

SPISAK ISPITNIH PITANJA IZ PREDMETA: “Savremene metode detekcije energetske gubitaka”

1. Tehnologija daljinske detekcije
2. Satelitski senzori za detekciju termalnog zračenja
3. Rasterski tipovi podataka
4. Multispektralni satelitski snimci
5. IR termografija
6. Lociranje gubitaka i uticaji na IR snimanje fasada
7. IR kamere
8. Komponente LIDAR sistema
9. Laserski skeneri
10. Digitalni modeli terena i površi
11. Inercijalni sistem
12. Tehnologija GPS-a
13. Vektorski tipovi podataka GIS-a
14. Komponente GIS-a
15. Baze podataka o objektima i njihovim atributima i izrada energetske pasoša
16. Principi detekcije energetske gubitaka građevinskih objekata
17. Sta su izoterme i način njihove konstrukcije sa podataka termograma
18. Objasniti metodologiju određivanja energetske gubitaka na fasadama nepristupačnim za merenje IR kamerom

Za sve dodatne informacije kao i konsultacije ce biti, na vas zahtev, organizovani posebni termini

Puno sreće u spremanju i polaganju ispita.

Pozdrav

T. Ninkov

1. Tehnologija daljinske detekcije:

Daljinska istraživanja (engl. remote sensing, nem. Fernerkundung, fra. teledetection, ital. telerilevamento) danas su nezaobilazna metoda u raznim naučnim područjima, a dobijeni rezultati zahvaljujući razvoju računarskih tehnologija nalaze široku primenu u različitim disciplinama. Reč je o metodi prikupljanja i interpretaciji informacija o udaljenim objektima bez fizičkog dodira s objektom. Uključuje sve aktivnosti od snimanja, obrade, analiziranja, interpretacije, do dobijanja informacija iz podataka prikupljenih tim istraživanjem. Podaci se dobijaju iz velike udaljenosti (od nekoliko stotina do nekoliko hiljada kilometara) instrumentima postavljenim u vazdušne ili svemirske letelice.

Cilj daljinskih istraživanja je brzo i ekonomično dobijanje preciznih informacija o relativno velikim područjima. Ponavljanjem snimanja moguće je pratiti i registrovati dnevne, sezonske i godišnje promene neke pojave. Objekt daljinskih istraživanja su svi elementi Zemljine površine i atmosfere u vidnom polju senzora.

Razvojem daljinskih istraživanja, vazdušni i satelitski snimci zauzimaju sve značajnije mesto u prostornom planiranju, a dobijeni podaci najobjektivniji su izvor informacija. Većina razvijenih zemalja danas koristi satelitske snimke pri izradi i ažuriranju prostornih planova, a u nekima je njihova primena definisana i zakonom (npr. u Kanadi). Primena podataka dobijenih daljinskim istraživanjem najviše dolazi do izražaja kod urbanog planiranja, a podaci se koriste za planiranje infrastrukture, usmeravanje širenja gradskih područja i kod zaštite okoline.

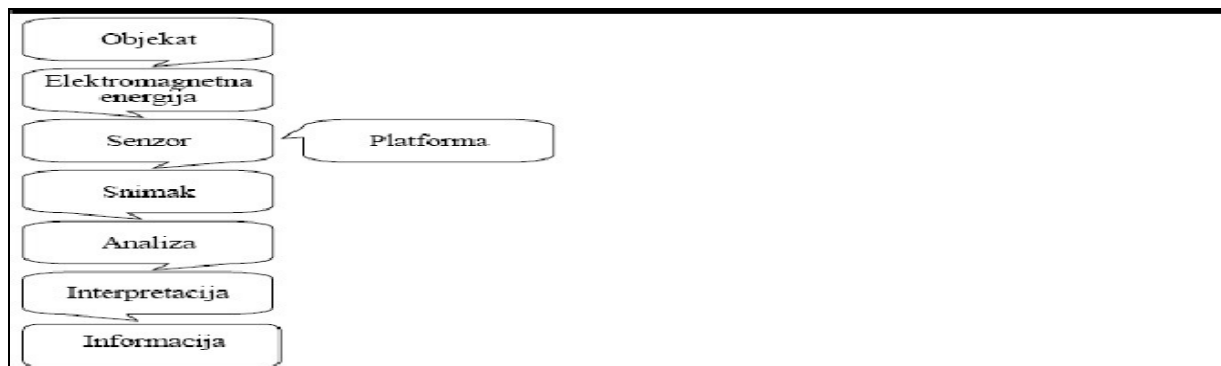
Daljinska detekcija je metodologija prikupljanja i obrade digitalnih zapisa prikupljenih sensorima različitih talasnih dužina vidljivog, termalnog i nevidljivog dela spektra.

1.1. Princip daljinske detekcije

Pri realizaciji sistema daljinske detekcije jasno se može definisati nekoliko direktno povezanih elemenata. U geonaukama, objekat je fizička površina Zemlje. Objekat zrači elektromagnetnu energiju, koja nosi informacije o njegovim osobinama. Energija može biti sopstvena i reflektovana, koja je saopštena objektu iz prirodnog ili nekog veštačkog izvora. Tu energiju registruje senzor, koji se u najvećem broju slučajeva nalazi na pokretnoj platformi (kosmička, aero ili terestrička). Na osnovu složenog elektronskog sklopa senzora, registrovani signal prevodi se u oblik pogodan za obradu, odnosno nastaje odgovarajući snimak u digitalnom ili analognom obliku. Potom sledi analiza snimljenog područja, interpretacija rezultata, i naposljetku nastaje upotrebljiva informacija (podatak) o snimljenom sadržaju. Ta informacija najčešće obuhvata saznanje o vrsti, granicama prostiranja i intenzitetu registrovanog fenomena. Princip daljinske detekcije se jednostavno može sagledati na osnovu slike 1. na kojoj se uočavaju pomenuti elementi.

1.2. Elementi daljinske detekcije

U procesu daljinske detekcije učestvuje osam elemenata: objekt, elektromagnetna energija, senzor, platforma, snimak, analiza, interpretacija i podatak. Svaki od njih ima svoje specifičnosti. Za razumevanje i primenu metoda daljinske detekcije neophodno je njihovo detaljnije poznavanje.



Slika 1. Elementi i princip daljinske detekcije

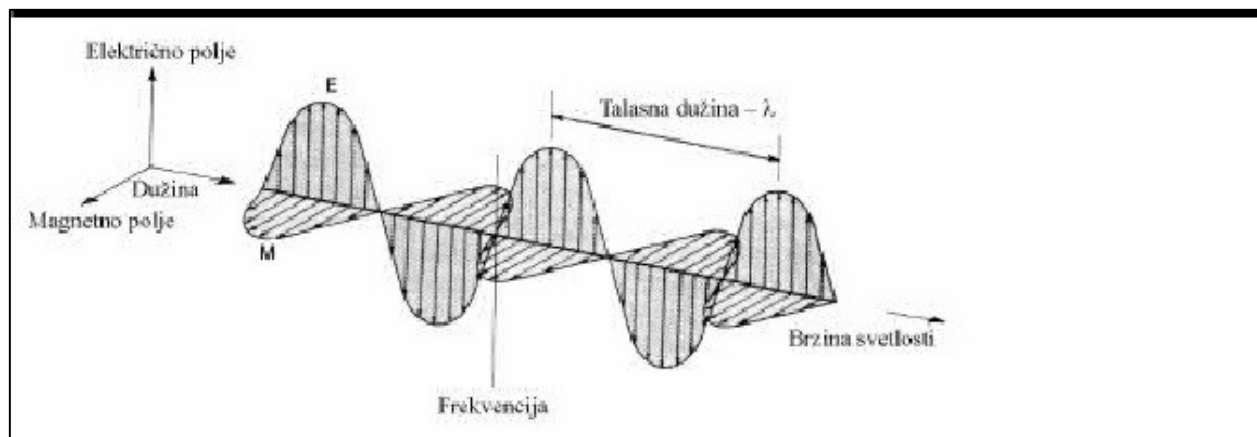
1.3. Objekat - predmet istraživanja

U užem smislu reči, objekat predstavlja deo Zemljine površine koji se istražuje tj. za koji se traže informacije.

1.4. Elektromagnetna energija

Svako telo, koje se nalazi na Zemljinoj površini, usled Sunčevog zračenja poseduje energiju određene frekvencije i talasne dužine i sposobno je da emituje energiju dela elektromagnetnog spektra. Određene čestice materije poseduju i električni naboj. One menjaju okolni prostor oko sebe i stvaraju električno polje. Polje deluje silom na svaki električni naboj koji se nalazi u njemu. Čestice sa električnim nabojem u pokretu čine električnu struju. Električna struja izaziva dalje promene okolnog prostora stvarajući magnetno polje. Magnetno polje takođe deluje silom na svaku česticu sa električnim nabojem u pokretu.

Na taj način izmenjeno električno polje stvara magnetno polje, a izmenjeno magnetno polje stvara električno polje. Nastale promene vode ka uvećanju energije u vidu povezanih električnih i magnetnih polja sa vremenski i prostorno promenljivom jačinom. Vektori električnog i magnetnog polja međusobno su upravni, a u svakoj tački prostora pružaju se upravno na pravac rasprostranjenja energije kao sto je prikazan na slici 2.

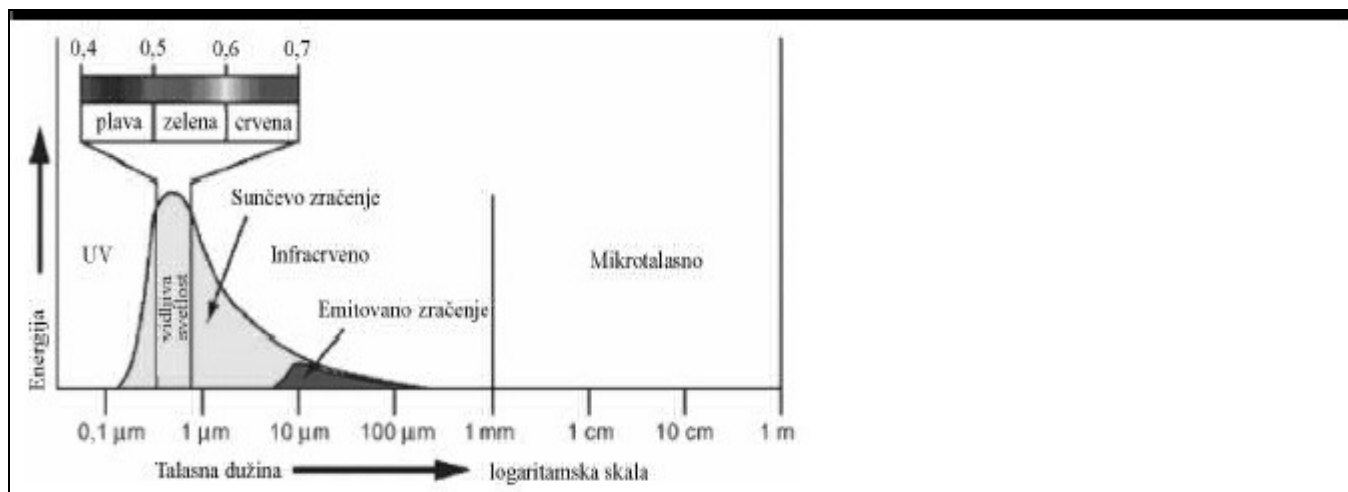


Slika 2. Grafički prikaz električnog i magnetnog polja elektromagnetnog polja

Opšti zakon talasnog kretanja glasi: $C = \lambda \cdot f$

Gde su: λ – talasna dužina, f – frekvencija, C – brzina svetlosti.

Skup svih vidova zračenja naziva se spektar.



Slika 3. Spektar elektromagnetne energije u prirodi

Istorodne oblasti sastavljene su od više spektralnih linija koje se sastoje od: područja γ i x zraka; ultraljubičastog zračenja; područja vidljivog dela spektra; područja infracrvenog zračenja; mikrotalasnog i radio-talasnog područja.

Zruci iz područja γ i x zračenja imaju malu prodornost kroz atmosferu, pa su neupotrebljivi za daljinsku detekciju terena. Ultraljubičasto zračenje (UV – ultravioletno), čini 10% od ukupne svetlosne energije koja dospe na Zemljinu površinu. Talasne dužine UV zraka su male i kreću se od 0,1 do 0,4 μm . Prodornost UV zraka iz dalekog i srednjeg dela UV područja kroz atmosferu praktično ne postoji, pa su oni u potpunosti neupotrebljivi u daljinskoj detekciji. U bliskom delu prodornost se povećava, ali su do sada obavljena ispitivanja imala prvenstveno eksperimentalni značaj.

