasvir koordinatasini moslashtirib muammo bor joyni juda tez aniqlashimiz mumkin.

Ekinlarga yetkazilgan zararni va ekinlar sog‘lomligini monitoring qilish yuqori imkoniyatga ega bo‘lgan ko‘p spektrli tasvirlarni talab qiladi. Tasvirlarni fermerlar uchun foydali qilib yaratishning omillaridan biri ekinlar tog‘risida

ma'lumot olishdan axborot yetkazishgacha bo'lgan vaqtning tezligi bilan bog'liq. Ekinlarning ikki haftadan keyingi holatini aks etgan tasvirlar olinsa bu ma'lumot ko'rilgan zararni o'z vaqtida olidini olishda yordam bera olmaydi. Shuning uchun, ekinlarning o'sish mavsumidagi ma'lum vaqt mobaynida tez-tez olingan tasvirlari talab qilinadi.

Masofadan zondlash fermerlar tomonidan dalada bajarilgan monitoring ma'lumotini o'rnini bosa olmaydi, lekin u fermerlarni shoshilinch e'tibor kerak bo'lgan joylarga yo'naltira oladi.

8.4. O'rmonchilikda qo'llanilishi

O'rmonlar insoniyat uchun kerak bo'lgan yog'och, yo'qilg'i, toza havo, dam olish va boshqa maqsadlarda foydalanishda juda muhim global resurs hisoblanadi. Undan tashqari ular millionlab o'simlik va hayvonot turlari uchun tabiiy yashash joyi bo'lib xizmat qiladi. O'rmonchilikda masofadan zondlash keng qamrovda foydalaniladi. Odatda o'rmonlar haqida ma'lumot olish uchun bir guruh olimlar va mutaxassislar o'rmonlarga jo'natilib ayrim maydonlardan namunalar olingan.

Tropik yomg'irli o'rmonlar esa juda xilma-xil biologik o'simliklarga atrof muhit o'zgarishiga moslashish va yashash uchun joy hisoblanadi. Shuningdek, bu xilma-xillik dorishunoslikda muhim hisoblangan bir qancha hayvonot turlari uchun yashah joydir. O'rmonlarni boshqarishning asosiy vazifasi yong'in va zararkunandalar kabi tabiiy hodisalar yoki kesish, yoqilg'i sifatida foydalanish va boshqa yer toifasiga o'tkazish kabi inson faoliyati tufayli o'rmonlarni qisqarishi hamda tijoratda foydalanish va saqlash uchun o'rmonlar sog'lomligi va o'sishini monitoring qilishni o'z ichiga oladi.

Insonlar o'rmonlarning mahsulotlaridan foydalanishadi, ulardan yog'ochlar olish global masshtabda keng tarqalgan va tarixiy faoliyatdir. O'rmon resurslarining qisqarishi iqlim, tuproq unumdorligi va bioxilmaxillikni saqlash, hamda gidrologik tartibga katta ta'sir etadi va bu atrof-muhitni monitoring qilish zaruriyatini belgilaydi. Tabiiy va yovvoyi o'rmonlarning saqlanishiga bosim

ortmoqda hamda o‘rmonlardan nobarqaror foydalanish oqibatida o‘rmonlarni kesish chegaralanmoqda, shuning uchun yog‘och bilan ta’minlashga ixtisoslashgan korxonalar o‘rmonlardan foydalanishda foydalilik, tejamkorlik va barqarorlikka amal qilishlari shart. Tijorat korxonalari aholining o‘sishiga mos holda yog‘och bilan ta’minlashlari uchun o‘rmonlarni sog‘lom saqlash va kesilgan joylarga qayta ekish kabi tadbirlarni amalga oshirishlari kerak.

Bundan tashqari, o‘rmonlarning qisqarishiga tijorat bilan bog‘liq bo‘lmagan manbalar ham mavjud bo‘lib, ularga o‘rmonzor maydonlarini qishloq xo‘jaligida foydalanish uchun o‘zgartirish, shaharlarni kattalashishi, qurg‘oqchilik, cho‘llarning kengayishi, yer osti suvlarining kamayishi, hasharotlar bilan zararlanish, kasallik, yong‘in va boshqa tabiiy hodisalar kiradi. Yerdan boshqa maqsadlarda foydalanish maqsadida o‘rmonlar yondirilmoqda va kesilmoqda. Bu nafaqat bioxilmaxillikka boy o‘rmonlarni qisqarishiga sabab bo‘lmoqda, balki, mahalliy va hududiy gidrologik tartibga ta’sir etmoqda, daraxtlarni yoqqanda chiqadigan tutun atmosferani ifloslantirmoqda.

