



УНИВЕРЗИТЕТ
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Југославија
Деканат: 021 350-413; 021 450-810; Централа: 021 350-122
Рачуноводство: 021 58-220; Студентска служба: 021 350-763
Телефакс: 021 58-133; e-mail: ftndean@uns.ns.ac.yu



Сертифициван
систем
квалитета



Studijski program : Geodezija i geomatika
Mentor : Vladimir Bulatović dipl.geod.inz.

SEMINARSKI RAD

-Termalni senzori-

Student: Jasmina Nikolić

Broj indeksa: gg21/2011

SADRŽAJ

1. Uvod	3
2. Senzori	4
2.1. Podela senzora	5
3. Termalni senzori	7
3.1. Istorija termalnih senzora	7
3.2. Termalni infracrveni skener	8
4. Termalno snimanje.....	10
5. Primena termalnih senzora.....	11
5.1. Energetika i elektrotehnika.....	12
5.2. Gradjevinarstvo.....	13
5.3. Zaštita okoline.....	15
5.4. Medicina i veterina.....	16
5.5. Poljoprivreda.....	17
5.6. Elektroenergetika.....	20
6. Zaključak.....	21

LITERATURA

1.Uvod

Od 1960. godine pa nadalje, brojni satelitski senzori su lansirani u orbitu da posmatraju i prate Zemlju i njenu okolinu. Većina ranih satelitskih senzora prikupljali su podatke za meteorološke svrhe. Pojava Zemljišno resursnih satelitskih senzora (onih sa primarnim zadatkom kartiranja i nadgledanja Zemljine površine) desila se kad je prvi Landsat satelit lansiran u julu 1972. godine. Trenutno više od desetak orbitalnih satelita, različitih vrsta, obezbeđuje podatke koji su od krucijalne važnosti za unapređenje znanja o Zemljinoj atmosferi, okeanima, ledu, snegu i zemljištu. U ovom radu ćemo se malo više pozabaviti termalnim sensorima.[1]

Termalno zračenje je elektromagnetsko zračenje koje telo emituje kao rezultat njegove temperature. Sva tela apsorbuju i emituju to zračenje. Ako je telo toplije od okoline više emituje, a manje apsorbuje. Kada je postignuta termička ravnoteža, odnosno kada je temperature tela jednaka temperaturi okoline odnos emitovanog i apsorbovanog zračenja je isti. [1]

Infracrveno područje elektromagnetnog spektra našlo je veliku primenu u mnogim oblastima. U ovom radu obradjen je poseban deo koji se odnosi na upotrebu termalnog infracrvenog elektromagnetnog opsega. Pored same strukture termalnih senzora, akcentat se stavio i na veliku oblast primene, poput: medicine, gradjevinarstva, mašinstva, zatim u zgradarstvu kod ispitivanja kvaliteta izolacije objekta,elektrotehnike i energetike.

Merenje temperature predstavlja čestu potrebu u različitim oblastima i granama nauke. Pored satelitskih platformi, od kojih većina ima senzore sa termalnim kanalima, u ovom radu su opisane i termalne kamere. Osnovna činjenica na kojoj se zasniva rad ovih senzora, ogleda se u tome da sva tela emituju elektromagnetne talase. Ovi senzori omogućavaju detekciju spektralnih opsega, koji nisu vidljivi ljudskom oku i transformiše ih u razumljive slike.

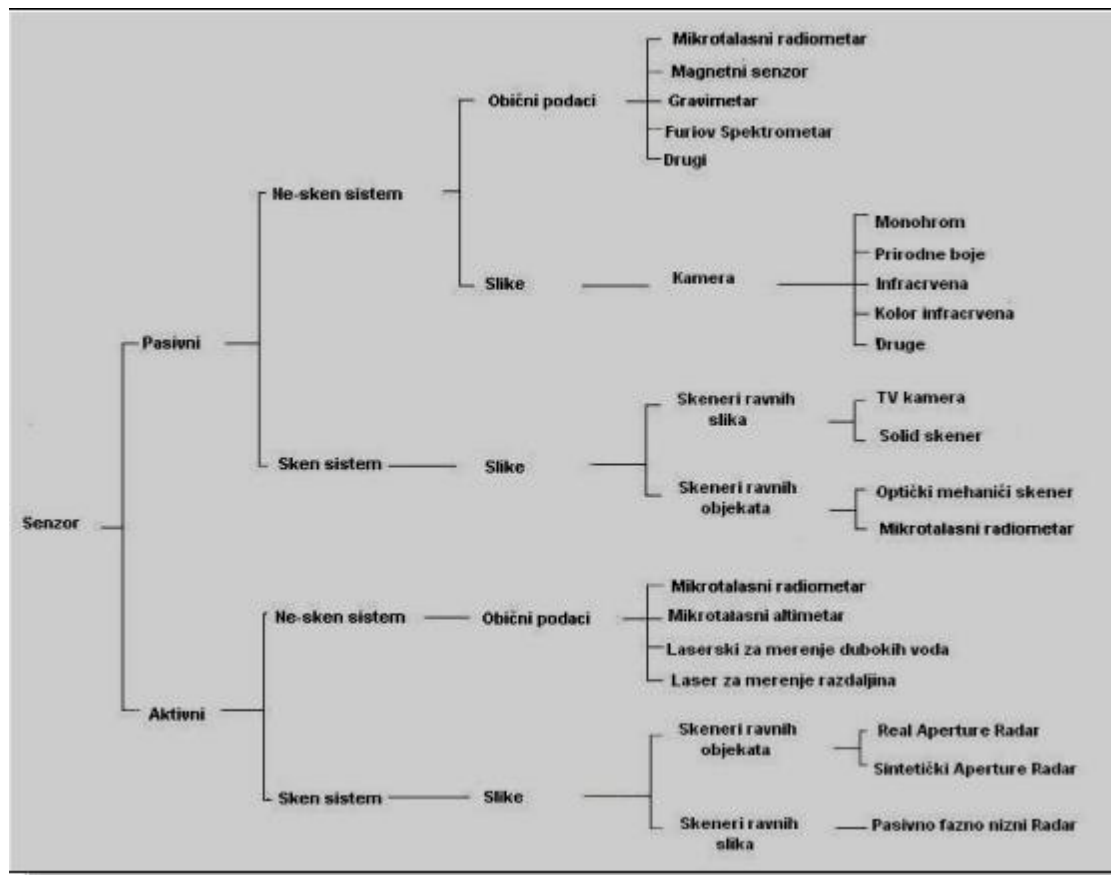
Termalni senzori imaju veliku primenu, pa se još uvek u pojedinim oblastima tek uvodi njihovo korišćenje.