Vidljivo područje spektra elektromagnetne energije obuhvata zračenja talasnih dužina od 0,4 do 0,7 μm . Njegove granice su postavljene prema osetljivosti ljudskog oka. Čovek registruje zračenje energije u vidljivom području kao tzv. "belu svetlost". Prema talasnoj dužini u vidljivom delu spektra razlikuje se, međutim, više boja, od ljubičaste sa najkraćom (0,4-0,44 μm), preko plave (0,44-0,5 μm), zelene (0,5-0,57 μm), žute (0,57-0,59 μm) i narandžaste (0,59-0,62 μm), do crvene sa najvećom talasnom dužinom (0,62-0,7 μm). Spektar "bele svetlosti" može se generalizovati u tri osnovne boje koje sadrži svaka od ostalih boja (slika 4). Osnovne boje su plava (0,4-0,5 μm), zelena (0,5-0,6 μm) i crvena (0,6-0,7 μm). Osnovni izvor elektromagnetne energije vidljivih zraka je sunce i njihova prodornost kroz atmosferu je izuzetno visoka. Vidljivi deo predstavlja najviše i najčešće korišćeno spektralno područje u daljinskoj detekciji.

Infracrveno područje, označeno kao IC područje (standardna oznaka: IR – infra red), obuhvata vrlo širok spektar zračenja, čije talasne dužine variraju u rasponu od 0,7 do 1000 μm . U okviru njega razlikuju se:

- Blisko infracrveno zračenje, sa talasnim dužinama između 0,7 μm do 1,5 μm
- Srednje infracrveno zračenje, deo sa dužinama od 1,5 μm do 5,6 μm ;
- Daleko infracrveno zračenje talasnih dužina od 5,6 μm do 1000 μm .

U odnosu na izvor zračenja može se detektovati: emitovano (termalno) i reflektovano infracrveno zračenje. Reflektovano IC zračenje (0,7 μm do 3 μm) nastaje kao posledica Sunčevog zračenja i odbijanja od površine Zemlje ili od posmatranog objekta, dok emitovano IC zračenje (0,3 μm do 1000 μm) predstavlja, prvenstveno, energiju emitovanu sa površine Zemlje u obliku toplote. Za daljinsku detekciju IC zračenje ima veliki značaj, a naročito sopstveno zračenje tela koje zavisi od sastava tog tela, te na taj način određuje njegova svojstva. Nijanse infracrvene boje su dobar pokazatelj temperaturnih razlika objekta na Zemljinoj površini.

Nijansa određene boje ukazuje na određene karakteristike pa tako zelena najviše, a crvena najmanje odbija ove zrake, pa se zbog toga naročito dobro može prikazati vegetacija, zbog reagovanja hlorofila na infracrvene zrake. Karakteristično za IC zrake je da se oni probijaju kroz maglu, izmaglicu, dim i slično, kao i da se fotografije ove vrste mogu dobiti i noću.

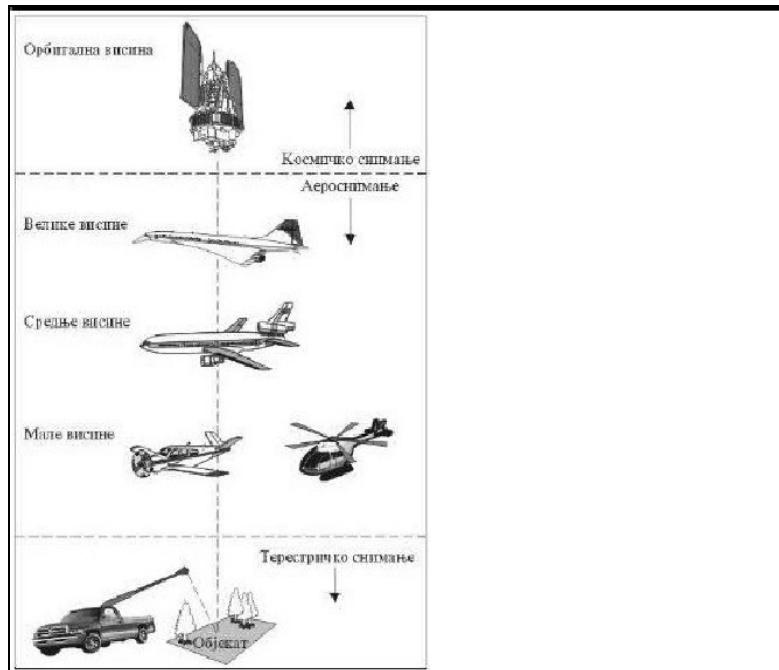
1.5. Nosač senzora (Platforma)

Platforma je pokretni nosač senzora, koji omogućuje registraciju elektromagnetne energije na većoj površini terena. Ona se može kretati po površini zemlje (terestrička platforma), u vazduhu (aero platforma) i u kosmosu (kosmička platforma). U svim slučajevima platforma treba da obezbedi sistematsko snimanje. Da bi ovaj zahtev bio ispunjen pravci kretanja platforme moraju biti unapred utvrđeni i prostorno definisani.

Tokom kretanja mora neprekidno postojati mogućnost određivanja njenog tačnog položaja. Dobar kvalitet snimaka podrazumeva pri kretanju visoku stabilnost platforme, odnosno senzora. Utvrđivanje položaja platforme, odn. senzora pri snimanju obavlja se po pravilu GPS tehnologijom. Na slici 4 je dat prikaz nekih tipova platformi.

• **Terestričke platforme** se mogu kretati po kopnu ili vodi, te se u te svrhe koriste vozila ili plovila, posebno opremljeni automobili, odnosno brodovi. Terestričke platforme obično od senzora nose termalne infracrvene skenere i/ili radare.

• **Aeroplatforme** se kreću u vazduhu, na visinama od (najčešće) par kilometara. U principu to može biti svaka letilica npr. balon, helikopter ili avion. Za sistematska snimanja, posebno kada su u pitanju veće površine terena, isključivo se koriste teži avioni dovoljno stabilni u vazduhu, opremljeni pored senzora i svim potrebnim uređajima za preciznu navigaciju i pozicioniranje u momentu snimanja. Sa platformi iz vazduha obavljaju se različite vrste aero snimanja. Najčešće se obavljaju fotografska snimanja u vidljivom delu spektra, po pravilu u stereo tehnici, zatim infracrvena i ultraljubičasta snimanja. Veoma se često avioni koriste i za skenerska infracrvena termalna snimanja, kao i radarska snimanja sa bočnim zahvatom, bilo sa stvarnom, bilo sa sintetičkom antenom.



Slika 4. Pregled platformi koje se koriste za snimanje u daljinskoj detekciji

•**Kosmičke platforme** – kao kosmičke platforme se koriste veštački Zemljini sateliti i kosmički brodovi. Sateliti imaju fiksnu putanju kretanja i rade potpuno automatizovano. Putanja kretanja kosmičkih brodova je promenljiva, dirigovana komandama posade. Ukoliko je brod automatizovan (bez ljudske posade), njegovim kretanjem se upravlja radiovezom iz komandnog centra sa Zemlje. Za sistematska snimanja iz kosmosa redovno se koristi više različitih senzora. Standardnu opremu čine multispektralni skeneri (MSS), i/ili radari sa bočnim zahvatom. Za radarska snimanja u kosmos se sve češće upućuju i posebni, namenski sateliti. Koristeći principe digitalne fotogrametrije dobijaju se georeferencirani visekanalni digitalni snimci.

Kompjuterskom obradom visekanalnih digitalnih snimaka dobijaju se digitalni orto foto planovi svakog kanala posebno ili kombinacija više kanala. Za dobijanje digitalnih orto foto planova prirodnih boja obrađuju se podaci prikupljeni sensorima sa Red, Green i Blue (RGB) delovima spektra. Korišćenjem drugih senzora mogu se prikupiti podaci o toplotnom zračenju objekata na zemlji, sposobnost apsorbicije ili refleksije sunčevog zračenja i drugi podaci koji definišu energetske karakteristike objekata.

Primena principa daljinske detekcije u građevinarstvu i konstrukcijama:

Primena principa daljinske detekcije igra značajnu ulogu u povećanju efikasnosti gradnje i ojačanju konstrukcija. Ona se zasniva na činjenici da površinska temperatura objekata varira pokazujući probleme u strukturi, termičke mostove, sadržaje vlage i prolaze za vazduh. Zbog toga je primena infracrvene termografije veoma praktična jer se putem nje lako detektuju gubici, zagrevanja ili hlađenja, koji nastaju usled loše konstrukcije, nedostajuće ili neodgovarajuće izolacije i prodora vlage.

Primeri primene:

- Ispitivanje gubitaka na spojevima,
- Procena vlažnosti u zgradama, izolaciji, proizvodnim pogonima,
- Detekcija delaminacije u betonskim slojevima; Ispitivanje integriteta betona,
- Lociranje nedostajuće ili oštećene izolacije, otkrivanje rasipanja vazduha i gubitaka energije,
- Procena termičkih procesa za sisteme zagrevanja,
- Lociranje radijatorskih grejućih putanja cevi, ili žica.
- Ispitivanje generisanja snage generatora...

2. Satelitski senzori za detekciju termalnog zračenja:

Opšte govoreći, pod pojmom “senzori” se podrazumevaju uređaji koji vrše pretvaranje jedne fizičke veličine u drugu, čiji oblik je korisniji za tumačenje odnosno analizu. U oblasti daljinske detekcije, senzori se definišu kao uređaji putem kojih se otkrivaju, registruju i mere zračenja sopstvene (emitovane) ili saopštene (reflektovan) elektro-magnetne energije. Osnovna podela senzora se zasniva na poreklu registrovane enrgije. Po ovom kriterijumu razlikujemo osnovne dve kategorije senzora:

- Pasivni senzori – senzori koji regitruju energiju koja dolazi od samog objekta bez obzira da li je sam objekat poseduje i emituje ili samo reflektuje energiju saopštenu od nekog prirodnog izvora (npr Sunce). Pasivni senzori drugim rečima samo primaju energiju;
- Aktivni senzori – senzori koji proizvode sopstvenu energiju koju šalju ka objektu i registruju odbijeno zračenje. Za razliku od pasivnih, ovi senzori i šalju i primaju energiju.

Podela senzora se može izvršiti i prema konstrukcijskom rešenju odnosno načinu funkcionisanja. Po ovom kriterijumu možemo izdvojiti tri osnovna tipa senzora:

- Foto-optički enzori;
- Elektro-optički senzori; i
- Mikrotalasni senzori.

Satelitski senzori su senzori koji se montiraju na specijalne satelite u cilju snimanja Zemlje (ili kosmosa). Navedeni sateliti mogu da imaju fiksnu putanju i da rade potpuno automatizovano, ili mogu biti kontrolisani i navođeni putem radioveze iz komandnih centara sa zemlje. Sateliti se kreću na hektokilometarskim visinama. Za sistematska snimanja iz kosmosa (putem satelita) se najčešće koristi kombinacija više različitih tipova senzora. Standardnu opremu čine multispektralni skeneri (MSS), i/ili radari sa bočnim zahvatom. Nakon što izvrše detekciju i satelitski senzori informacije prosleđuju informacije dalje na obradu. U današnjim uslovima je relativno jednostavno doći do tih informacija uz pomoć nekolicine komercijalnih sistema satelitskog snimanja. Naime, moguće je kod kompanija koje upravljaju satelitima izvršiti naručivanje snimaka po želji. Te kompanije u zavisnosti od dostupnosti snimaka (dakle od činjenice da li je odgovarajući satelit snimao odgovarajući zemljišnji prostor u traženoj rezoluciji tj. tehnologiji ili ne), moguće je doći do željenog snimka u period od dve sedmice do nekoliko meseci.

Najpoznatiji komercijalni sateliti su:

IKONOS: Prvi komercijalni satelit koji je sakupio javno dostupne snimke rezolucije od 1 i od 4 metra. Poseduje Multispektralne (MS) i Panhromatske (PAN) senzore. Postao je operativan 1. Januara 2000. Godine

QUICKBIRD: Komercijalni satelit visoke rezolucije u vlasništvu kompanije Digital Globe. Lansiran je 2001. Godine. Po kvalitetu rezolucije je trenutno drugi na svetu i u mogućnosti je da snima Panhromatske (PAN) snimke rezolucije 60-70cm kao i Multispektralne (MS) snimke rezolucije 2,4 do 2,8m. Leti na visini od 450km.

GEOEYE-1: Komercijalni satelit koji trenutno nudi Panhromatske (PAN) snimke najoštrije rezolucije od 41cm i Multispektralne (MS) snimke rezolucije 1,6m. Na žalost, snimcima date rezolucije će pristup imati sam Američka vlada dok će Gugl imat pristup snimcima PAN rezolucije 50cm. GeoEye-1 je u vlasništvu kompanije GeoEye, Inc. koja je najveća komercijalna kompanija za uzimanje snimaka iz kosmosa. Lansiran je Septembra 2008. Godine.