Bizga ma’lumki o‘rmonlarni saqlash va ulardan barqaror foydalanishda daraxtlarning sog‘lomligini monitoring qilish juda jiddiy masala hisoblanadi. Ayrim turdagi kamyob daraxt turlarining qirg‘oqlarda kamayishi, soya beradigan daraxtlarning yo‘qotilishi, hamda insoniyat va jamiyatning boshqa salbiy harakatlari tufayli zararlangan o‘rmonlarni monitoring qilish, foydalanishga oid qonun-qoidalar va himoya qilish rejalarini ishlab chiqish bo‘yicha tadbirlarni kuchaytirishga olib kelmoqda. Masofadan zondlash barqaror rivojlanish, bioxilmaxillik, yer tuzish va yer kadastri, o‘rmonlarni yo‘q qilinishi, qayta tiklanishi, tijorat ishlarida, qirg‘oq va daryolarni saqlash, biofizik monitoring va boshqa atrof muhitga oid masalalarni hal etishda keng qo‘llaniladi.

Masofadan zondlash o‘rmonchilikda asosan quyidagi vazifalarni amalga oshirishda qo‘llaniladi:

Tadqiqotlarni kartalashtirish: mutasaddi tashkilotlarning vazifasi bo‘lgan o‘rmonlarning qoplami, qisqarishini monitoring qilish va biofizik xususiyatlarni o‘lchashda foydalaniladi;

Inventarizatsiya qilish va kartalashtirish: Masofadan zondlashhosil yig‘ishni monitoring qilish, yog‘och bilan ta’minlash uchun inventarizatsiya ma’lumotlarini yangilash, o‘rmon turlarini va vegetatsiya zichligini aniqlash hamda biomassani o‘chashda qo‘llaniladi;

Atrof-muhitni monitoring qilish: mutasaddi tashkilotlar o‘rmonlarning miqdori, sog‘lomligi va xilma-xilligini monitoring qiladi.

8.5. Geologiyada qo‘llanilishi

Geologiya yerning qobig‘ini shakllantiruvchi va o‘zgartiruvchi fizik jarayonlarni o‘rganish maqsadida yerning shakllari, tuzilmasi va yer osti haqida tadqiqot olib boradi. Geologiya deganda mineral va uglevodorod resurslarni tadqiq qilish va ulardan foydalanish jarayonlari tushuniladi hamda u jamiyatning yashash sharoitlarini yaxshilashga xizmat qiladi. Masalan, neft – avtomobil vositalarini benzin bilan ta’minlashda, qum va shag‘allarni qazib olish – qurilish uchun beton mahsulotlari bilan ta’minlashda, karbonat angidrid kaliysini qazib olish – mineral o‘g‘itlar bilan ta’minlashda, ko‘mir – energiya ishlab chiqishda, qimmatbaho metal va toshlar esa zargarlikda foydalaniladi. Shuningdek, geologiyada vulqon otilishi va yer qimirlashi kabi xavflar o‘rganiladi hamda u qurilish va muhandislikka tegishli geotexnik izlanishlar uchun muhim omildir. Masofadan zondlashda geologik tadqiqotlar faqat yer bilan cheklanmagan – u boshqa planetalarning tuzilmasi va tarkibi hamda ularning tabiiy yo‘ldoshlarini o‘rganadi (masalan, yerning yo‘ldoshi bo’lgan oy).

Masofadan zondlash yer yuzasining tuzilmasi, tarkibi va yer osti haqida ma’lumotlar olish vositasi sifatida foydalaniladi, lekin qo‘shimcha o‘lchovlar olib borish uchun boshqa ma’lumotlar bilan birlashtiriladi. Ko‘p spektrli ma’lumotlar spektrli qaytaruvchanligiga asoslanib litologiya yoki tog‘ tarkibi haqida ma’lumot

beradi. Radar yuzaning topografiyasi va notekisligi haqida ma'lumot beradi, ayniqsa u boshqa ma'lumotlar bilan integratsiyalanib relyefni tasvirlaydi.