2. Senzori

Uredjaji za otkrivanje, registraciju i merenje zračenja eletromagnetne energije, sopstvene (emitovane) ili saopštene (reflektovane) nazivaju se zajedničkim imenom senzori. Postoje mnogobrojni tipovi senzora: prema konstrukciji, području spektra elektromagnetnog zračenja koji registruju, načinu otkrivanja, registracije i merenja, prikazu utvrđene energije i slično. Oni se medjusobno veoma razlikuju. U senzore se svrstavaju i fotokamera, TV i video kamera, skeneri, radari, takodje i ljusko oko koje registruje samo vidljive zrake predstavlja senzor.[3]

Spektar elektromagnetnog zračenja pokazuje izuzetno veliki dijapazon različitih talasnih dužina. Nijedan postojeći instrument ne može odjednom obuhviti ovakav raspon. Senzori se konstruišu tako da registruju šire ili uže spektralno područje, odnosno zrake viših talasnih dužina u celini, pojedinačne spektralne linije, tj. zrake jedne talasne dužine, ili odjendom više razdvojenih spektralnih linija koje obuhvataju jedno spektralno područje.[3]

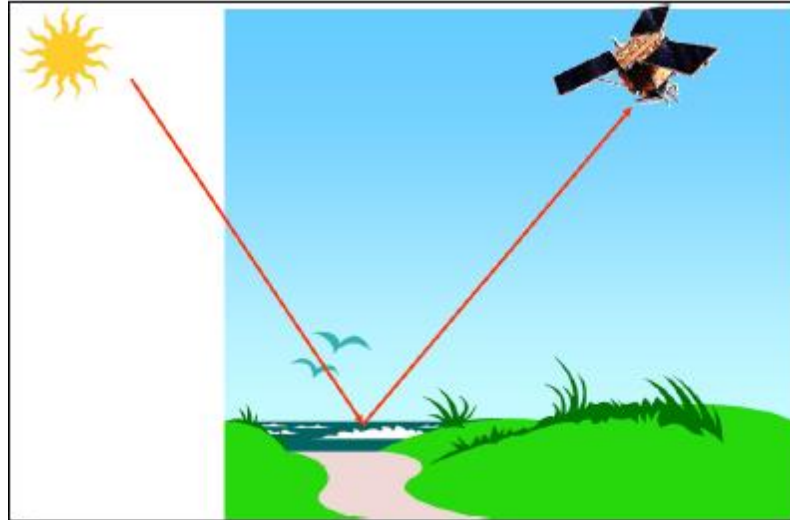
2.1. Podela senzora



Slika 1- Tipovi senzora

Osnovna podela senzora zasniva se na poreklu registrovane energije. Po ovom kriterijumu senzori se dele u dve kategorije :

1. **Pasivni senzori** – ovi senzori registruju energiju koja dolazi od samog objekta, bez obzira da li je sam objekat poseduje i emituje, ili pak reflektuje energiju saopštenu od nekog prirodnog izvora. Pasivni senzori se mogu koristiti za otkrivanje energije kada je prirodno pojavljujuća energija dostupna. Za svu reflektovanu energiju ovo se može desiti samo kada Sunce osvetljava Zemlju. U pasivne senzore spadaju i termalni skeneri.[3]



Slika 2- Pasivni senzor

2. **Aktivni senzori** – proizvode sopstvenu, veštačku energiju, šalju je ka objektu i registruju odbijeno zračenje. Za razliku od pasivnih oni i šalju i primaju energiju. U aktivne senzore spadaju: radari i laserski skeneri. Prednosti aktivnih senzora su mogućnost dobijanja merenja u bilo koje vreme, bez obzira na doba dana ili sezonu.[3]



Slika 3- Aktivni senzor

Pored ove podele postoji i podela na osnovu broja i širine spektralnih opsega [5] :

1. **Panhromatski** – mere energiju refleksije u jednom širokom delu elektromagnetnog spektra.
2. **Multispektralni** – meri se refleksija u velikom broju opsega.

3. **Hiperspektralni** – meri se refleksija u puno pojedinačnih opsega.
4. **Ultraspektralni** – ovi senzori su još u razvoju.

Prema konstrukciji i načinu rada senzori se mogu svrstati u tri osnovne kategorije [5]:

- foto-optički sistemi,
- elektro-optički sistemi,
- mikrotalasni sistemi.