3. Rasterski tipovi podataka:

Rasterski tip podataka se sastoji od ćelija organizovanih u redove i kolone, pri čemu svakoj ćeliji odgovara neka jedinstvena vrednost. Vrlo često se pri rasterskim prikazima podataka (rasterske slike), kroz neku boju može vršiti grupisanje neke vrednosti koja važi za više ćelija, poput npr. vrste upotrebe zemljišta, padavina, ili prosto nikakva vrednost ako za datu ćeliju nije dostupan nijedan podatak. Dok rasterskoj ćeliji odgovara pojedinačna vrednost, ona se može proširiti upotrebom rasterskih pruga za prikaz RGB (zelene, crvene i plave) boja, obojenih karata (kartiranje između tematskog koda i RGB vrednosti) ili proširene atributne tabele s jednim redom za svaku jedinstvenu vrednost ćelije. Pogodnost rasterskog organizovanja podataka je prilagodljivost dimenzija ćelije zemljišnjim jedinicama te tako npr. jedna ćelija rasterske slike može predstavljati jedan kvadratni metar na zemlji. Obično ćelije predstavljaju kvadratna područja zemlje, ali se mogu koristiti i ostali oblici. Rasterski podaci mogu biti satelitski snimci, aero fotografije (ortofoto) i skenirani podaci (analogne papirne karte prevedene u digitalni format). Rasterski tipovi podataka nude mogućnost brzog dobijanja prostornih podataka za velika područja, pri čemu se troši znatno manje vremena i finansijskih sredstava nego pri stvaranju vektorskih slojeva sa objektima, jedan po jedan. Međutim, kod ovog tipa podataka, slika je uvek jedan fajl, ili sloj, iz kojeg nije moguće izvući određeni objekat i povezati ga sa tabelarnim podacima. Ipak, slike rasterskog tipa podataka mogu biti prikazane u kombinaciji sa vektorskim podacima, pri čemu se dobija tzv. "hibridna grafika". Ova opcija omogućava vektorizaciju odnosno izdvajanje samo onih objekata koji su neophodni u radu.

4. Multispektralni satelitski snimci:

Multispektralno snimanje je tehnika koja je prvobitno razvijena za satelitsko snimanje. Ovom vrstom snimanja može se zabeležiti svetlost čija je frekvencija izvan vidljivog dela spektra, kao što je npr. infracrveni deo spektra. To omogućava dobijanje dodatnih informacija, koja ljudsko oko, sa svojim receptorima za crvenu, zelenu i plavu boju, ne može registrovati.

Multispektralni snimci su glavni tipovi snimaka koje snimaju senzori u daljinskoj detekciji i meri se refleksija u velikom broju opsega. Oni imaju suprotne karakteristike u odnosu na panhromatske snimke. Obično sateliti imaju 3 do 7 ili više senzora (Landsat ima 7). Svaki od njih snima jednu digitalnu sliku (koje se u daljinskoj detekciji nazivaju snimci) u malom opsegu talasnih dužina vidljivog dela elektromagnetskog spektra. Taj opseg varira od 0.7 do 0.4 μm i naziva se RGB (od red-green-blue – crveno-zeleno-plavo), i ide ka talasnim dužinama infracrvenog dela spektra, od 0.7 do 10 i više μm . Ovaj deo spektra podeljen je na tri dela: NIR-Near InfraRed (bliski infracrveni), MIR-Middle InfraRed (srednji infracrveni) i FIR-Far InfraRed (daleki infracrveni, odnosno termalni). Kod Landsat satelita postoji 7 snimaka, od 7 kanala u multispektralnom snimku.

Softveri za analizu multispektralnih snimaka su MicroMSI, Opticks.

4.1. Korišćenje spektralnih kanala

S obzirom na različite potrebe istraživanja, mogu se koristiti različite kombinacije spektralnih kanala. Te kombinacije su obično kombinacije crvenog, zelenog i plavog kanala. Korišćenje kanala zavisi od potrebe istraživanja, kao i ličnih osobina interpretatora.

Termalni infracrveni kanal se obično isključuje iz razmatranja zbog slabe rezolucije, osim za specijalne potrebe.

Prave boje. Kombinacija crvenog, zelenog i plavog kanala (tim redosledom). Predstavlja klasičnu fotografiju u boji. Dobri su za analiziranje veštačkih objekata. Jednostavni su za korišćenje, čak i od strane interpretatora početnika.

Zeleni-crveni-infracrveni. Kod ove kombinacije je plavi kanal zamenjen infracrvenim. Na ovom kolorkompozitnom snimku je vegetacija, koja reflektuje zrake iz bliskog infracrvenog područja, prikazana plavom bojom. Ova kombinacija se obično koristi za detekciju vegetacije.

Plavi-bliski infracrveni-srednji infracrveni. Plavi kanal koristi vidljivu plavu i zelenu boju i blisko infracrveno područje (pa vegetacija ostaje zelena), dok je srednji infracrveni deo prikazan crvenom bojom. Ovakvi kolorkompozitni snimci omogućuju istraživanje dubokih delova vode, vegetacije, vlage u zemljištu.

Koriste se i mnoge druge kombinacije. Bliski infracrveni deo je prikazan crvenom bojom, pa se i vegetacija na takvim snimcima javlja u crvenoj boji.

5. IR termografija:

IR termografija je beskontaktna metoda merenja temperature i njene raspodele na površini tijela. Temelji se na merenju intenziteta infracrvenog zračenja s promatrane površine.

Rezultat termografskog merenja je termogram, koji u sivim tonovima ili nekom kodu boja daje sliku temperaturne raspodjele na površini promatranog objekta. Temperaturna raspodela posredno daje informaciju o različitim stanjima same površine ili je pak odraz strukture i unutrašnjeg stanja promatranog objekta.

Infracrvena termografija, termalno snimanje, termografsko snimanje, ili termalni video, je tip znanosti infracrvenog snimanja. Termografske kamere opažaju zračenje u infracrvenom pojasu elektromagnetskog spektra (grubo 900-14,000 nanometara ili 0.9-14 mikrometara) i stvaraju snimke tog zračenja koje nazivamo termogramima.

Kako infracrveno zračenje emituju sva tela ovisno o njihovoj temperaturi, prema zakonu zračenja crnog tijela, termografija omogućava „gledanje“ okoline bez vidljivog osvetljenja. Količina zračenja se povećava s temperaturom, stoga termografija omogućava da vidimo promene temperature (otuda i ime termografija). Gledani **termografskom kamerom**, topli predmeti se dobro ističu u odnosu na hladniju pozadinu; ljudi i druge toplokrvne životinje postaju lako vidljivi u odnosu na okolinu, danju i noću. S toga ne čudi da se široka upotreba termografije vezuje za vojsku i za službe osiguranja.

Termografsko snimanje upotrebljavaju i vatrogasci kako bi videli kroz dim, pronašli ljude, i lokalizirali izvor vatre. Tehničari koji održavaju dalekovode mogu uz pomoć termalnog snimanja videti pregrevajuće spojeve i delove i njihovim popravkom izbeći opasnosti. Na mestima gdje je loša termalna izolacija, građevinari mogu videti termalne otiske koji upućuju na gubitke topline, a termografijom se koriste i u svrhu poboljšanja efikasnosti rashladne ili toplinske klimatizacije. Termografske kamere su ugrađene i u neke luksuzne automobile kako bi pomagale vozaču. Neke se fiziološke aktivnosti, naročito reakcije, u ljudi i ostalih toplokrvnih životinja, takođe mogu biti praćene termografskim kamerama.

Izgled i delovanje modernih termografskih kamera je često slično videokamerama. Sama mogućnost da korisnik vidi u infracrvenom spektru je tako korisna funkcija da je mogućnost zapisa snimka često opcionalna. Stoga modul za zapisivanje nije uvijek ugrađen. **CCD** i **CMOS** osjetnici korišćeni za kamere koje djeluju u vidljivom spektru su osjetljive samo na netermalni dio infracrvenog spektra koji se naziva bliski infracrveni pojas, ali ne do dela infracrvenog spektra koji se koristi za termalno snimanje (srednjetalasno i dugotalasno infracrveno zračenje), stoga većina termalnih kamera koristi specijalizovane redove fokusnih ravnina (**FPA** – Focal Plane Array) koje reaguju na duže talasne dužine. Najučestaliji su tipovi FPA senzora **InSb**, **InGaAs**, **HgCdTe** i **QWIP**. Najnovije tehnologije koriste jeftine i nehladene mikrobolometre. Njihova je rezolucija znatno niža nego kod optičkih kamera, uglavnom 160x120 ili 320x240 piksela, sve do 640x512 kod najskupljih modela. Termografske su kamere mnogo skuplje nego normalne, a najbolji modeli su često zabranjeni za izvoz. Stariji bolometri ili osjetljiviji modeli, poput **InSb**, zahtevaju kriogeničko hlađenje, uglavnom minijaturnim Stirlingovim hladnjakom ili kiseonikom.

Razlika između infracrvenog filma i termografije

Infracrveni film je osjetljiv na infracrveno zračenje između 250°C i 500°C, dok je raspon termografa -50°C do preko 2,000°C. Znači, da bi infracrveni film nešto prikazao, to nešto mora biti na temperaturi preko 250 stupnjeva Celzijusovih ili reflektirati infracrvenu radijaciju s nečega što je barem toliko toplo. Uređaji za noćni vid prikazuju sliku bliskog infracrvenog zračenja i vide u potpunom mraku. Postoje i uređaji koji samo pojačavaju okolno osvetljenje.

Pasivna nasuprot aktivne termografije

Sva tela iznad apsolutne nule emitiraju infracrveno zračenje. Stoga je dobar način za merenje toplinskih varijacija korištenje uređaja za infracrveno viđenje. Kod pasivne termografije, delovi koji nas zanimaju su prirodno na višoj ili nižoj temperaturi od pozadine. Pasivna termografija ima mnoge primjene kao što su nadzor ljudi i medicinska dijagnoza. U aktivnoj je termografiji s druge strane, potreban je energetski izvor da bi napravio termalni kontrast između predmeta promatranja i pozadine. Aktivni je pristup potreban u mnogim slučajevima kad su predmeti promatranja u ravnoteži s okolinom.

Prednosti termografije

Prikazuje vidljivu sliku tako da se mogu usporediti temperature na velikoj površini. Sposobna je hvatati mete u kretanju u realnom vremenu. Može se koristiti za merenja nepristupačnih i opasnih mesta. Može se koristiti da se nađe defekte u metalnim dijelovima. Može se koristiti za bolji vid u mračnim područjima.

Ograničenja i mane termografije

Termalne kamere su skupe. Snimci se teško interpretiraju kad se radi o objektima sa nehomogenim temperaturama. Precizna merenja ometa nejednolika emisivnost i refleksije od drugih površina. Većina kamera ima $\pm 2\%$ preciznosti ili gore i nisu precizne kao kontaktne metode. Mogu direktno opažati samo površinsku temperaturu.

Upotrebe

Praćenje stanja uređaja, medicinske slike, infracrvena mamografija, veterinarska medicina, noćni vid, istraživanja, kontrola procesa, nerazorna ispitivanja, nadzor, hemijski inženjering, vulkanologija...

6. Lociranje gubitaka i uticaji na IR snimanje fasada:

Infrared termografija kao nedestruktivna metoda obezbeđuje veliki broj inženjerskih podataka o konstruktivnim detaljima građevinskih objekata i značajnim karakteristikama objekata vezanih za energetska stanja i gubitke energije u zavisnosti od spoljnih uslova.

U infrared svetu svaki objekat sa temperaturom iznad apsolutne nule emituje energiju. Visoke temperature fasade objekta na infrared snimku se manifestuju tamnijom bojom – veći gubici. Sa povećanjem temperature objekta raste i intenzitet emitovanog IR zračenja.