Masofadan zondlash to‘g‘ridan to‘g‘ri geologik maqsadlar bilan chegaralanmagan – u konga kirish uchun yo‘l ochish kabi logistikada ham foydalaniladi.

Geologiyada masofadan zondlash quyidagi maqsadlarda qo‘llaniladi:

- Yer yuzasini kartalashtirish;
- Litologik kartalashtirish;
- Tuzilmani kartalashtirish;
- Qum va shag‘alni tadqiq qilish hamda foydalanish;
- Minerallarni o‘rganish;
- Uglevodorodni o‘rganish;
- Atrof muhit geologiyasida;
- Geobotanikada;
- Kartalashtirish va monitoring qilish;
- Hodisalarni kartalashtirish va monitoring qilish;
- Geo-xavflarni kartalashtirish;
- Planetalarni kartalashtirish.

8.6. Gidrologiyada qo‘llanilishi

Gidrologiya yer yuzasidagi oqayotgan suv, muz, qor yoki tuproq tarkibida saqlanayotgan suvni o‘rganadi. Gidrologiya masofadan zondlash qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan yana bir sohadir, ayniqsa o‘rmonchilik, qishloq xo‘jaligi va yer qoplamiga tabiiy bog‘liq, chunki suv bu kabi sohalarning hayot manbaidir.

Aksariyat gidrologik jarayonlar nafaqat yillar balki mavsum davomida o‘zgaruvchan, shuning uchun u tez-tez takrorlanuvchi kuzatuvlarni talab qiladi. Masofadan zondlash gidrologik jarayonlarni fazoviy taqsimlanishi va o‘zgarishining sinoptik ko‘rinishini ta’minlaydi, buni esa odatda an’anaviy yerda turib kuzatuvlar orqali amalga oshirib bo‘lmaydi. Radar o‘zining faol sezish imkoniyati bilan gidrologik tadqiqotlarga yangi o‘lchamlar olib keldi, uning yordamida har qanday ob-havo sharoitida, har qanday mavsumda va qorong‘ulikda tasvirga tushirish imkoniyati yaratildi.

Gidrologiyada masofadan zondlash quyidagi maqsadlarda qo‘llaniladi:

- Botqoqliklarni kartalashtirish va kuzatish;
- Suvning sifatini monitoring qilish;
- Tuproq namligini baholash;
- Qorlarni kuzatish;
- Qor qalinligini o‘lchash;
- Qorning suvga aylanish hajmini aniqlash;
- Daryo va ko‘llarni monitoring qilish;
- Suv toshqinini kartalashtirish va monitoring qilish;
- Muzliklardagi o‘zgarishlarni kuzatish (siljishi va erishi);
- Daryo qirg‘oqlarining o‘zgarishlarini aniqlash;
- Drenajlarni kartalashtirish va suv havzalarini modellashtirish;
- Irrigatsiya kanallaridan suv oqib chiqishini aniqlash;
- Sug‘orish jadvallarini tuzish.

8.7. Karta tuzish

Karta tuzish yer resurslarini boshqarish jarayonining muhim qismi hisoblanadi va yaratilgan karta ma'lumotlari tahlil qilingan masofadan zondlash ma'lumotlarining umumiy mahsulotidir. Tabiiy obyektlar, transport tarmoqlari, shaharlar, ma'muriy chegaralar kabi yaratilgan infratuzilmalar bo'glangan koordinata tizimlari orqali fazoviy tasvirlanadi va keyinchalik ular mavzuli ma'lumotlar bilan birlashtiriladi. Asosiy, mavzuli va topografik kartalar harbiy hamda fuqarolik razvedkasida, yer resurslarini boshqarishda rejalashtirish, baholash va monitoring qilish uchun muhim sanaladi.

Kartalarni ishlab chiqishda masofadan zondlashni qo'llashga bo'lgan talab kundan kun ortib bormoqda va u yordamida quyidagi ishlar amalga oshiriladi: stereo qoplash, tez-tez tasvirga tushirish, ma'lumotlarni vaqtida yetkazish, katta maydonlarni qoplash, global qoplash, kelgusida kartalarni yangilash uchun raqamli formatda saqlash hamda zamonaviy GAT texnologiyalari bilan moslashtirish.