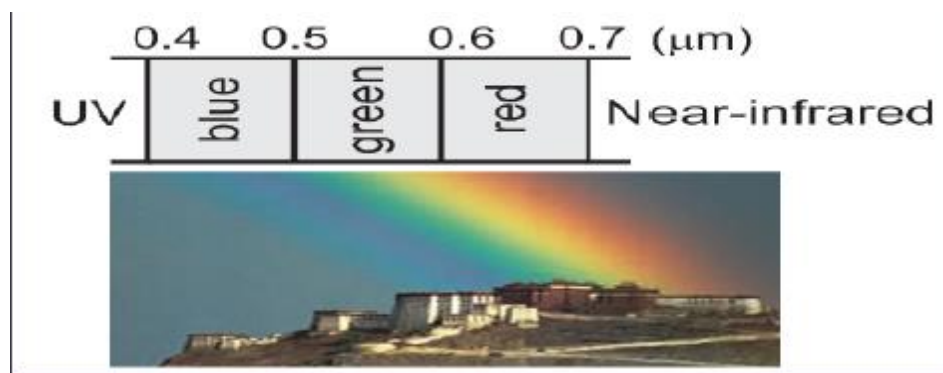
3. Termalni senzori

3.1. Istorija termalnih senzora

Do saznanja o termalnom opsegu (3-14 μ m) i drugim kanalima koji su danas poznati, ljudi su prvenstveno koristili vidljivi deo spektra (0.4-0.7 μ m). „Sir Frederick William Herschel“ otkrio je 1800. godine infracrveni elektromagnetni spektar. Svi postojeći objekti i okolina s kojom se svakodnevno susrećemo, poput vegetacije, ljudi, infrastrukture i slično emituju termalno infracrveno zračenje. Savremeno hladjenje detektora omogućilo je da IC kamere budu pokretne (poput klasične kamere) i polako uđu u klasičnu primenu.[4]

NASA je 26. Aprila 1978. godine lansirala platformu sa termalnim senzorom (10.5 – 12.6 μ m), rezolucije 600x600m. Ovo je jedan od prvih susreta sa naučno orjentisanim termalnim IC opsegom. Senzori za praćenje temperature morske površine lansirani su 23. Oktobra 1978. godine, prikupljali su i podatke termalnog opsega 120x120m,(10.5 – 12.6 μ m). Danas, NOAA geostacionarni satelit prikuplja termalne podatke sa prostornom rezolucijom 8 x 8km,koja se koristi u meteorološke svrhe.[4]

Unutrašnja kinetička toplota objekta se konvertuje u energiju zračenja. Osnovna ideja ogleda se u merenju zračenja,koje se može konvertovati u kinetičku temperaturu objekta, samim tim i u običnim ljudima razumljivu mernu jedinicu (poput kelvina). Nažalost ovaj odnos nije savršen, tako da se često dobije nešto manja temperatura od stvarne temperature objekta.[4]



Slika 4- Elektromagnetni spektar

Težnja je da se postignu osobine crnog tela (idealni apsorber), koje ne postoje u prirodi. Na taj način dobile bi se kvalitetne informacije o objektu od interesa. U tom cilju vrše se odgovarajuće korekcije i algoritmi koji na najbolji način određuju vrednost kinematičke temperature. Važno je napomenuti da različiti materijali imaju različitu emisiju (od 0-1), destilovana voda ima vrednost blisku 1, a aluminijum od poliranog (0.08), nerđajućeg čelika (0.16) imaju veoma nisku emisiju. Ako objekat sadrži više vlage, veća je sposobnost apsorpcije. Ruski fizičar Kirhof utvrdio je sledeću vezu: “Dobri apsorberi su dobri emiteri, a dobri reflektori su loši emiteri“. Dakle metalni predmeti kao što su automobili, limeni krovovi gotovo uvek izgledaju veoma hladno na toplotnim infracrvenim snimcima. Toplotna provodljivost je promenljiva zbog vlage zemljišta i veličine čestica, pa su mnoge stene i zemljište loši provodnici.[4]

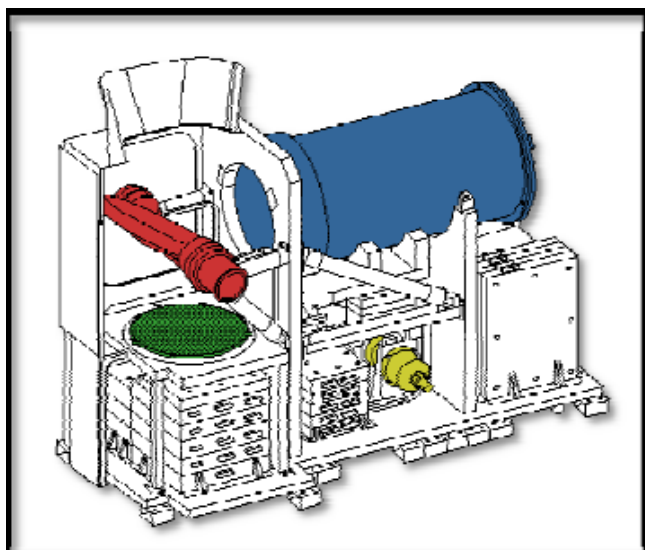
3.2. Termalni infracrveni skener

Termalni infracrveni skener je identičan multispektralnom skeneru s tim što razliku čini spektralni opseg u kome se obavlja registrovanje elektromagnetnog zračenja. Termalni IC skener je ograničen na atmosferske prozore između 3 i 5 μm, odn. 8 i 14 μm. U ovim prozorima javlja se zračenje spopstvene energije tela (emitovana energija), koja u znatno većoj meri predstavlja svojstva objekta nego reflektovana energija. Intenzitet zračenja reflektovane elektromagnetne energije, koja dolazi od Sunca znatno je veći od intenziteta emitovane energije. Kod spektralnih područja čije su talasne dužine preko 2μm, gde spadaju oba navedena prozora infracrvenog termalnog zračenja, osnovni problem je upravo uticaj toplote površine tela zagrejanog zračenjem Sunca. Stoga su senzori namenjeni za registraciju termalnog infracrvenog zračenja opremljeni specijalnim filterima, koji dozvoljavaju prolaz samo zračenju talasnih dužina od 3 do 5 μm i od 8 do 14 μm. Termalni infracrveni skener pretvara u navedenim prozorima termalno infracrveno zračenje u električne signale čija je jačina proporcionalna intenzitetu zračenja. Intenzitet dobijenih električnih signala beleži se na odgovarajući način na nosač digitalnih medija.[1]

Termalni IC senzori se obično sastoje od :

- In:Sb (indijum, antimon) – sa maksimalnom osetljivošću do $5\mu\text{m}$,
- Gd:Hg (živa, germanijum) – sa osetljivošću do $10\mu\text{m}$,
- Hg:Cd (živa, kadmijum) – osetljiv u opsegu 8 - $14\mu\text{m}$.