Infrared termografijom uočavaju se glavni problemi:

- Prekomerno trošenje energije do gubitka ili oštećenja izolacije ili prekomerni gubitak vazduha duž termalnih perimetara
- Oštećenja izazvana vlagom
- Oštećenja izazvana ledom
- Neadekvatno izvođenje radova ili greške u projektu
- Raslojavanje materijala fasade

Termografsko snimanje objekta

Primena savremenih mera energetske efikasnosti u zgradarstvu ima kao glavni cilj, trajno smanjenje energetske potrebe pri projektiranju, izgradnji i korištenju novih zgrada, te sanaciji i rekonstrukciji postojećih. Infracrvena termografija pokazala se kao izuzetno korisna metoda za vizualizaciju toplotnih gubitaka kroz elemente konstrukcije kod istraživanja potencijala povećanja energetske efikasnosti zgrada. Termografskim snimanjem zgrada, te kasnijom stručnom interpretacijom moguće je locirati nedostatke konstrukcije i usmjeriti zahvate na sanaciji prema optimalnom poboljšanju energetske efikasnosti zgrade. Dakle, široko područje koje uspešno kontroliše i nadzire termografija, danas se sve više širi i na područje zgradarstva. Ispitivanje kvaliteta izolacije omotača zgrade i lociranje mesta s najvećim gubicima toplote, utvrđivanje mesta s povećanom vlagom, analiza objekata pod zaštitom, sve se to uspešno otkriva metodom termografije, bez razaranja konstrukcije. Termografskim snimanjem meri se postojanje tzv. toplih mesta tj. mesta rasipanja energije i hladnih mesta, područja vlaženja. Pored detekcije gubitaka toplote, termografija se koristi se i kao kvalitativna metoda kontrole građenja kod novih objekata. Termografsko ispitivanje može biti:

- Kvalitativno, kada se detektuju površine sa odstupanjem temperaturnog polja
- Kvantitativno, kada se određuju vrednosti temperature u odabranim tačkama

U načelu se izvodi kvalitativno ispitivanje kojim se otkrivaju zone sa odstupanjem toplotnog polja.

Toplota koju površina objekta zrači prolazi kroz atmosferu, preko objektiva kamere stiže na detektor gde se prevodi u električni signal, koji se prikazuje na ekranu u boji. Snimak termičke slike je termogram. Kamera snima izlazno zračenje sa površine objekta i zračenje atmosfere. Izlazno zračenje koje potiče od objekta umanjeno je zbog slabljenja pri prolasku kroz atmosferu. Kako je za ispitivanje bitna samo energija emitovanja od objekta potrebna je kompenzacija. Dobijena slika, termogram sa analizira poređenjem sa referentnom tačkom, utvrđenom za analizirani objekat.

6.1. PRIMER IZ PRAKSE

U ovom poglavlju prikazani su rezultati snimanja termovizijskom kamerom, koja su izvršena na opitnom stambenom objektu koji se nalazi na Novom Beogradu u bloku 34. Komparativna merenja su vršena u tri stana kaja se nalaze jedan iznad drugog. U stanu na prvom spratu izvršeno je dihtovanje prozora trakom za dihtovanje na čitavom okviru prozora. Takođe je fasada obrađena termoizolacionim hidrofobnim premazom. Na drugom spratu nisu izvršene nikakve promene i on je služio za poređenje. Novi kvalitetni PVC prozori su ugrađeni na trećem spratu.

6.2. SNIMANJE TERMOVIZIJSKOM KAMEROM

Upotrebom termovizije mogu da se ustanove toplotni gubici, kao i temperaturne varijacije omotača zgrade, koji mogu da nastanu kao posledica loše rešene konstrukcije, neadekvatne izolacije, propuštanja vazduha, vlage. Termovizijskom kamerom izvršeno je snimanje prednje i zadnje fasadne pomenutog opitnog objekta, i to prvog drugog i trećeg sprata.

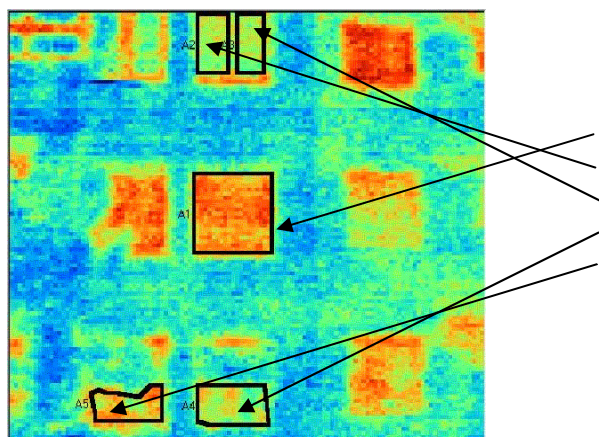
Na dan snimanja vremenski uslovi za snimanje su bili idealni (bio je oblačan dan, pa ni jedan deo fasade nije bio osunčan), a spoljašnja temperatura vazduha je iznosila 8°C. Temperatura prozora kretala u intervalu od 10,9°C do 16,3°C, što odgovara očekivanju da fasada mora biti toplija od okolnog vazduha. Takođe se može uočiti sledeće:



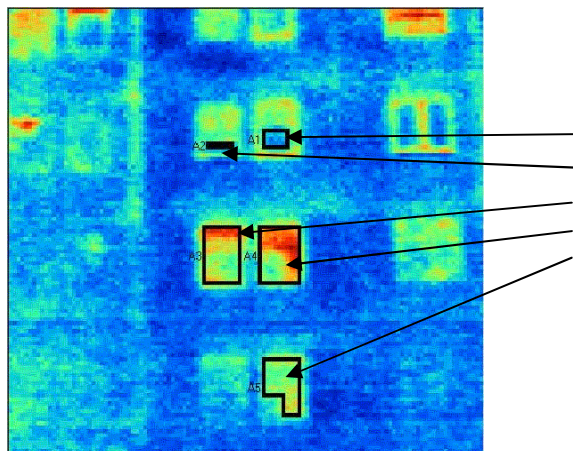
Slika 5. Primeri ispitivanja konkretnih objekata u praksi

Prozori na drugom spratu su topliji od prozora na trećem spratu za oko 2°C. Taj podatak potvrđuje da su novougrađeni prozori bolji termički izolatori.

Na prvom spratu je donja trećina prozora toplija od ostatka, što je posledica toga da su roletne bile za toliko spuštene. Znači da spuštene roletne poboljšavaju termičku izolaciju.



Slika 6. Zadnja fasada. Prvi, drugi i treći sprat



Slika 7. Prednja fasada. Prvi, drugi i treći sprat

7. IR kamere:

IR kamera se sastoji od sledećih elemenata:

- Objektiv, skuplja zračenje
- Filter, propušta zračenje određene talasne dužine
- Detector, očitava zračenje i prevodi ga u elektronski oblik
- Monitor, elektronski oblik prikazuje kao sliku-termogram

Toplota koju površina objekta zrači prolazi kroz atmosferu, preko objektivu kamere stiže na detektor gde se prevodi u električni signal, koji se prikazuje na ekranu u boji. Snimak termičke slike je termogram.

Kamera snima izlazno zračenje sa površine objekta i zračenje atmosfere. Izlazno zračenje koje potiče od objekta umanjeno je zbog slabljenja pri prolasku kroz atmosferu. Kako je za ispitivanje bitna samo energija emitovanja od objekta potrebna je kompenzacija. Savremenim IR kamerama kompenzacije koje su se u ranijim modelima unosile ručno sada kamera izračunava automatski pomoću instaliranog softvera.

Dobijena slika, termogram sa analizira poređenjem sa referentnom tačkom, utvrđenom za analizirani objekat.



Slika 8. Savremena Infra red kamera TABI 1800

Infra red kamera TABI 1800 je termalna širokougaona kamera koja nudi nove tehnologije koja unapređuje osetljivost i povećava spektar. Imam odličnu osetljivost, preciznost merenja od $0,05^{\circ}\text{C}$ sa osetljivošću $0,1^{\circ}\text{C}$. Ova kamera sa 1800 piksela omogućava korisnicima da mapira velike površine u veoma malom vremenskom periodu.

8. Komponente LIDAR sistema:

Sistem za snimanje iz vazduha poznat kao LIDAR sistem (Light Detection and Ranging), predstavlja relativno nov način za prikupljanje podataka koji obezbedjuje veliki broj informacija o objektima na površini zemlje kao i o zemjinskim oblicima sa velikom gustinom trodimenzionalnih koordinata tacaka, omogucavajući visoki kvalitet predstavljanja snimljene površine. LIDAR sistem je rezultat integracije četiri tehnologije u jedan sistem, koji služi za prikupljanje podataka i predstavlja idealan alat koji omogucava dobijanje digitalnih površinskih modela. Ove tehnologije su:

- Laserski skener (Laser scanning and Ranging System)
- 3D pozicioniranje GPS tehnologijom (GPS – Global Positioning System)
- Inercijalne tehnologije (INS – Inertial Navigation System...)
- Digitalna fotografija (RGB, IR, NIR...)

Kombinacijom ovih tehnologija, obezbedjuje se brzo, efikasno i veoma jeftino prikupljanje podataka baziranih na geodetskim principima.

LIDAR sistem analogan RADAR-u, ali koristi infracrveni segment elektromagnetnog spektra. Vecina LIDAR sistema, u zavisnosti od tipa ima bazicno slicne komponente.

Bazne komponente sistema LIDAR:

- 3D pozicioniranje
 1. GPS (nosac uređaja, bazna stanica i tipicno „post-processed kinematic“ rešenje);
 2. Inercijalna merna jedinica IMU – Inertial Measurement Unit (registruje promene položaja između dva GPS očitavanja).

Ključne komponente LIDAR sistema:

- Uglovi merenja (IMU – Inertial Measurement Unit; precizna merenja promena pravca kretanja);
- Merenje dužina (Laserski skener).

Prednosti:

- Predstavlja pravi rudnik podataka za kancelarijsku obradu (nema potrebe za povratom na teren radi prikupljanja dodatnih podataka);
- Manja cena u odnosu na konvencionalne metode rada;
- Brzo prikupljanje podataka;
- Brza obrada podataka;
- Rad i na nepristupacnim terenima (moguca snimanja i u sumovitim predelima, ispod krosnji)...

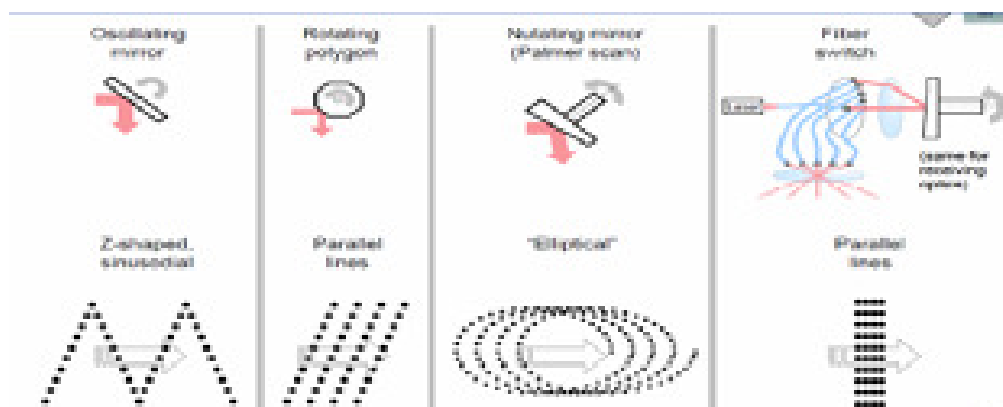
Nedostaci:

- Sistem ne radi dobro za vreme kise, magle i snega;
- Snazni vetar umanjuje kvalitet radova i podataka sistema;
- Ne moze identifikovati podatke o granicama, podzemnim instalacijama i informacijama o vodama (sem linije vodenog toka)...

9. Laserski skeneri:

Laserski skener (Laser scanning and Ranging System) predstavlja jednu od tehnologija koje u kombinaciji sa drugim zajedno čini LIDAR sistem, a koji služi za prikupljanje podataka i dobijanje digitalnih površinskih modela. To je nova tehnologija iz oblasti geodetskog premera.

Laserski skener prikuplja podatke u formi koordinata tacaka u prostoru tako što šalje laserske zrake i prima odbijene laserske zrake od objekta snimanja. Karakterise ga velika brzina skeniranja: 100-200 kHz (tacaka u sekundi). Primenuju se laseri razlicitih talasnih duzina (obicno iz infracrvenog opsega). Osnovne karakteristike lasera: konstantna brzina prostiranja, uzak snop svetlosti, uzak spektralni opseg, visoka energija.