Kartalardan foydalanuvchilar tarkibiga o'rmonchilik, konchilik va neft kompaniyalari, xizmat ko'rsatuvchi muhandislik tashkilotlari, kommunal xizmatlar va infratuzilmani rivojlantirish tashkilotlari (truboprovodlar, telekommunikatsiya, transport va elektr energiya xizmatlari), davlat kartalashtirish tashkilotlari va mudofaa tizimlari kiradi. Mudofaa tizimidan boshlab tijoratgacha qo'llanilishi, ma'lumot hamda uning masshtabini kattalashishi va aniqligi karta mahsulotlarini qo'llashga bo'lgan talabning ko'payishiga olib kelmoqda.

Masofadan zondlash karta tuzishda quyidagi maqsadlarda qo'llanilmoqda:

- Konturli karta tuzish;
- Balandlikning raqamli modelini (DEM) yaratish;
- Asosiy mavzuli karta tuzish/topografik karta tuzish.

Konturli karta– yer qoplami (o‘rmon, botqoqlik), drinaj, antropogen obyektlar (shahar infratuzilmasi, transport tarmoqlari)ni *x,y* tekislikda aniqlash va geojoylashtirishni o‘z ichiga oladi. Konturli axborotlar asosan katta masshtabda tasvirlashda – shaharlarni rejalashtirish, harbiy razvedka, umumiy landshaft axborotlarida talab qilinadi.

Balandlikning raqamli modeli masofadan zondlash tasvirlaridagi joyni geometrik va radiometrik tuzatishni amalga oshirishda muhim sanaladi hamda gorizontallar va joyning modelini yaratish imkoniyatini beradi, shuningdek tahlil qilish uchun boshqa axborotlar bilan ta’minlaydi.

Ma’lumotlarni integratsiyalash va fazoviy ma’lumotlarni yangilashni yengillashtirish uchun topografik va tematik axborotning raqamli ma’lumotlar bazasini yaratishga talab ortib bormoqda. Topografik kartalar balandlik gorizontallari va konturli tafsilotlardan tashkil topgan hamda fuqarolik va harbiy xizmatlarda asosiy ma’lumot sifatida xizmat qiladi.

Asosiy mavzuli kartalashtirish– gorizontallar va vektorli kontur axborotlar bilan *tasvirli karta* yaratish uchun sun’iy yo‘ldosh tasvirlari, yerdan foydalanish, yer qoplami va topografik axborotlarning raqamli integratsiyalashdir.

8.8. Okeanlar va qirg‘oqlarni monitoring qilish

Okeanlar insoniyat uchun muhim bo‘lgan oziq-ovqat va biofizik resurslar bilan bir qatorda transport yo‘llari sifatida, ob-havo ma’lumotlarini aniqlashda, yerning gidrologik muvozanatiga ta’sir etuvchi muhim manba bo‘lib xizmat qiladi. Okeanlarning harakatini bilish, baliq zahiralarini baholash, kemalarning marshrutlarini aniqlash, qirg‘oqlarni o‘rganish, global almashinuv hodisalari natijasini bashorat qilishda muhim ahamiyat kasb etadi. Okean harakatlarini o‘rganish shamol va to‘lqinning qaytishi (yo‘nalish, tezlik va balandlik), chuqurliklarni o‘lchash (bathymetry), suvning harorati va okean mahsuldorligini o‘z ichiga oladi.

Dunyo aholisining 60% dan ortig‘i okeanga yaqin yashaydi, qirg‘oqqa yaqin hududlar inson faoliyati tufayli zarar ko‘rmoqda. Davlat tashkilotlariga bu hududlarda yuz berayotgan inson faoliyatining ta’sirini o‘rganishi uchun qirg‘oq eroziyasi, tabiiy yashash vositalarini yo‘qolishi, shaharsozlik, chiqindi suvlar va qirg‘oqqa yaqin joylarning ifloslanishi kabi turli o‘zgarishlarni monitoring qilish kabi yangi ma’lumotlar manbai kerak bo‘lmoqda. Okeandagi harakatlar va qirg‘oqlardagi o‘zgarishlar masofadan zondlash texnologiyalari yordamida monitoring qilinishi mumkin.

Masofadan zondlash okeanlarda quyidagi maqsadlarda qo‘llanilishi mumkin:

Okean hususiyatlarini aniqlash:

- Oqimlar, hududiy aylanish hususiyatlari;
- Ichki to‘lqinlar, gravitatsion to‘lqinlar, suvlarning imkoniyatini o‘lchash

To‘fonni bashorat qilish;

- Shamol va to‘lqinning qaytishi;
- Baliq zahiralarini baholash;
- Suvning haroratini monitoring qilish;
- Suv sifatini baholash;
- Okean mahsuldorligini baholash.