Primer senzora ugrađen je na „TERRA“ platformi. Sistem je sačinjen od sferičnih ogledala i sočiva za korekciju *abercija* (pojava prividne promene položaja nebeskog tela koja nastaje kao posledica translatornog kretanja Zemlje oko Sunca, ili rotacije Zemlje i ograničene brzine svetlosti).[4]



Slika 5- ASTER/NASA

Kamera sadrži IC optiku, senzor IC zračenja i konvertore i memoriju za čuvanje podataka. Optika koja se ovde koristi mora biti propusna za IC zračenje. Sam senzor meri količinu energije koja odgovara intenzitetu zračenja IC spektra. Energija koju senzor registruje jednaka je sumi energija koje dolaze od posmatranog objekta. Na osnovu registrovanog intenziteta račenja potrebno je sračunati stvarnu vrednost temperature posmatranog objekta.

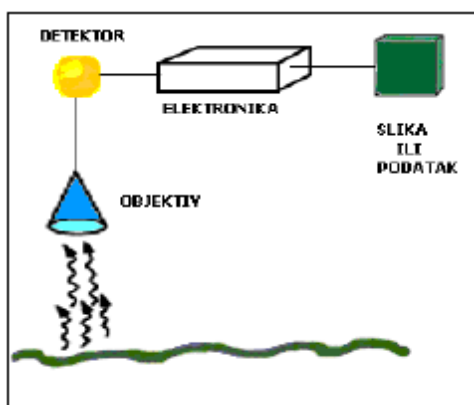
Pri tome je potrebno poznavati neke od parametara, kao što su: spoljašnja temperatura i vlažnost, temperatura okolnih objekata i osobine površine objekta čija se temperatura meri. Za razliku od većine sistema, kod TIR podsistema teleskop je fiksiran. Svaki detektor ima pojačanje signala na ulazu i izlazu. Detektori se hlade na niskim temperaturama (oko 73 K), koristeći tečni azot ili tečni helijum. Ugrađen je i kuler koji održava temperaturu detektora na 80 K. U ovom slučaju kuler je takođe fiksiran, a višak toplote se raspoređuje na metalni tanjir. Hlađenje obezbeđuje da registrovano zračenje dolazi sa terena, a ne iz temperature okoline samog skenera. Ovi senzori mogu detektovati površine koje emituju ili reflektuju toplotno zračenje. Rezultat ovakve analize nije samo potvrda da neka površ odaje toplotu, već postoji mogućnost dobijanja informacije o količini i temperaturi emitovane toplote.[4]

Režim skeniranja

U režimu skeniranja ogledalo osciluje na oko 7Hz. Pri kalibraciji ogledalo se rotira za 180°. Ogledalo je dizajnirano da u jednom trenutku vrši kalibraciju samo jednog dela i ne vidi ostatak hladnog prostora. Obezbeđen je i objekat za električnu kalibraciju. Jedan od izazova sa kojim se suočava ASTER tim jeste da se pre leta i puštanja sistema u rad, utvrditi da li će ugrađeni elementi i način funkcionisanja sistema omogućiti kvalitetnu toplotu tačne radiometrije. TIR sistem može da vrši isporučenje korisnih informacija i danju i noću. Prostorna rezolucija termalnih opsega je najčešće manja od ostalih. Kod Landsat platformi je 120m, kod ASTER 90m. Razlog tome jeste da će odgovarajućom kombinacijom piksel pokazati toplijim od ostalih, ako je zahvaćen sa samo desetak % od ukupne površine piksela.[4]

4. Termalno snimanje

Mnogi multispektralni sistemi deluju na području termalnog infracrvenog, kao i vidljivom i infracrvenom delu spektra. Termalni senzori koriste foto detektore osetljive na izravne kontakte fotona na svojoj površini, da bi otkrili emitovano termalno zračenje. Detektori se hlade na temperaturi blizu apsolutne nule, kako bi se ograničili na vlastitu termalnu emisiju. Termalni senzori u suštini mere temperaturu površine i termičko svojstvo cilja. [1]



Slika 6- Princip termalnog snimanja

Termalne kamere su uglavnom tipa poprečnog skenera koji detektuju zračenje emitovano samo u termalnom delu spektra. Termalni senzori koriste jednu ili više unutrašnjih temperaturnih referenci za poređenje sa otkrivenom radijacijom, tako da mogu biti povezane sa apsolutnom radijativnom temperaturom. Za maksimalnu osetljivost, senzor se potapa u rashladnu tečnost da bi se smanjila vlastita termalna emisija. Podaci su uglavnom snimljeni na film ili magnetnu traku i temperatura rezolucije aktivnog senzora može da dostigne temperaturu 0.1C°. Za analizu slike relativna temperatura zračenja je prikazana u sivim razinama, sa višim temperaturama je

prikazana u svetlim tonovima, a u hladnoj temperaturi u tamnim tonovima. Slike koje prikazuju relativnu temperaturnu razliku u njihovoj relativnoj prostornoj lokaciji su dovoljne za većinu aplikacija. Apsolutno merenje temperature može se izračunati, ali zahteva preciznu kalibraciju, merenje temperaturne reference i detaljno poznavanje termalnih svojstva cilja, geometrijsku distorziju i radiometrijski efekat.[1]



Slika 7- Primer termalnog snimka

Zbog relativno duge valne dužine termalnog zračenja (u odnosu na vidljivo zračenje), atmosfersko raspršenje je minimalno. Međutim apsorpcija od strane atmosferskih gasova normalno ograničava termalno istraživanje na dva posebna područja i to 3-5 μm i 8-14 μm . Pošto se energija smanjuje s porastom talasne dužine, termalni senzori imaju visoke IFOV-e kako bi osigurali da dovoljno energije stiže do detektora s ciljem stvaranja pouzdanog merenja. Zbog toga je prostorna rezolucija termalnog senzora poprilično gruba, u odnosu na prostornu rezoluciju vidljivog i infracrvenog spektra. Termalne slike mogu biti snimljene tokom dana ili noći (jer emitovano zračenje nije uzeto u obzir) i koriste se za različite primene, kao što su izviđanja, kontrola katastrofa (šumski požari) i praćenje gubitka temperature.[1]

5. Primena termalnih senzora

Termalni podaci se često kombinuju sa drugim talasnim dužinama, kako bi se što bolje razumeo posmatrani objekat. Ovi podaci imaju veliki potencijal za različita istraživanja, i vremenom se oblast primene proširuje.