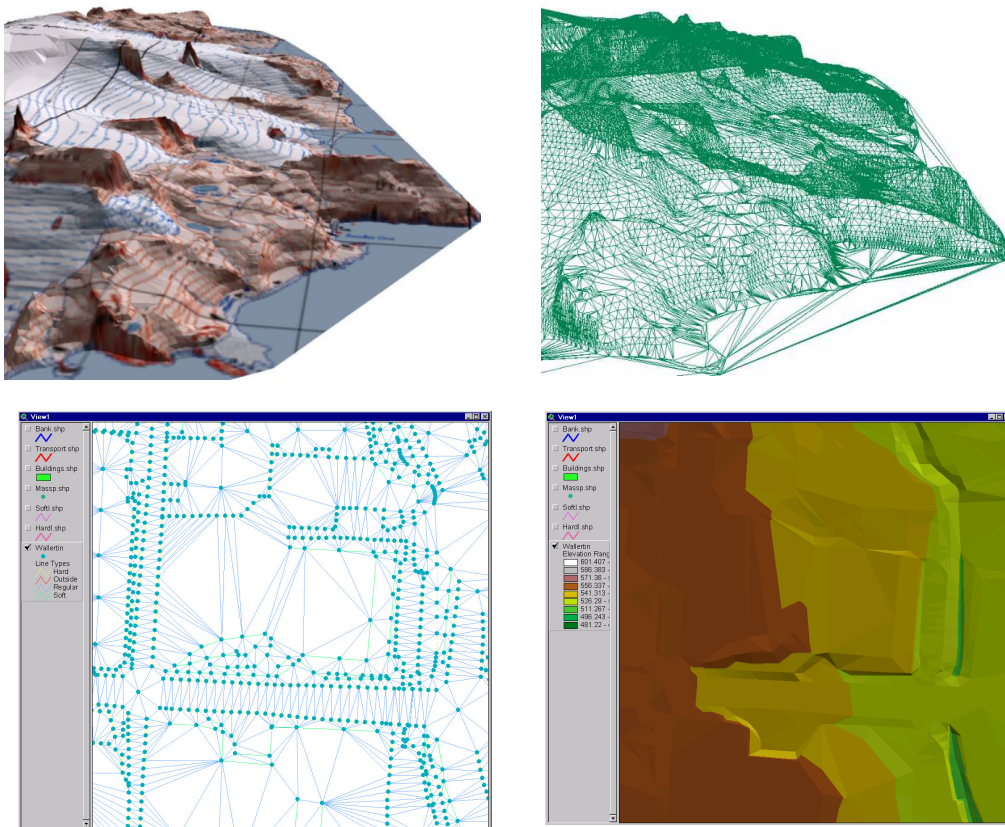
Slika 9. Uredjaji koji se koriste za usmeravanje laserskih zraka

Principi merenja laserskim skenerom uz prikaz tacnosti pri merenju, u zavisnosti od metode:

1. Triangulacijska metoda merenja: Udaljenost: <5m; Tacnost: <1mm;
2. Fazna metoda merenja: Udaljenost: <100m; Tacnost: <10mm;
3. Pulsna metoda merenja (merenje rastojanja preko vremena putovanja pulsa):
 - Udaljenost: <100m; Tacnost: <10mm
 - Udaljenost: <1000m; Tacnost: <20mm.

10. Digitalni modeli terena i površi:

Digitalni modeli terena i površi (DMT) ili engleski **Digital Terrain Model (DTM)** jeste standardan način za predstavljanje površi terena u digitalnom obliku. To je numerička i matematička predstava terena dobijena korišćenjem odgovarajućih visinskih i položajnih merenja, kompatibilnih u gustini i rasporedu sa terenom, tako da visina bilo koje tačke na obuhvaćenom terenu može automatski da se dobije interpolacijom uz odgovarajuću tačnost. Površ terena se predstavlja matematičkim modelom koji se bazira na korišćenju pravilne mreže visina (grid) ili na korišćenju mreže nepravilnih trouglova TIN (Triangular Irregular Network) koju čini skup susednih nepreklapajućih trouglova dobijenih iz slučajno raspoređenih tačaka. TIN strukturu podataka čine nepravilno raspoređene, najčešće originalno merene tačke na terenu, koje predstavljaju temena mreže nepravilnih nepreklapajućih trouglova.

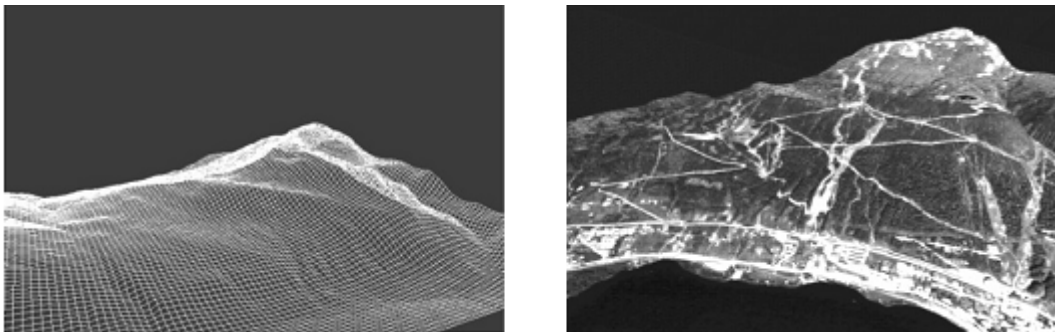


Slike 10-14. Triangular Irregular Network (TIN)

Cilj prikupljanja podataka za formiranje DMT-a je odabir optimalnog reprezentativnog uzorka podataka koji će u pogledu količine, rasporeda i kvaliteta podataka obezbediti modeliranje površi terena u skladu sa zahtevanom tačnošću. Aerofotogrametrijsko snimanje i naknadna digitalna fotogrametrijska obrada i merenja sa snimaka jedna je od metoda za prikupljanje DMT podataka koja obezbeđuje optimalan odnos između zahteva za kvalitetom podataka, sa jedne, i efikasnošću i ekonomičnošću, sa druge strane.

DMT je koristan kod svih vrsta prostornih analiza i kod izrade i realizacije projekata izgradnje različitih objekata na površi terena (analize dogledanja, 3D vizuelizacija i simulacija, procena erozije, proračun osunčanosti, zemljani radovi, računanje kubatura,...). Podaci o površi terena se krajnjim korisnicima mogu isporučiti u digitalnom obliku u vidu obrađenih prikupljenih podataka (tačke i linije terena), ali se češće isporučuju u obliku grid DMT ili TIN DMT modela podataka. Formati za isporuku ovih podataka su standardni CAD (Autodesk DWG/DXF, Microstation DGN,...) i vektorski GIS (ESRI Geodatabase ili Shapefile, Mapinfo MID/MIF,...) formati za tačke i linije terena i TIN, ili to mogu biti rasterski GIS formati (GeoTIFF, ASCII DEM,...) za DMT u formi grida. Pojam srodan pojmu DMT čini i pojam DEM (Digital Elevation Models). Ovaj pojam podrazumeva obrazovanje podataka o terenu u obliku matrice visine (Elevation) terena. DEM se najčešće obrazuje kroz grid (rešetkastu) strukturu podataka. Gridne ćelije su pri tome obično organizovane u obliku kvadrata čija temena predstavljaju visinske tačke.

Digitalni elevacioni modeli se obično izrađuju tehnikama daljinske detekcije, mada, ipak, mogu biti napravljeni korišćenjem terenskog istraživanja. Jedna od boljih tehnika za izradu digitalnog elevacionog modela je interferometrijski radar sa sintetičkom aperturom. Dva snimanja satelitom koji nosi radarski sistem (kao što je Radarsat-1) dovoljna su za generisanje digitalne elevacione karte, koja obuhvata prostor od oko 10 kvadratnih kilometara, sa rezolucijom oko 10 metara. Ovako generisan DEM sadrži i realnu sliku tog dela Zemljine površi. Još jedna dobra tehnika za izradu digitalnog elevacionog modela je primena sintetičkih stereo parova. Ona zahteva dve slike istog područja snimljenog iz dva različita ugla, prilikom istog prolaska aviona ili satelita za osmatranje Zemlje (EROS). Ovakve uređaje, sa mogućnošću stereosnimanja, ima satelit SPOT-5, i oni imaju mogućnost panhromatskog snimanja sa rezolucijom 5m. Starije metode izrade digitalnih elevacionih modela uključuju interpolaciju digitalnih konturnih karata, proizvedenih direktnim istraživanjima površi terena. Ova metoda se i dalje koristi u planinskim područjima, gde metoda interferometrije ne daje zadovoljavajuće rezultate.



Slike 15-16. Prikaz DEM modela

Koncept digitalnog elevacionog modela zahteva mogućnost kontinuiranog dobijanja podataka o visini bilo koje lokacije na proučavanom području.

11. Inercijalni navigacioni sistem:

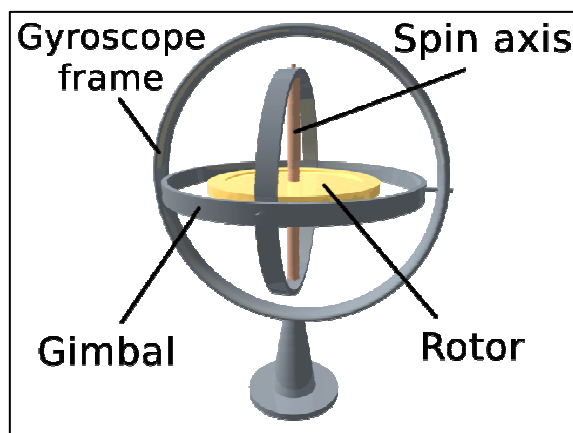
Inercijalni navigacioni sistem (INS), su namenjeni za merenje parametara navigacije objekta u prostoru, kroz korišćenje računara i senzora (akcelometri i žiroskopi). Akcelometar detektuje promene „vektora stanja“ objekta u prostoru, i vrši merenje njegovog translatornog kretanja dok sa druge strane žiroskopi prate rotacije objekta u prostoru. INS zatim kontinualno preuzima pristigle signale iz senzora tj. akcelometra i žiroskopa i na osnovu njih računa parametre navigacije. INS zatim putem računara upoređuje dobijene rezultate u odnosu na početno stanje mirovanja objekta (ili na neko novo uzeto referentno stanje) i na taj način kontinualno određuje orijentaciju i brzinu objekta (pravac i brzinu kretanja), u realnom vremenu. Parametre kretanja, slobodnog tela u prostoru, određuje bez potrebe za stalnim referentnim poređenjem, u odnosu na spoljno okruženje. Sistem funkcioniše na taj način što se meri kinematički parametri šest stepeni slobode: tri translacije (duž tri upravne ose) i tri rotacije (oko tri upravne ose).

Koncept inercijalnog navigacionog principa se zasniva na merenju ubrzanja u translatornom kretanju duž upravnih osa i ugaonih brzina tokom rotacije oko istih osa. Na osnovu poznate mase i izmerene sile inercije, računar određuje ubrzanje i ugaonu brzinu na osnovu sile precesije.

Veliki nedostatak INS jesu odstupanja u merenju sa raspoloživim sensorima. Ipak, u praksi se navedeni nedostatak prevazilazi kroz kombinovanje INS sa drugim navigacionim sistemima. Na primer, u kombinaciji sa sistemom GPS, moguće je dobiti apsolutne podatke položaja svake sekunde, dok sam INS interpolira srednje vrednosti. Upotrebom Kalmanovog filtera u odgovarajućoj petlji regulisanja, greške merenja INS-a se svode na minimum.

Za inercijalni navigacioni sistem, vezani su pojmovi: inercijalna referentna platforma, inercijalni instrument, inercijalna merna jedinica i mnoge druge varijacije naziva.

Inercijalni navigacioni sistem (INS) se koriste za navigaciju pokretnih objekata, kao što su vozila, brodovi, avioni, podmornice, vođene rakete ili svemirske letelice.



Slika 17. Žiroskop

12. Tehnologija GPS-a:

GPS je jedini funkcionalni globalni navigacioni satelitski sistem. Skraćenica potiče od početnih slova reči **Global Positioning System** što znači **Sistem za globalno pozicioniranje**. Služi za tačno određivanje položaja neke tačke (ili položaja u odnosu na neku tačku) na Zemljinoj kugli. Službeno ime sistema je NAVSTAR što je skraćenica za **Navigation Satellite Timing and Ranging**. Originalno je bio namenjen za vojne svrhe (razvijen je 50-tih godina od strane američke vojske), ali je 1980. stavljen na raspolaganje u civilne potrebe.

12.1. Razvoj sistema



Slika 18. Mreža raspoloživih satelita

Razvoj sistema je započeo 1973. godine. Prvi satelit lansiran je 1978, a broj od 24 aktivna satelita dostignut je 1994. Sistem je proglašen potpuno operativnim 1995. godine. Iako je inicijalno sastavljen od 24 satelita, od marta 2008. čini ga 32 satelita, koji se nalaze u srednjoj orbiti oko zemlje i emituju specifične mikrotalasne signale (1575.42 MHz) pomoću koji GPS prijemnici mogu da odrede lokaciju, brzinu, pravac kretanja i nadmorsku visinu na kojoj se nalaze. Orbitirajući na visini od 20.200 km (odnosno na 26.600 km u odnosu na centar zemlje). Prosečan vek jednog satelita iznosi desetak godina. GPS je jedna od novijih metoda prikupljanja podataka koja je izvršila pravu „revoluciju“ u ovoj oblasti i samom GIS-u. Poslednjih godina doživljava veoma veliku ekspanziju u korišćenju u civilne svrhe.