Neftning tarqalishi:

- Neft tarqalishini va oqimini kartalashtirish hamda bashorat qilish;
- Neft tarqalishiga qarshi strategik tadbirlar tuzish;
- Tabiiy neft oqib chiqish manbalarini aniqlash.

Kemachilik:

- Marshrutlar navigatsiyasi;
- Harakat oqimi zichligini o‘rganish;
- Baliqchilikni kuzatish;
- Qirg‘oqqa yaqin hududlar chuqurligining o‘lchov kartalarini yaratish.

Suvning ocean yoki dengizlarga oqib kirish va oqib chiqish hududlari:

- Oqib kirish va oqib chiqish hamda to‘fon ta’sirlari
- Yer va suv havzalari yuzasining chegaralarini aniqlash
- Qirg‘oq bo‘yini kartalashtirish
- Qirg‘oqdagi vegetatsiyani kartalashtirish
- Inson ta’sirini baholash
- Muzliklarni baholash

8.9. Atmosfera tarkibini monitoring qilish

Suv bug‘lari, karbonat angidrid, azon, metan va boshqa atmosfera tarkibining har biri alohida taralish va yutilish spektrli xususiyatlariga ega. Bu xususiyatlardan foydalanib quyosh, oy va yulduzlardan kelayotgan hamda atmosferadan o‘tayotgan spektrli energiyani o‘lchash yordamida atmosfera molekulalarining zichligi kuzatilishi mumkin. Spektrli energiyalar ikki usulda o‘lchanadi: yutilish spektroskopiya va taralish spektroskopiya.

Bu usullar ko‘p yillardan beri yerdan turib yuqori atmosferani o‘lchash uchun qo‘llanilib kelmoqda. Yaqin yillardan boshlab bu usullarga samolyot va sun’iy yo‘ldoshdan o‘lchash usullari qo‘shildi. Shuningdek, atmosfera tarkibining fazoviy taqsimlanishini o‘lchash uchun o‘zgaruvchan to‘lqin uzunligidan iborat ko‘p spektrli lazer (LIDAR) tizimlari yaratildi.

Nazorat savollari

1. Masofadan zondlashning qo‘llanilishi deganda nimani tushunasiz?

2. Yerdan foydalanishdagi o‘zgarishlarni monitoring qilishda masofadan zondlashning rolini tushuntiring.

3. Masofadan zondlashning qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati.

4. O‘rmonchilikda masofadan zondlash qanday maqsadlarda qo‘llaniladi?

5. Masofadan zondlash tasvirlarida ekinlar sog‘lomligini monitoring qilish.

6. O‘rmonlarni monitoring qilishda o‘simlik turlarini aniqlash qanday amalga oshiriladi?

7. Masofadan zondlashning geologiyada qo‘llanilishini tushuntiring.

8. Masofadan zondlashning gidrologiyada qo‘llanilishini tushuntiring.

9. Masofadan zondlashning kartografiyada qo‘llanilishi.

10. Masofadan zondlashda DEM ni yaratish.

11. Topografik karta haqida tushuncha bering.

12. Masofadan zondlashning okean va qirg‘oqlarni monitoring qilishda qo‘llanilishini tushuntiring.

Maxsus atamalar ro'yxati

A/R o'tkazish	Analogdan raqamliga o'tkazishning qisqartmasi; Analog signaldan namuna olish va signal kuchini raqam bilan o'lchash jarayoni
Absolyut qora jism	Kelib urilgan elekrtomagnit energiyani to'liq yutadigan obyekt yoki jism
Aerozol	Mayda qattiq zarrachalar (chang) yoki suyuq zarrachalarning (suv bug'lari) ning gaz (havo) da to'xtab qolishi
Atmosferik sochilish	Atmosferadagi zarrachalar yoki gaz molekulalarining ta'siri oqibatida elektromagnit energiyaning yo'nalishini ozgarishi
Balandlik	Harakatlanayotgan obyektning referens yuza, odatda o'rtacha dengiz sathiga nisbatan balandligi
Balandlikning Raqamli Modeli (Digital Elevation Model-DEM)	Yuzani balandlik qiymatlar orqali tasvirlash
Chiqazilgan energiya	Obyektdan chiqqan elektromagnit energiya
Detektor	Mavjud elektromagnit energiyani o'lchash uchun asbob yoki vosita
Elektromagnit energiya	Elektrik va magnitik tarkibdagi energiya. To'lqin model va foton modellari elektromagnit energiya jarayonini tushuntirishda ishlatiladi. Qaytgan va chiqazilgan elektromagnit energiyani o'lchash masofadan zondlashning asosiy qismi hisoblanadi
Elektromagnitli spektr	Juda qisqa Gamma nurlari ($10^{-12}m$) dan boshlab juda uzun radioto'lqinlar (10^{12}m) gacha bo'lgan barcha to'lqin uzunliklari
Energiya	Energiyaning bir nechta turi mavjud; kinetik, potensial, ximik, tovush, elektromagnit