Neka područja u kojima se primenjuju termalni podaci:

- hidrologija, temperatura vode,
- energetika,
- elektrotehnika,
- šumski požari,
- vulkanske erupcije,
- meteorologija,
- medicina,
- vojna primena,
- gubitak toplote iz zgrade.

Posebno važna primena ogleda se u ranoj detekciji šumskih požara, naročito na zaštićenim područjima. Vrlo je pogodan za velike šumske komplekse. Osnovno ograničenje ove primene jeste temporalna rezolucija (podatak o tome koliko često senzor prikuplja podatke sa datog područja).

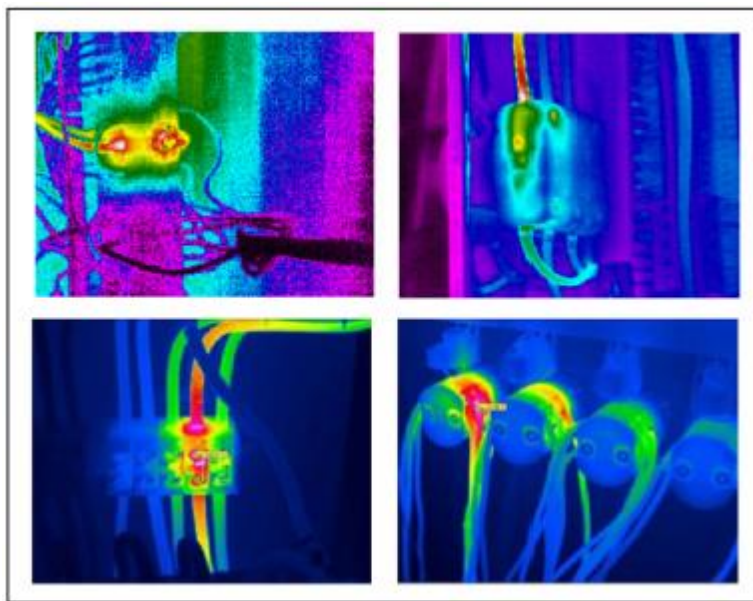
Kod industrijskih postrojenja, da bi ostvarili ciljeve proizvodnje, pogoni često rade bez zastoja. Kako bi se izbegli skupi kvarovi, koji najčešće nastaju usled pregrevavanja pojedinih delova kao i nepredviđeno izgubljeno vreme, koriste se termalni senzori kao prevencija. Velika prednost u ovom načinu otkrivanja problema ogleda se u tome da ljudsko oko ne može da detektuje sve te promene, a ovde se jasno uočavaju bez obzira da li se radi o visokonaponskoj opremi, razvodnim ormarima, motorima, pumpama ili termalnim gubicima.

Kada se u ovako velikim postrojenjima ne bi koristile preventivne mere, često bi osim gubitaka u proizvodnji mogle da izbiju i veće havarije, poput požara. Pa se u nekim slučajevima toplota može podići do te vrednosti da se konektori i priključci počnu topiti i pojavljuju se iskre koje uzrokuju nastanak vatre. Ovde treba naglasiti da osim štete koja je već navedena može doći i do ljudskih žrtava, tako da ne treba zanemariti sve neophodne preventivne mere.

Termografski senzori imaju veliku primenu. U nastavku je navedena primena u pojedinim oblastima poput: energetike, elektronike, mašinstva, građevine, medicine, zaštite okoline.

5.1. Energetika i elektrotehnika

Termografski uređaji se koriste pri kontroli opreme: niskog, srednjeg i visokog napona, te distributivnih, napojnih i energetskih transformatora. Pojava zagrevanja u mnogim slučajevima ukazuje na novonastali kvar. Velika prednost termografskih senzora jeste ispitivanje i merenja dok su električni sistemi pod naponom.[4]



Slika 8 – Primer upotrebe termografije u energetici

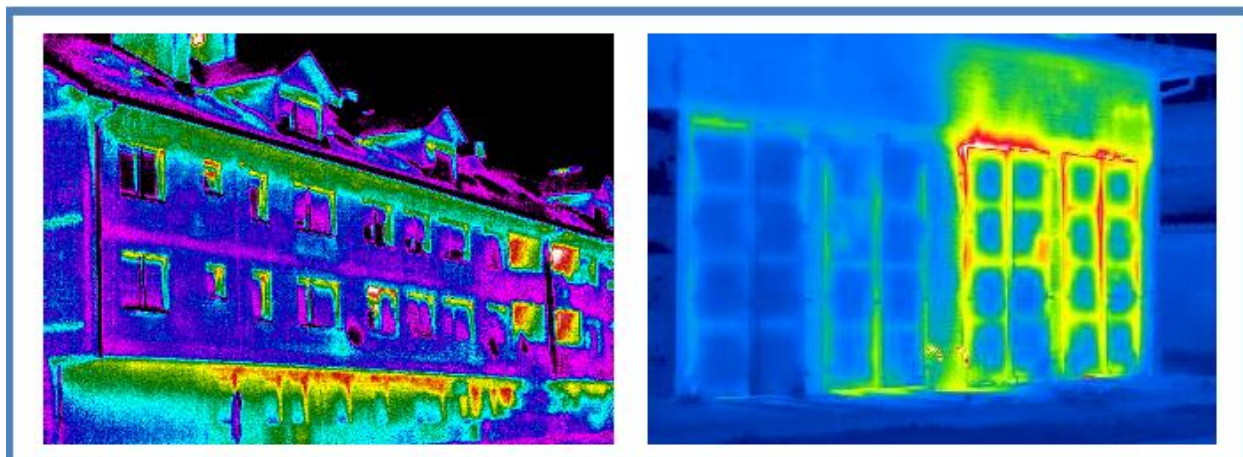
Kad se govori o oblasti mašinstva, termografski podaci mogu biti neprocenjiv izvor informacija. Kada se mehaničke komponente istroše one prestaju da deluju i temperatura počne da se povećava. Istrošen ležaj će se jasno uočiti na infracrvenom zapisu, pa se njegovom zamenom postiže uredno operativno stanje. Pored ove primene osigurava se i precizna analiza pri održavanju peći, upravljanju vatrostalnim gubicima i slično. Ovim načinom mogu se otkriti i začepljenja cevi.