Jedna od najčešćih civilnih primena je praćenje raznih tipova vozila, prevoznih sredstava i građevinskih mašina. Princip rada je zasnovan na dužini vremena koje protekne dok signal sa satelita ne stigne do Zemlje. Sateliti konstantno odašilju radio signale, a prijemnici na Zemlji te signale evidentiraju i mere dužinu njihovog puta. Mereći na ovaj način dužinu puta koju signal pređe pomoću najmanje 3, a može i više satelita, metodom triangulacije dolazi se do tačnog položaja prijemnika. Greška u merenju je dozvoljena i iznosi od 5-10m, a može nastati zbog više razloga. Savremeni GPS sistemi, tzv. diferencijalni GPS, pokušavaju da poboljšaju tačnost merenja i to tako što koriste dva GPS prijemnika, pri čemu jedan služi za prikupljanje podataka, a drugi je fiksiran. Ako se precizno odredi lokacija fiksiranog prijemnika, može se lako proceniti greška koja nastaje pri prikupljanju podataka kod drugog prijemnika. GPS je danas zadobio veliki broj korisnika i sa opadanjem cene samog prijemnog uređaja, osim za konkretne naučne ili vojne svrhe, GPS uređaji ugrađuju se u mobilne telefone ili automobile sa ciljem što efikasnije navigacije.

Zanimljivost: Iako vlada Sjedinjenih Američkih država ima mogućnost da u određenim trenucima unese grešku u određivanju pozicije pomoću GPS sistema (u slučaju rata, vojnih intervencija i sl.), američki predsjednik Bil Clinton se ove mogućnosti 2000-te godine odrekao kako bi naglasio nameru Ministarstva Odbrane da se ovaj sistem koristi isključivo u civilne i mirnodopske svrhe.

12.2. Strukturne komponente GPS-a

GPS se sastoji od tri komponente:

- Kosmičke komponente (sateliti),
- Kontrolne komponente (zemaljske stanice),
- Korisničke komponente (korisnici i njihovi GPS-prijemnici).

12.2.1 Kosmička komponenta

Kosmička komponenta je srce sistema. Sateliti su u tzv. "visokoj orbiti" na oko 20 000 kilometara iznad Zemljine površine. Rad na takvoj visini omogućuje da signali prekriju veće područje. Sateliti su tako složeni u orbite da GPS-prijemnik na Zemlji može uvek primati signale sa barem četiri od njih. Trenutno ih je aktivno 32. Sateliti putuju brzinom od 11 000 km/h, što znači da obidu Zemlju na svakih 12 sati. Napajaju se solarnom energijom. Kada solarna energija zakaže (pomrčine itd.), postoje rezervne baterije koje ih održavaju u pogonu. Također imaju mali raketni pogon koji ih održava na pravoj putanji.

Svaki satelit emituje radio signale male snage na nekoliko frekvencija (označene su sa L1, L2 itd.). Civilni GPS-prijemnici "slušaju" na frekvenciji L1 od 1575,42 MHz UHF-pojava. Signal putuje kao zrak svetlosti, što znači da prolazi kroz oblake, staklo i plastiku, ali ne prolazi kroz mnoge čvrste objekte kao što su zgrade i planine. Satelitski signali odašilju se vrlo malom snagom, od 20-50 W. Poređenja radi, lokalna FM radio stanica emituje snagom od oko 100 000 W. Svaki satelit emituje jedinstveni kod omogućujući GPS-prijemniku da identifikuje signale. Glavna svrha tih kodiranih signala je da omogući računanje vremena putovanja signala od satelita do GPS-prijemnika na Zemlji. To se vreme takođe naziva vremenom dolaska. Vreme pomnoženo brzinom svetlosti daje udaljenost od satelita do GPS-prijemnika. Navigaciona poruka (informacija koju satelit šalje prijemniku) sadrži orbitalnu i vremensku informaciju satelita, generalnu sistemsku statusnu poruku i jonosfersku korekciju. Satelitski signali su vremenski upravljani preciznim atomskim časovnicima.

12.2.2 Kontrolna komponenta

Kontrolna komponenta radi šta joj ime kaže - "kontrolnišće" GPS-satelita, odnosno upravlja njima prateći ih i dajući im ispravljene orbitalne i vremenske informacije. Postoji pet kontrolnih stanica širom sveta - 4 bez ljudi, koje služe za nadgledanje i jedna glavna kontrolna stanica. Četiri prijemne stanice bez ljudi neprekidno primaju podatke od satelita i šalju ih glavnoj kontrolnoj stanici. Glavna kontrolna stanica "ispravlja" satelitske podatke i šalje ih nazad GPS-satelitima.

12.2.3 Korisnička komponenta

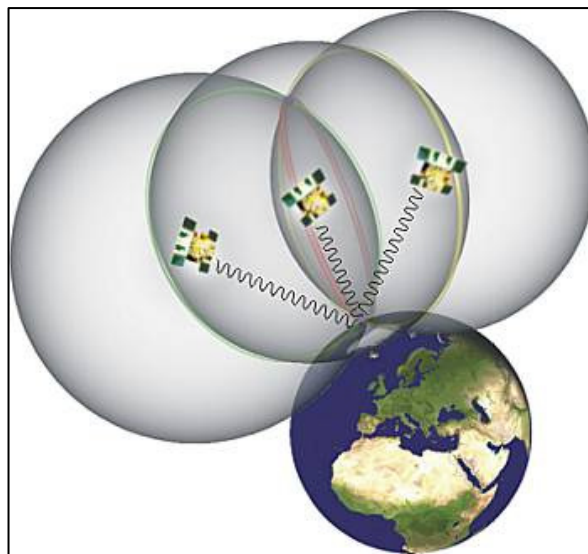
Korisnička komponenta se sastoji se od svih koji upotrebljavaju GPS i njihovih prijemnika. To znači, da se korisnička komponenta sastoji od pomoraca, pilota, planinara, lovaca, vojnika i bilo koga drugog tko želi znati gde se nalazi, gde je bio ili kuda ide, a upotrebljava GPS-prijemnik.

12.3. Princip rada

GPS prijemnik izračunava poziciju pomoću poruka sa GPS satelita koje u sebi sadrže veoma precizno vreme (trenutak) u kome je poruka poslata sa satelita prema zemljinoj površini. Svaki satelit neprestano šalje poruku koja, pored pomenutog preciznog trenutka slanja poruke, sadrži i preciznu informaciju o orbiti satelita (tzv. efemeris), kao i ne toliko preciznu informaciju o orbiti ostalih satelita u sistemu (tzv. almanah). GPS prijemnik, na osnovu trenutka u kome do njega stiže signal sa satelita, određuje svoju razdaljinu od svakog satelita pojedinačno. Korišćenjem geometrije i trigonometrije GPS prijemnik na osnovu ovih rastojanja određuje svoju tačnu poziciju koja se reprezentuje u za korisnika čitljivoj formi, odnosno kao geografska širina i geografska dužina. Metode GPS merenja:

- kodna i fazna,
- real-time i postprocessing,
- apsolutno i relativno,
- statičko i kinematičko.

Da bi se odredila precizna 2D pozicija potreban je signal sa najmanje 3 satelita, a da bi se utvrdila i nadmorska visina na kojoj se GPS prijemnik nalazi (odnosno 3D pozicija), potreban je signal sa najmanje 4 satelita. Kako je ukupan broj satelita 32, u svakom trenutku GPS prijemniku je dostupan veći broj satelita od neophodnih 4.



Slika 19. Izračunavanje 2D položaja (geografska širina i geografska dužina)

Da bi GPS sistem funkcionisao, sateliti moraju da šalju poruke sa veoma preciznim trenutkom slanja, odnosno moraju da poseduju časovnike realnog vremena koji će biti veoma tačni i precizni. U tu svrhu se koriste atomski časovnici kojima je opremljen svaki od 34 satelita koji se nalaze u orbiti.

12.4. Izvori grešaka

Civilni GPS-prijemnici beleže greške pri određivanju položaja koje su prvenstveno rezultat akumuliranja grešaka iz sledećih izvora:

1. *Jonosfersko i troposfersko kašnjenje* - Satelitski signal usporava kada prolazi kroz atmosferu. Sistem koristi ugrađeni "model" koji računa prosečno, ali ne tačno vreme kašnjenja.
2. *Višestruki put signala* - To se događa kad se GPS-signal reflektuje od objekata, kao što su zgrade ili površine velikih stena pre nego što stigne do prijemnika. To povećava vreme putovanja signala tako uzrokujući grešku.
3. *Greške časovnika prijemnika* - Kako nije praktično imati atomski časovnik u GPS-prijemniku, ugrađeni časovnik može imati male greške u merenju vremena.
4. *Orbitalne greške* - Takođe poznate kao "greške efemerida", netačnosti su u izveštaju o položaju satelita.
5. *Broj vidljivih satelita* - Što više satelita prijemnik može "videti", to je bolja tačnost. Zgrade, konfiguracija terena, elektronska interferencija ili npr. gusto lišće mogu blokirati prijem signala, uzrokujući greške u položaju, ili pak sasvim onemogućiti određivanje položaja. Što je bolja vidljivost, to je bolji prijem. GPS-prijemnici neće primati signal unutar zgrada (obično), ispod vode ili zemlje.
6. *Geometrija satelita/zasenjivanje* - Odnosi se na relativan položaj satelita u nekom trenutku. Idealna geometrija satelita postoji kada su sateliti smešteni pod velikim uglom relativno jedan u odnosu na drugi. Nepovoljna geometrija nastaje kada su sateliti smešteni na pravcu ili su tesno grupisani.
7. *Namerna degradacija satelitskog signala* - Namerna degradacija signala od strane vojske SAD-a poznata je kao "selektivna raspoloživost" (Selective Availability - SA) i namera joj je spriječiti vojne protivnike u upotrebi visokotačnih GPS-signala. SA je odgovorna za većinu grešaka u određivanju položaja. SA je posebnim ukazom ugašena 2. maja 2000., i nije više aktivna.

Međutim, tačnost se može poboljšati kombinovanjem GPS-prijemnika sa diferencijalnim GPS (ili DGPS) prijemnikom, s kojim se mogu redukovati neke od gore navedenih grešaka. Diferencijalni GPS (tj. DGPS) radi tako da se GPS-prijemnik (naziva se referentnom stanicom) stavi na poznati položaj. Budući da referentna stanica zna svoj tačan položaj, može odrediti greške u satelitskim signalima. Ona to radi merenjem udaljenosti do svakog satelita koristeći dolazne signale i upoređujući te merene udaljenosti sa udaljenostima izračunatim iz poznatih položaja. Razlika između merene i izračunate udaljenosti za svaki vidljivi satelit postaje "diferencijalna korekcija".

Diferencijalna korekcija za svaki praćeni satelit se oblikuje u odgovarajuću korektivnu poruku i šalje DGPS-prijemnicima. Te se diferencijalne korekcije primenjuju u računanjima GPS-prijemnika, uklanjajući mnoge od uobičajenih grešaka i povećavajući tačnost. Nivo postignute tačnosti zavisi od GPS-prijemnika i sličnosti njegove "okoline" onoj referentne stanice, posebno od njegove blizine toj stanici. Prijemnik referentne stanice određuje komponente greške i daje korekcije GPS-prijemniku u stvarnom vremenu. Korekcije se mogu prenositi preko radio uređaja, preko satelita, ili na neki drugi način.

12.5. Primena GPS uređaja

Podaci o položaju satelita u bilo kom trenutku nazivaju se *podacima almanaha*. Ponekad, kad GPS-prijemnik nije duže vreme uključen, podaci almanaha su zastareli ili "hladni". Kada je GPS-prijemnik "hladan", trebaće mu malo duže vreme da pronađe satelite. Prijemnik se smatra "toplim" kada su podaci sakupljeni u poslednjih četiri do šest sati. Kad se bira za koji se GPS-prijemnik odlučiti, dobro je pogledati specifikaciju vremena "hladnog" i "toplog" traženja satelita. Većina prijemnika može prikazati položaj u obliku karte što značajno može pomoći u snalaženju u prostoru i u navigaciji. GPS ima raznovrsne primene na kopnu, moru i u vazduhu. U osnovi, GPS omogućuje da se zabeleže položaji tačaka na Zemlji i pomogne navigacija do tih tačaka i od njih. GPS se može upotrebljavati svugde osim na mestima gde je nemoguće primiti signal, a to su mesta unutar zgrada, u tunelima, pećinama, garažama i drugim podzemnim lokacijama te ispod vode. Najčešća primena u vazduhu obuhvata navigaciju u avio-saobraćaju. Na moru, GPS obično koriste za navigaciju rekreativni nautičari i ribolovci-entuzijasti.