	energiya va boshqalar. Radiant energiya fotonlar oqimidan tashkil topgan energiya
Fazoviy ma'lumot	Geografik joylashuvga ega bo'lgan har qanday ma'lumot
Filter	Berilgan ma'lumotdagi kerak bo'lmagan ma'lumotlarni yo'qotish yoki kamaytirish uchun yaratilgan algoritm
Geofazoviy ma'lumot	Yer yuzasidagi joylar bilan bog'liq ma'lumotlar
Georeferenslash	Tasvirni ma'lum bir kartografik proyeksiyaga bog'lash jarayoni
Kanal	Bu o'quv qo'llanmada "to'lqin uzunligi kanali yoki intervali" deb yuritilgan va bu elektromagnit energiyaning ma'lum qismlarini anglatadi
Klaster	Tasvirni sinflashda maydondagi turli joylarni kuzatib namuna olingan sinfga bog'lab ko'rsatishda qo'llaniladi
Ko'rinuvchi maydonning kengligi	Sensorning ko'rish oralig'i, burchak orqali gradusda ifodalanadi; bazida kenglik burchagi deb ham ataladi. Bu sensor tizimining yo'lak kengligini aniqlashning asosiy omili bo'lib hisoblanadi
Ma'lumot	Raqamli shakldagi asosli ma'lumot, kompyuterga asoslanib hisoblashga asos sifatida ishlatiladi
Masofadan zondlash	Tadqiq qilinayotgan obyekt, maydon yoki hodisa bilan to'g'ridan to'g'ri aloqada bo'lmagan asbob – uskuna yordamida axborot olish
Mikroto'lqin	Mikroto'lqinli oynadagi elektromagnit radiatsiya, 1 sm dan 100 sm gacha oraliqda
Nadir	Skaner detektori ostidan perpendikulyar

	tushgan va yerda joylashgan tasvirga olish nuqtasi
Obyekt	Fizik tabiatga ega bo'lgan, aniq nom bilan ataladigan va kuzatib bo'ladigan, dunyoning bir qismini tashkil etadigan narsa (masalan: bino, yo'l, ariq va hokazo)
Orbita	Yer atrofida aylanadigan sun'iy yo'ldoshning aylanish yo'lagi
Piksel	Surat elementi (Picture element) degan ma'noni anglatadi; bu raqamli tasvirning katakchasidir.
Piksel qiymat	Pikselga tegishli raqamli qiymat
Platforma	Sensorni olib yuradigan sun'iy yo'ldosh yoki samolyot kabi vosita
Raqamli son (Digital number-DN)	Elektronik detektorning yozib olingan, o'qiladigan raqamli ma'lumoti. Detektor orqali yaratilgan va elektrik signalning kvantlangan namuna qiymati. 8 bitli yozib olishda Raqamli sonlar 0 dan 255 gacha oraliqda bo'ladi
Raster	Muntazam joylashgan va muvofiq qiymatlarga ega bo'lgan katakchalar to'plami
Sensor	Elektromagnit energiyani tutuvchi va yozib oluvchi asbob
Spektrli imkoniyat	Masofadan zondlash asbobi ma'lumot oladigan elektromagnit spektrning ma'lum to'lqin uzunlik intervallarining soni va hajmi
Tasvirni interpretatsiya qilish	Tasvirdan ma'lumot ajratib olishning eng asosiy jarayonidir. Bu jarayon ma'lumotni aniqlashdan iborat. Tasvirdagi kerakli obyektlarni aniqlash uchun visual yoki raqamli interpretatsiya amalga oshiriladi
Tasvirni sinflash	Yer qoplamlarini ajratish uchun piksellarni