Važna napomena jeste da termalne kamere imaju sposobnost merenja temperatura i preko 2000C°. Ova osobina omogućuje veliku primenu u svim oblastima.

5.2. Gradjevinarstvo

U novije vreme sve više se obraća pažnja na energetska efikasnost. Kao glavni cilj ima trajno smanjenje energetskih potreba pri projektovanju, izgradnji i korišćenju novih objekata (naročito

zgrada). Primenom termalnih senzora mogu se vrlo brzo i jednostavno prepoznati nedostaci toplotne izolacije, otkriti uzorci i predložiti rešenje sanacije. U razvijenim zemljama tendencija je sve veće kontrole i obaveznog priloga termografskih snimaka prilikom primopredaje objekata, kao i u redovnom nadzoru i održavanju objekata. Neke dosadašnje analize pokazuju da se ušteda energetske efikasnosti kreće u rasponu od 50-80%. [4]



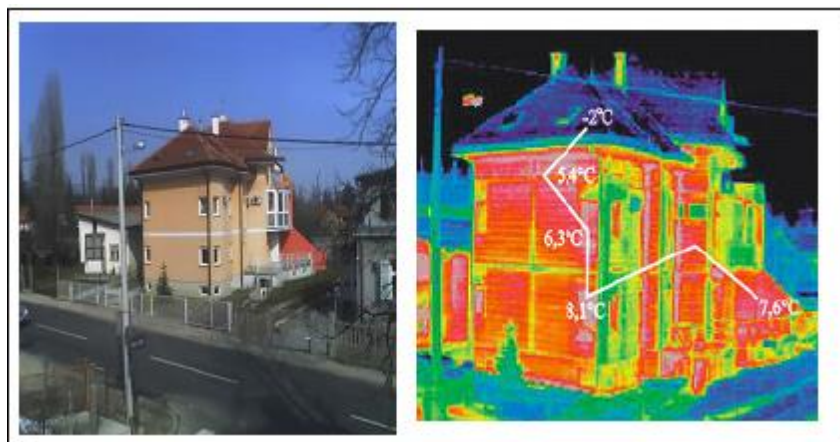
Slika 9 – Loža izolacija, dolazi do kondenzacije i vlažnosti

Preporuka je da se koriste termografski uređaji u građevinarstvu sa sledećim karakteristikama:

- merno područje - 20 C° do + 80 C° ,
- područje rada - 10 C° do + 40 C° ,
- temperaturna osetljivost < 0,1 K,
- rezolucija kamere > 320x240,
- spektralno područje od 8 do 14 μm,
- vremenski odziv < 1s,
- apsolutna tačnost < ± 2 C°

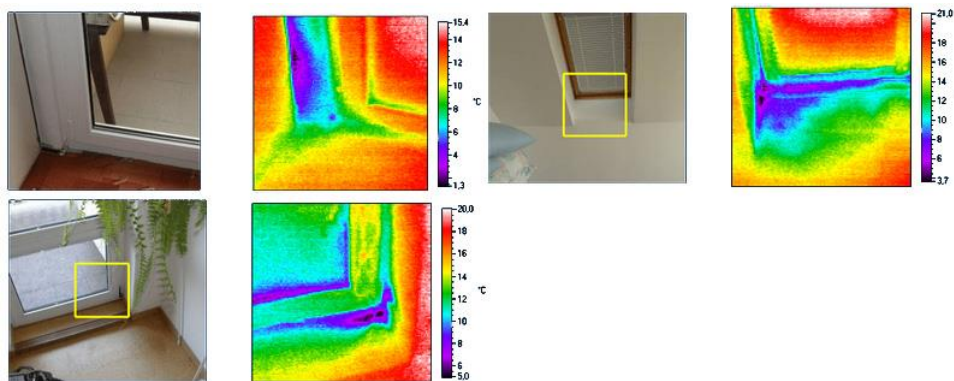
Termovizijske kamere mogu da pruže korisne informacije u pogledu gubitka energije za različite tipove objekata. Teško je doći direktnim merenjem do intenziteta gubitka temperature, međutim, može se utvrditi koliko i na kojim mestima objekat odaje toplotu. Do podatka o gubitku može se doći ako se meri spoljašnja temperatura objekta koji se u zimskim mesecima zagreva, na taj način moguće je identifikovati i analizirati delove objekata koji odaju toplotu. Danas se performanse IR kamera značajno poboljšavaju a cena se smanjuje, što omogućava njihovu upotrebu na širokom polju primene. 47 % od utrošene energije u zgradama se koristi za grejanje, tako da se ulažu veliki naponi za smanjenjem gubitaka energije. U tom cilju, termo slike dobijene IR kamerama dobijaju na značaju ako se u zajedničkoj bazi podataka povežu sa geometrijom samog objekta generisanom nekom od standardnih tehnika prikupljanja prostornih podataka. Dakle, mora se postaviti korespondencija između IR slike kao tekstone i 3D modela objekta, pri čemu se mora naglasiti da je IR slika sa znatno manjim kontrastom i rezolucijom u

poređenju sa aero fotografijama, tako da je proces preklapanja detalja detekcijom ivica znatno teže sprovesti.