Primene na tlu su raznovrsnije. Naučnici često koriste GPS zbog njegove mogućnosti preciznog merenja vremena, ali i zbog velikog broja drugih primena. Geodeti upotrebljavaju GPS da bi povećali opseg svoga rada. GPS nudi veliku uštedu smanjenjem vremena potrebnog za geodetski premer. Takođe, može dati zadivljujuću tačnost. GPS-prijemnici mogu dati tačnost precizniju od 1m, a skuplji sistemi mogu dati tačnost reda veličine centimetra. Načina za rekreativnu upotrebu GPS-a ima gotovo toliko koliko i različitih rekreativnih sportova. GPS postaje sve popularniji kod planinara, lovaca, biciklista, skijaša.

Danas je GPS postao uobičajeno pomagalo u automobilima tako što automatski kreira trasu (rutu) i daje uputstva za svako skretanje do traženog položaja.



Slika 20. Primena GPSa u automobilima

13. Vektorski tipovi podataka GIS-a:




Sekundarni izvori geografskih podataka se odnose pre svega na one izvore podataka koji se najčešće ne nalaze u digitalnoj formi i prikupljeni su za neke druge potrebe, a ne za kreiranje GIS -a. Reč je o različitim analognim kartama, različitim statističkim podacima, ali i tekstualnim ili grafičkim podacima. Za njihovo korišćenje i importovanje u bazu podataka u GIS -u neophodno je izvršiti njihovo prevođenje u digitalnu formu (kada je u pitanju vizuelna predstava onda rastersku ili vektorsku).

Jedan od procesa prevođenja u digitalnu formu je proces vektorizacije koji predstavlja prevođenje rasterskog fajla u vektorski. Najčešće se u upotrebi sreće ručna digitalizacija (vektorizacija), gde se pomoću uređaja, ručno (digitajzerom) unose podaci u računar. Ovo je veoma spor i skup proces, a greške su moguće usled neodređivanja adekvatnih georeferentnih tačaka ili netačnog kretanja digitajzerom po karti ili, čak, neadekvatne generalizacije (šta digitalizovati sa analogne karte, a šta ne). Postoji automatska digitalizacija koja podrazumeva da se ceo rasterski fajl konvertuje u vektorski, ali je nakon toga neophodna ručna obrada novog fajla jer se često dešava da automatska digitalizacija nije bila baš precizna. Za kompleksnije karte danas se najčešće koristi poluautomatska (interaktivna) digitalizacija.

13.1. Uopšteno

Karakteristika vektorskih podataka je ta što se čuvaju koristeći koordinate. Prostorni entiteti se često predstavljaju kao geometrijske figure. Različiti objekti iz realnosti se predstavljaju različitim tipovima geometrijskih figura.

- tačka,
- linija,
- poligon (površina).

Grafički element	Vektorski podaci
tačka	 X, Y, koordinate
linija	 Niz koordinata
površina	 Zatvoreni niz koordinata

Slika 21. Predstavljanje vektorskih tipova podataka

1) **Tačka** kao bezdimenzionalna veličina se koristi za predstavljanje objekata za koje dimenzija nije od značaja, već samo lokacija. Na primer, topografski znak ili tačka koja reprezentuje visinu. Tačka nosi najmanju informaciju od svih vektorskih tipova. Tačke se takođe mogu koristiti za prikaz površina kada se prikazuju u sitnoj razmeri. Gradovi na mapama sveta prikazuju se kao tačka, a ne kao poligon iako se radi o površinskom objektu, jer je cilj da se na mapi ove razmere prikaže samo lokacija, a ne i oblik. Kako je tačka bezdimenzionalna, nikakva merenja nisu moguća.

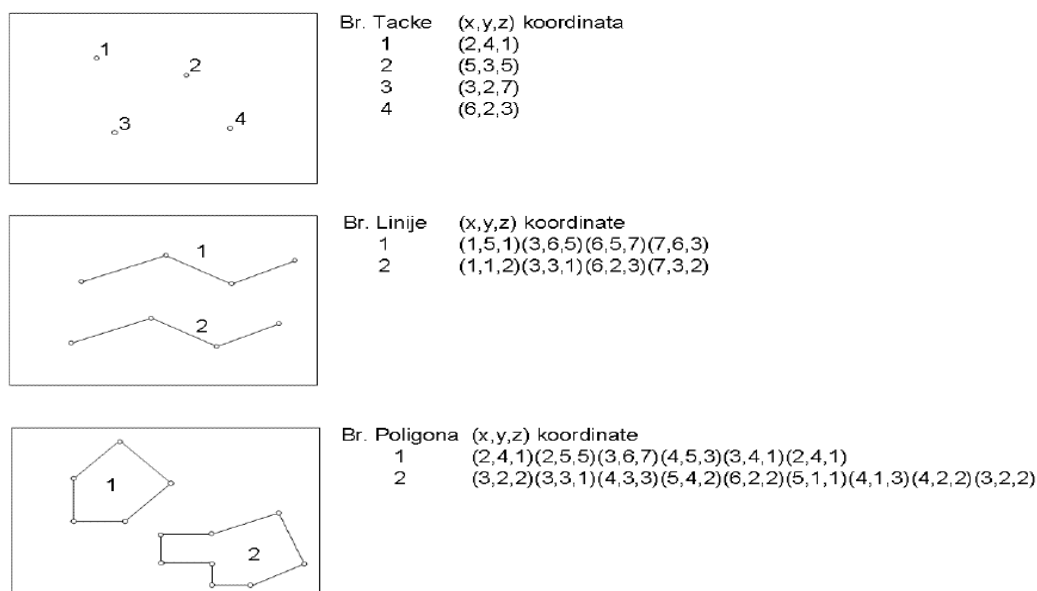
2) **Linija** ili polilinija se koriste za predstavljanje reka, puteva, pruga i svih ostalih objekata kod kojih širina nije od značaja, već samo dužina. Za razliku od bezdimenzionalne tačke, linija je jednodimenzionalni geometrijski objekat.

3) **Poligoni** su dvodimenzionalne veličine i koriste se za predstavu objekata koji pokrivaju određenu površinu na Zemlji. Poligonima se predstavljaju jezera, regioni, zgrade, tipovi zemljišta. Od svih geometrijskih objekata, poligon nosi najviše informacija. Za poligone se mogu meriti obim i površina.

13.2. Skladištenje vektorskih podataka

ESRI shape datoteke su dobar primer za analizu vektorskih prostornih tipova podataka. Shape datoteke skladište set geometrijskih podataka i atributa sa informacijama o objektu, nasleđenih od primitivnih tipova. Svaki set podataka sastoji se iz tri datoteke. Glavna datoteka čuva podatke o geometriji seta podataka. Datoteka sa tabelom čuva attribute za svaki objekat u setu. Datoteka sa indeksima omogućuje brže pretraživanje seta podataka.

Ako se vektorski setovi podataka čuvaju u nekom od relacionih baza podataka kao npr PostgreSQL, MySQL, Oracle, pa čak i MS Access, pored osnovnih tipova podataka (integer, float, double, text), potrebna je podrška za 13rad sa prostornim tipovima podataka. Ovi prostorni tipovi mogu se čuvati u binarnom obliku ili kao string.



Slika 22. Skladištenje vektorskih podataka pomoću koordinata

13.3. Manipulacija vektorskim podacima

Skoro sve klase u GIS-a se nasleđuju od primitivnih generičkih tipova (tačka, linija, poligon). Nova klasa koja se izvodi iz klase poligon može imati alfanumeričke atribute. Npr., klasa parcela se izvodi iz klase poligon i ima svoje atribute kao što su broj parcele, katastarska površina, klasa, bonitet... Za manipulaciju vektorskim podacima koristeći vrednosti atributa koriste se SQL upiti. Drugi vid upita kada se radi o prostornim podacima jesu prostorni upiti.

Prototipovi funkcija za prostorne upite su:

▪ funkcija (parametri)	tip povratne informacije,
▪ distance (geometry, geometry)	number,
▪ equals (geometry, geometry)	boolean,
▪ disjoint (geometry, geometry)	boolean,
▪ intersects (geometry, geometry)	boolean,
▪ touches (geometry, geometry)	boolean,
▪ crosses (geometry, geometry)	boolean,
▪ overlaps (geometry, geometry)	boolean,
▪ contains (geometry, geometry)	boolean,
▪ intersects (geometry, geometry)	boolean,
▪ length (geometry)	number,
▪ area (geometry)	number,
▪ centroid (geometry)	geometry.

Što se tiče ostalih alata za manipulaciju vektorskim podacima, tu spadaju:

- upravljanje podacima
- konverzija podataka
- procesiranje podataka
- vektorska analiza
- geokodiranje
- statistička analiza

U alate za upravljanje podacima spadaju operacije za definisanje domena, dodavanje i brisanje atributa, konverziju jedne klase objekata u drugu (poligon u liniju), spajanje više klasa podataka u jednu, povezivanje klasa preko atributa ili preko lokacije, generalizaciju, kreiranje topoloških struktura i sl. Alati za konverziju služe za konvertovanje u vektorske formate ili iz vektorskih u rasterske formate. Svi ostali alati služe za razne algebarske, statističke i relacione operacije.

Rezime: Vektorski podaci su tačke, linije i površine. Ovi podaci predstavljaju osnovu svakog GIS-a. Tačke predstavljaju sve što je definisano X i Y položajem u prostoru, na primer: potrošači električne energije, električni stubovi, transformatorske stanice i slično. Linije predstavljaju sve što ima dužinu: podzemni i nadzemni kablovi, ulice, železničke pruge, reke i slično. Površine ili poligoni predstavljaju sve što ima površinu ograničenu, bilo prirodnim, političkim ili administrativnim granicama kakve su države, opštine, gradovi, parcele ili marketinška područja.

14. Komponente GIS-a:

Geografski informacijski sistem (GIS) je sistem za upravljanje prostornim podacima i njima pridruženim osobinama. GIS predstavlja informacijski sistem za prikupljanje, pakovanje, proveru, analizu, modelovanje i prikazivanje informacija referentno vezanih za Zemlju, odnosno geografskih informacija, a u širem smislu omogućava korisnicima da postavljaju interaktivne upite (istraživanja koje stvara korisnik), analiziraju prostorne informacije i uređuju podatke, tzv. “pametne karte”.

Neke od mogućih definicija su i da je GIS alat za kompjutersko rešavanje geografsko-prostornih problema i da je GIS alat za otkrivanje skrivenih paterna u prostornim informacijama.

Tehnologija geografskog informacijskog sistema se može koristiti za kartografiju (očigledno), naučna istraživanja, upravljanje resursima i imovinsko upravljanje, planiranje razvoja, prostorno planiranje i planiranje infrastrukture. GIS se često koristi i za potrebe markentiških istraživanja, u geologiji, građevinarstvu, i svim oblastima koje koriste podatke vezane za karte.

GIS se sastoji od četiri interaktivne komponente:

- 1) **podsystem za unos**, koji vrši konverziju karata (mapa) i drugih prostornih podataka u digitalni oblik (vrši se tzv. digitalizacija podataka);
- 2) **podsystem za skladištenje i pozivanje podataka;**
- 3) **podsystem za analizu, i**
- 4) **izlazni podsystem**, za izradu karata, tabela i za pružanje odgovora na postavljene upite.

Kako je GIS tehnologija koja zavisi od i oslanja se na kompjutere i digitalno snimanje i obradu podataka, najvažnija komponenta je svakako sam kompjuter. Ali pored toga, postoje i neke druge komponente koje valja nabrojati:

1. Softver – da bi se neki program mogao obeležiti kao GIS mora da zadovolji određene uslove:

- da ima prostornu bazu podataka – geobazu,
- da poseduje neku vrstu mehanizma za povezivanje atributa i prostornih podataka,
- da poseduje sposobnost-geoproceniranja tj. da može da manipuliše i analizira prostorne informacije iz baze.

2. Hardver – pored samog kompjutera na kome radi GIS, postoji još nekoliko hardverskih komponenti koje mogu olakšati rad u GIS-u. Jedna grupa komponenti su uređaji za unos podataka (tastature, miševi, table za digitalizaciju, skeneri, GPS uređaji, totalne stanice i sl.) a druga grupa su uređaji za pregled podataka (monitori, štampači).