	guruhlash. Tasvirni sinflash asosan boshqariladigan va boshqarilmaydigan sinflash orqali amalga oshirilishi mumkin
Tasvirni yaxshilash	Raqamli tasvir ko'rinishini yaxshilash jarayoni, masalan, gistogramma yoki filtrlar orqali amalga oshiriladi
To'siq	Bizga kerak bo'lmagan va kerakli signallarni aniqlashda xalaqit beradigan har qanday signal
Yerni kuzatish	Planitamiz haqida geometrik, biologik, ximik va fizik ma'lumotlarni yig'ish jarayoni
Yutilish	Elektromagnit energiyaning boshqa obyektga yoki boshqa energiya turlariga o'zgarishi (masalan, issiqlik yoki fluoressensiya) yoki ximiyaviy reaksiyalarga sababchi bo'lish (fotosentiz) jarayonidir

Adabiyotlar

1. Cracknell, A. P. and Hayes, L. (2007): Introduction to Remote sensing, CRC Press.

2. Campbell, J.B. (2007): Introduction to Remote Sensing, Taylor & Francis.

3. B.Bhata (2008): Remote Sensing and GIS, Oxford University Press.

4. Mather, P.M (2004): Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction (3rd Edition), Wiley.

5. Thomas M.Lillesand, Ralph W.Kiefer, Jonathan W.Chipman (2008): Remote Sensing and Image Interpretation. Sixth Edition. Wiley-India Edition.

6. Wim H.Bakker, Lucas L.F.Janssen, Colin V.Reeves (2001), ITC: Principles of Remote Sensing.

7. Canadian Center for Remote Sensing (http://www.nrcan.gc.ca/): Tutorial, Fundamentals of Remote Sensing.

Mundarija

1-bob.Masofadan zondlash faniga kirish 3

1.1.Masofadan zondlash tarixi 3

1.2.Masofadan zondlash uzoqligi 5

1.3.Masofadan zondlash ta'rifi 6

1.4.Masofadan zondlash fani 7

1.5.Axborot 8

1.5.1.Joyda olingan ma'lumot (In situ data) 8

1.5.2.Masofadan zondlash axboroti 9

1.5.3.Masofadan zondlash jarayoni 10

2-bob. Elektromagnit nurlanish va boshqa qonunlarning ahamiyati 14

2.1.Elektromagnit energiya 15

2.1.1.To'lqinlar va fotonlar 15

2.1.2.Elektromagnit energiya manbai 17

2.1.3.Elektromagnit spektr 18

2.1.4.Aktiv va passiv masofadan zondlash 20

2.2.Atmosferada energiyaga ta'sirlar 22

2.2.1.Atmosferada sochilish 22

2.2.2.Yutilish va uzatilish 25

2.3.Yer yuzasida energiyaga ta'sirlar 27

2.3.1.Spektrli qaytish egri chiziqlari 28

2.4.Ma'lumot olish va interpretatsiya qilish 31

2.5.Tayanch ma'lumot 43

3-bob. Sensorlar va platformalar 47

3.1.Passiv va aktiv sensorlar 47

3.1.1.Passiv sensorlar 49

3.1.2.Aktiv sensorlar 56

3.2.Platformalar 58

3.2.1.Havodan masofadan zondlash 59

3.2.2.Fazoviy masofadan zondlash 61

3.3.Masofadan zondlash geometriyasi. 63
3.3.1.Sun'iy yo'ldosh orbitasi 64
3.3.2.Kenglik tushunchasi 67
3.3.3.Nadir tushunchasi 68
3.4.Sensor imkoniyati (resolution). 70
3.4.1.Fazoviy imkoniyat 70
3.4.2.Spektrli imkoniyat 73
3.4.3.Radiometrik imkoniyat 74
3.4.4.Davriy imkoniyat 76
3.5.Tasvirni bog'lash tizimi 78
3.5.1.Yo'lak 78
3.5.2.Qator 79
4-bob. Mikroto'lqinli va lidar masofadan zondlash 84
4.1.Tasvirga olish radarining tamoyillari 86
4.2.Radarning geometrik xususiyatlari 89
4.2.1.Radar ko'rish geometriyasi 89
4.2.2.Fazoviy imkoniyat 91
4.2.3.Sun'iy Aperturali Radar (Synthetic Aperture Radar-SAR) 92
4.3.Radar tasvirdagi buzilishlar 93
4.3.1.Masshtab buzilishi 93
4.3.2.Joyga bog'liq buzilish 93
4.3.3.Radiometrik buzilish 94
4.4.Radar tasvirlarni interpretatsiya qilish 95
4.4.1.Mikrotolqinli signal va obyektlarning o'zaro ta'siri 96
4.4.2.Tarqalish 97
4.4.3.Radarning qo'llanilishi 97
4.5.Radar qayta ishlashning yuqori texnikasi 98
4.6.Lidar 98
5-bob. Tasvirni vizual interpretatsiya qilish 106
5.1.Inson va kompyuterlar orqali ma'lumot ajratib olish 106