Slika 10 – Primer upotrebe termografije u građevinarstvu

Termografija u izgradnji omogućava brzu i besprekornu raspodelu temperature na površini objekata. Koristi se da se utvrdi odakle je granata, koja dovodi do povećanja toplotnih gubitaka što je posledica nepravilnog izvođenja spojeva i veza. Termografija se koristi za određivanje termičke karakteristike spoljnih zidova i korisna je u otkrivanju skrivenih defekata zgrade. Termografija je sposobna za potrecene tačnosti ovih pronadjenih grešaka, a njihova tačna procena je suštinski korak za efikasno projektovanje tehničkih rešenja. Termografska merenja u građevinarstvu mogu se vršiti u zavisnosti od vremena, obično od novembra do marta.[8]



njoj je dodeljeno crno i belo. Pored ovoga kontrola curenja toplote omotača zgrade se takodje može kontrolisati termalnom kamerom.[8]

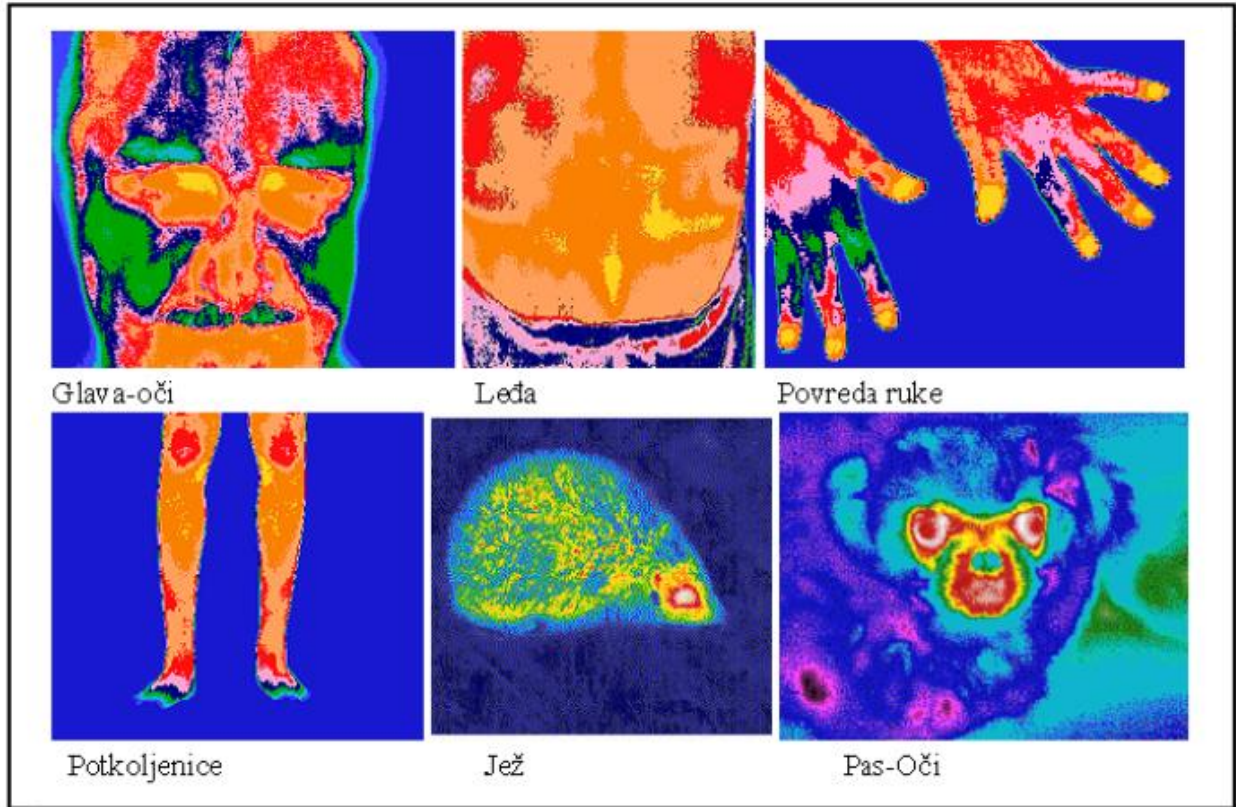
5.3. Zaštita okoline

Problem okoline u pogledu energetske efikasnosti sve više se globalizuje. To proizilazi iz činjenice da se smanjenje negativnih posledica, izazvanih neracionalnim iskorišćenjem energije može smanjiti jedino delovanjem svih zemalja. Za očekivati je da će energenti u budućnosti biti sve skuplja, i da će se uvesti razne mere, kako po pitanju ispuštanja CO₂ u vazduh, tako i drugih načina zagađenja i globalnog zagrevanja planete. Velika koncentracija CO₂, zbog efekta staklene bašte, značajno utiče na globalno zagrevanje. Ta posledica odavno je uočena i već od 1992. godine potpisivanjem UNFCCC (UN Framework convention on climate change), radi se na ublažavanju čovekovog uticaja na promenu klime.[4]

Često se koristi i *termovizija*. To je primena „IC“ termografije, kada nije neophodno iskazati samu vrednost temperature, već se za cilj ima prikaz „IC“ slike. Naročito se primenjuje u vojsci, policiji, vatrogasnim postrojenjima. Termovizijom se prate požari, osobe zarobljene u požarom zahvaćenom objektu, kontroliše se sigurnost državnih granica i objekata.