3. Ljudi – operateri su svakako ključni deo sistema, jer oni odgovaraju za dizajn i analizu prostornih podataka koji se prikupljaju i obrađuju. U velikim projektima, gde postoji značajan broj operatera u okviru jednog ili više timova, ovo je naročito važno, pošto greške jednog člana ekipe ili tima u okviru ekipe mogu, i imaju tendenciju, da se odraze na rezultate čitavog projekta.

15. Baze podataka o objektima i njihovim atributima i izrada energetskih pasoša:

Baze (banka) podataka je kolekcija podataka organizovanih za brzo pretraživanje i pristup, koja zajedno sa sistemom za administraciju, organizovanje i memorisanje tih podataka, čini sistem baze podataka. Iz ugla korisnika su ti podaci na neki logički način povezani. Računari se koriste za skladištenje i obradu podataka još od 1950-ih godina.

Osnovna karakteristika GIS-a je prostorna integracija podataka: baza podataka sa raznim **atributima***, tj. podacima o nekom području, geografskom pojmu (naseljima, rekama, reljefu, iskorišćenosti zemljišta, itd.) koja je direktno povezana sa odgovarajućim objektima na karti, zapravo, digitalno su organizovani podaci izabrane površine ili određenog objekta (baza podataka sadrži čitav niz geografskih podataka o nekoj oblasti, procesu ili objektu).

* Atribut je ono što je pridodato, pripisano kao svojstvo, koje se razlikuje od ostalih svojstava. Npr, ako je reč o bezi podataka nekog preduzeća, za objekat tipa čovek od značaja su nam osobine kao što sus tručna sprema i radni vek, a kada bi se radila baza podataka nekog sportskog društva, onda bi od značaja bile osobine : sport kojim se bavi, visina, težina i sl. U teoriji baze podataka ove osobine se nazivaju atributima.

Veoma važan korak u kreiranju baze podataka, ali i celog GIS-a, je faza prikupljanja podataka. Preciznost i tačnost je posebno naglašena u ovoj fazi jer greške pri merenjima, unosu i klasificiranju podataka mogu da proizvedu potpuno pogrešne predstave, odnosno analize i modele.

Podaci o prostoru smeštaju se u formi digitalnih karata predstavljenih kao niz različitih tematskih slojeva. Ove karte se slikovito predstavljaju kao niz klasičnih planova nacrtanim na providnim folijama pri čemu svaka od njih sadrži samo određene vrste informacije (npr. mreža puteva, vodovodna mreža, elektro mreža, gasna mreža, kanalizaciona mreža,...) i zatim se preklapaju. Svaka tačka na karti, kojoj se može pridružiti kordinata, sadrži skup različitih podataka koji se smeštaju u tabele.

Da bi mogli da se analiziraju različiti tipovi naselja, kao prvo je potrebno formirati bazu podataka za svaki tip naselja, što se vrši kroz studije modela. Ova baza podataka treba da sadrži podatke o lokaciji (mikroklima lokacije, konfiguracija terena, osunčanost, izgradjenost lokacije i vrste objekata). Ovakvu bazu podataka trebalo bi raditi za par karakterističnih naselja (jedno individualno, jedno kolektivno, jedno mešovito, jedno staro gradsko jezgro itd). To bi omogućilo formiranje jedinstvene metodologije za energetsku analizu objekata i primenu OIE. Potrebno je obezbediti koordinaciju u procesu donošenja odluka na nivou lokalne uprave u oblastima urbanističkog planiranja, proizvodnje i potrošnje energije u sektoru zgradarstva, stambene izgradnje, očuvanja životne sredine, resursa itd.

Multisenzorski sistemi akvizicije prostornih podataka (GPS + Laser scanner + IR camera + video kamera) obezbeđuju osnovu za formiranje edinstvenog GIS modela energetske efikasnosti elemenata urbanih sredina, koji sadrže podatke o prostornim entitetima i njihovim atributima, kao osnova za izradu energetske pasoša svakog objekta pojedinačno. Kreiranjem jedinstvene baze podataka, obezbediće se svi tehnički relevantni podaci koji se odnose na entitete prostora (tip objekta, spratnost, način gradnje, energetske izvore, faktičko stanje objekta sa prikazom stanja fasada, identifikovane vrednosti energetske gubitaka prema usvojenim skalama i ostali podaci koji se mogu koristiti u procesima energetske rehabilitacije objekata). Korišćenjem GIS alata moguće je automatski generisati izveštaje za sve objekte za koje se prikupe relevantne informacije. Takođe, moguće je sprovesti i analizu na bazi kategorija energetske efikasnosti i eventualno utvrditi prioritete zadatke u sanaciji objekata čiji su gubici kritični. Pored samog rešenja, značajan doprinos daje se i na samom putu dolaska do ovakvog rešenja, definisanjem metodologije rada i proučavanjem ove problematike, kojoj se u razvijenim zemljama trenutno posvećuje velika pažnja. Na ovaj način kreirana baza podataka, omogućiće projektantima kvalitetnije sagledavanje aktuelnog stanja kao i mogućnost praćenja promena na energetskim gubicima po završetku sanacije, kao i donošenje značajnih zaključaka kada je reč o masovnijim kampanjama sanacije objekata.

16. Principi detekcije energetskih gubitaka građevinskih objekata:

Energija (toplota) je elektromagnetno zračenje u IC delu spektra. Građevinski objekti, odnosno materijali od kojih su isti izvedeni, u skladu sa detaljima izvedbe i uslovima eksploatacije, odaju toplotu ka hladnijoj sredini (toplotni fluks), što se može detektovati samo primenom kamera koje detektuju IC deo spektra. To se postize primenom IC termografske metode (termovizijska kamera), a kao rezultat se dobija grafički prikaz, dijagram koji ilustruje raspored temperatura na površinama objekta. Rezultati merenja su lako čitljivi i ilustrativno i nedvosmisleno ukazuju na stanje materijala, slojeva i spojeva, izazvano raznim spoljnim činiocima u uslovima eksploatacije (vlaga, led), ali i na greške u projektovanju ili izvođenju konstruktivnih detalja. Uvidom u ove dijagrame lako se identifikuju 'slaba' mesta, odnosno slabi elementi u konstrukciji ili oblozi, te se dalje pristupa tehno-ekonomskim analizama i odabiru optimalnih mera sanacije. Snimanje se može izvoditi kamerama (senzorima: hiperspektralnim, IC, RGB, Color kamerama, Lidar itd.) sa pokretnih platformi na zemlji koje gubitke detektuju preko konstruktivnih delova fasade, ili snimanjem iz vazduha (IC i hiperspektralne kamere) koje daju uvid u toplotne gubitke sa krovnih ravni, i to čitavih gradskih četvrti. Ovakav pristup snimanja iz vazduha zasniva se na detekciji energetskih gubitaka objekta mapiranjem izotermi vazдушnih slojeva oko zgrade.

Prisustvo vlage u materijalu trajno menja njegovu strukturu i fizičko-mehanička svojstva (pa tako povećava i njegov koeficijent toplotne provodljivosti), pa su u snimcima jasno vidljiva ta polja promene (snimana spolja, polja su više temperature, snimana iznutra, polja su niže temperature). Uvidom u temperaturne razlike polja 'inficiranog' vlagom od kondenzacije ili vodom, može se proceniti i stepen 'kontaminacije' istog, odnosno proceniti da li je u pitanju ovlaženo ili natopljeno polje obloge, od čega će svakako zavisiti i sled radova u sanaciji.

Istom metodom (IC termografija) mogu se detektovati i ventilacioni (infiltracioni) gubici, odnosno gubici od odstrujavanja toplog vazduha na kritičnim mestima u konstrukciji (toplotni mostovi, propali dihtung stolarije, neadekvatna izvedba spojeva materijala isl.). Podaci dobijeni ovim savremenijim metodama detekcije i merenja energetskih gubitaka mogu poslužiti za formiranje vrednih baza podataka i mapiranje čitavih gradskih četvrti.

Budući da udeo gubitka toplote kroz prostrujavanje vazduha kroz neadekvatno izvedene ili propale spojeve stolarije sa konstrukcijom (ventilacioni gubici) nije zanemarljiv, ne bi bilo na odmet spomenuti i metodu merenja ventilacionih gubitaka (gubitak toplote prostrujavanjem vazduha) – metoda ispitivanja vazdušne propustljivosti stana. Prema standardu JUS U.J5.100, merenje se sprovodi stvaranjem potpritiska od 50 Pa u unutrašnjosti stana, postavljanjem ventilatora na ulazna vrata prostorije (stana) koji isisava vazduh dok se promena pritiska ne ustali na +/- 5 Pa u vremenu od 5 min, pa se izmeri količina isisanog vazduha na sat. Posle obavljena 3 uzastopna merenja, čiji se rezultati ne razlikuju za više od 5%, računa se srednja vrednost, i to se uzima za ventilacione gubitke u m³/h.

17. Sta su izoterme i nacin njihove konstrukcije sa podataka termograma:

Izoterme ili *ekviterme* kod termograma predstavljaju ekvivalent izohipsama kod geografskih mapa. To su linije koje povezuju tačke sa istom temperaturom na termogramu. Ekviterme su značajne ne samo zbog toga što pokazuju mesta na termogramima sa određenom temperaturom, već i zato što se pomoću njih lakše prate gradijenti temperature, a samim tim i brzina širenja toplote u određenom pravcu. Naime, što se temperatura brže širi kroz materijal, to će ekviterme biti gušće.

Termogram daje podatke o temperaturama tačaka. U procesu obrade podataka se svakoj od tih temperatura se dodeljuje boja. Da bi termogram bio prikazan na ekranu računara potrebno je 65536 boja (to je maksimalan broj različitih temperatura koje termogram može prikazati, a svakoj temp. je dodeljena jedna boja).

Većina komercijalnih programa za prikaz i obradu termograma poseduje funkcije za rad sa ekvitermama. Međutim, ekviterme se uglavnom prikazuju tako što se tačke iz određenog temperaturnog opsega predstave drugom bojom. Kako je rezolucija termograma loša, ekviterme su neprecizne. Nijedan od njih ne omogućava detaljniju analizu termičke slike, već daju samo njene osnovne karakteristike kao što su minimalna i maksimalna temperatura, senčenje dela termograma za zadati temperaturni opseg, predstavljanje ekvitermi kao skup tačaka, i sl. Da bi se prikazale vektorske ekviterme ili generisao trodimenzionalni prikaz termograma potrebno je koristiti složeniji matematički alat, pa se za potrebe može koristiti programski paket MATLAB. S obzirom da MATLAB sve operacije vrši nad vektorima (skalarna veličina se takođe pamti kao vektor sa jednim elementom), to su slike u boji predstavljene matricama, po jedna za svaku osnovnu boju.

Termo slika se konvertovana u BMP format pomoću palete *Iron-10*. U programski paket MATLAB, slika u BMP formatu, se učitava direktno u tri matrice (R , G i B koje čine komponente slike). Zatim se vrši konverzija RGB kolorimetrijskog sistema u ofset verziju kolorimetrijskog sistema UVW , poznatu kao $YCbCr$ kolorimetrski sistem koji je razvijen kao deo ITU-R BT.601 standarda i koristi se u računarskim sistemima za prikaz slike u boji. Primari R , G i B su u opsegu 0 do 255, te je i vektor Y koji sadrži sjajnost boje, takođe u opsegu 0 do 255. Na osnovu vektora Y se generiše prikaz temovizijske slike u tri dimenzije.

Najprostiji i najbrži način za generisanje ekvitermi je obeležavanje tačaka, koje se nalaze u zadatom temperaturskom opsegu, istom bojom. Iz iskustva je poznato da je najefektnije prikazivanje ekvitermi u vidu zatvorene krive linije zanemarljive debljine. Takva linija bi se mogla dobiti interpolacijom kroz tačke iste temperature, ali nastaje problem ako te tačke čine region. U tom slučaju se može primeniti metoda koja je implementirana u programski paket MATLAB, a sastoji se od generisanja 3D prikaza slike, njegove interpolacije, a zatim nalaženja ekvitermi kao preseka novonastale figure i ravni koje su paralelne sa xOy ravni. Dobijene krive predstavljaju ekviterme veoma pogodne za vizuelnu analizu termograma, a njihova boja upravo označava na koju se temperaturu ona odnosi. Kako su u programskom paketu MATLAB ekviterme zapravo vektori, moguća je njihova dalja analitička obrada.

18. Objasniti metodologiju određivanja energetske gubitke objekta preko krovova nepristupačnim za merenja IR kamerom:

Metoda detekcije senzorima iz vazduha detektuju energetske gubitke objekta preko krovova izotermi vazdušnih slojeva oko zgrade. Takođe metoda detekcije senzorima može biti sa pokretne platforme na zemlji gde se detektuju energetske gubitke preko konstruktivnih delova fasade.