5.2.Masofadan zondlash ma'lumot maxsulotlari.....112
5.3.Fotografik mahsulotlarning metama'lumoti.....113
5.4. Tasvirni interpretatsiya qilish.....114
5.5.Vizual interpretatsiya qilishning elementlari.....116
5.5.1.x, y joylashuv.....116
5.5.2.O'lchamlar.....118
5.5.3.Shakl.....119
5.5.4.Soya.....120
5.5.5.Ton.....122
5.5.6.Rang.....122
5.5.7.Tekstura.....123
5.5.8.Forma.....124
5.5.9.Balandlik va chuqurlik.....125
5.5.10.Joy, holat va bog'liqlik.....126
5.6.Interpretatsiya kalitlari.....127
5.7.Mavzuli kartalarni ishlab chiqish.....128
6-bob. Raqamli tasvirlarni qayta ishlash.....130
6.1.Qayta ishlashni toifalashtirish.....131
6.2.Tasvirni qayta ishlash texnikasi.....133
6.3.Raqamli tasvir.....134
6.4.Raqamli ma'lumotlarni yozib olish, saqlash va uzatish mediasi.....135
6.5.Raqamli tasvirning ma'lumotlar formati.....135
6.6.Raqamli tasvirning metama'lumoti.....136
6.7.Qayta ishlashga tayyorlash.....137
6.7.1.Ma'lumotlarni radiometrik tuzatish.....138
6.7.2.Quyosh burchagi va topografik tuzatish.....140
6.7.3.Atmosferik tuzatish.....140
6.7.4.Tasvirni geometrik tuzatish.....142
6.7.5.Turli qayta ishlash.....149
6.8.Tasvirni yaxshilash.....150

6.8.1.Tasvirni kichraytirish....150
6.8.2.Tasvirni kattalashtirish....152
6.8.3.Ranglarni kompozitsiyasi....153
6.8.4.Kesimni ajratish....155
6.8.5.Kontrastni yaxshilash....155
6.8.6.Filtrlash....158
6.9.Tasvirni transformatsiya qilish....160
6.9.1.Tasvir arifmetik operatsiyalari....161
7-bob. Tasvirni baholash va tahlil qilish texnikalari....167
7.1.Tasvirni sinflash tamoyili....169
7.2.Tasvirni sinflash....172
7.3.Tasvirni sinflash jarayoni....173
7.4Boshqariladigan sinflash....175
7.5.Sinflash bosqichi....176
7.6.Boshqarilmaydigan sinflash....179
7.6.1.Sinflash algoritmlari....181
7.7.Natijani tekshirish....185
7.8.Tasvirni sinflashdagi muammolar....187
8-bob. Masofadan zondlashning qo‘llanilishi....191
8.1.Yer qoplami va yerdan foydalanish....191
8.1.1.Yer qoplami va yerdan foydalanishning o‘zgarishi....194
8.1.1.Yer qoplamining kartasini tuzish....198
8.2.Qishloq xo‘jaligi....199
8.2.1.Ekin turlarini kartalashtirish....200
8.2.2.Ekinlarni monitoring qilish va ekinlarga yetkazilgan zararni baholash....202
8.3.O‘rmonchilikda qo‘llanilishi....205
8.4.Geologiyada qo‘llanilishi....207
8.5.Gidrologiyada qo‘llanilishi....208
8.6.Karta tuzish....210
8.7.Okeanlar va qirg‘oqlarni monitoring qilish....211

8.8.Atmosfera tarkibini monitoring qilish 213

Adabiyotlar 219