5.4. Medicina i veterina

U oblasti medicine i veterine primena termalnih kamera koristi se još od 70-ih godina prošlog veka. Tada je otkriveno da se uz pomoć ove tehnike mogu dijagnostikovati tumori dojke, cista mekih tkiva, bolesti srca i slične bolesti. Naročito veliku primenu poprima sa razvojem računara i pratećih softverskih programa, pa se primenjuje i kod: procene debljine opekotina, u kardiohirurgiji (začepljenje vena), proceni zdravlja desni u stomatologiji, sindroma naprežanja kod sportista, kao i u hirurgiji.[4]



Slika 12 – Primena termalnih kamera u medicini i veterini

5.5. Poljoprivreda

Da bi farmeri saznali kako se njihov usev „oseća”, tu su senzori. Senzori vlažnosti u zemlji mogu da prate podatke o nivou vlage na određenoj dubini zemljišta. Optički senzori mogu da vide koliko je đubriva potrebno biljkama na osnovu količine svetlosti koja se reflektuje od njih. Senzori omogućavaju efikasnu primenu đubriva uz minimalne gubitke.[7]



Slika 13 – Termalni senzor

Multispektralni snimci koji se naprave iz aviona ili satelita mogu farmerima da pruže brojne korisne informacije o njivama. Slike crvene boje otkrivaju količinu mulja, peska, kalcijuma i gline u zemljištu. Infracrvena čitanja pokazuju koji delovi imaju više vode i kako se voda kreće njivom. Infracrveni snimci mogu da se koriste i da se ispita prekrivenost korovom.

Putem termalnih (dalekih) ultracrvenih snimaka pristupa se podacima o zdravlju biljaka. One koje nisu zdrave ne mogu da se ohlade kroz ispuštanje vode preko listova i zato se pregrevaju. Zeleno svetlo koje predstavlja hlorofil biljke koristi se da se pristupi podacima o rastu biljke.

Multispektralni podaci prebacuju se na kompjuterski model kako bi se napravila mapa polja sa instrukcijama. Farmer na mapi polja može da vidi koje kombinacije daju najbolje rezultate.

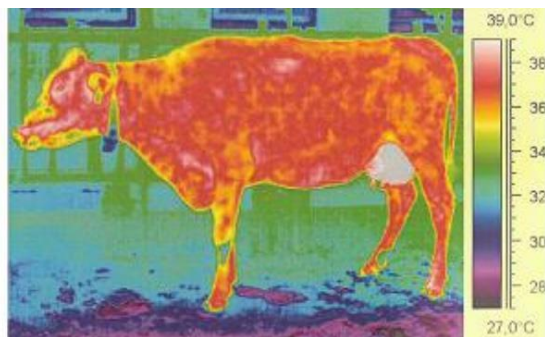
Nije neophodno dobiti snimak iz ptičje perspektive da bi se došlo do relevantnih podataka. Tu su i sistemi koji se mogu nakačiti na traktor i iščitavati njivu dok se kreću. Kada se proračuna količina vode i đubriva koji su potrebni, automatske prskalice prilagođavaju mlaz na osnovu dobijenih informacija.[7]

Korišćenje termalnih kamera za praćenje temperature životinja

Tehnologija za praćenje temperature životinje uz pomoć termo kamere je prvi put ugledala naše evropsko tržište u kasno leto 2008. godine. Zašto je izabrana baš ova vrsta tehnologije? Odgovor je apsolutno jednostavan, želja da sačuvate priplodnu kravu u zajedničkom uzgoju u stočnoj proizvodnji, ovom tehnologijom se mogu predvideti različiti problem.[8]

Termovizijska ili IR kamera predstavlja uređaj koji generiše sliku na osnovu infracrvenog spektra zračenja. Princip rada odnosi se na to da se infracrveni spektar zračenja (nevidljiv za ljudsko oko) koji emituje neki objekat, prevodi u vidljivu sliku (termogram) na kome se dobija podatak o temperaturi i klasifikuju se površine koje emituju različite količine infracrvenog zračenja (veće zračenje – svetlije boje), dok iste boje predstavljaju izotermalne površine koje emituju jednake količine toplote. Primena IR kamera usko je vezana za slučajeve gde promena termičke slike može ukazati na neku anomaliju. Međutim, u cilju detektovanja energetskih gubitaka, naročito u urbanim sredinama, moguća je primena ove metode kao deo integrisanog sistema prikupljanja prostornih podataka, u kombinaciji sa tehnikama daljinske detekcije i laserskog skeniranja terena.

Osnovni delovi infrared kamere su: objektiv (sakuplja zračenje), filter (propušta zračenje određene talasne dužine), detektor (očitava zračenje i prevodi ga u elektronski oblik) i monitor (elektronski oblik prikazuje kao sliku, tj. termogram).



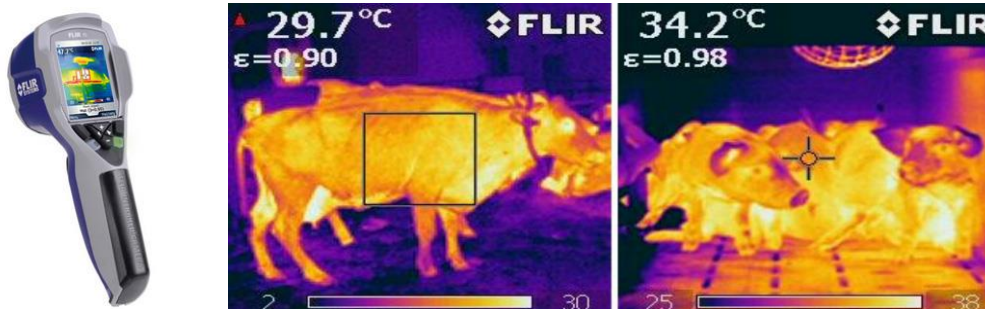
Slika 14 – Primena termalnih senzora kod životinja

Prednosti i ponašanja sistema:

- Svaka bolest ima veću temperaturu tela ili pojedinih organa. Ovaj sistem se koristi da utvrdi pojavu bolesti i spreči širenje bolesti.
- Svaka životinja u optimalnim uslovima ("telo uslov") ima određene proporcije temperature. Odstupanje znači nekakve probleme sa ishranom, trudnoća, bolesti lokomotornog sistema. Identifikujući optimalni spektar tela životinja može da se podesi ishrana za životinje.
- U pogledu kretanja životinja, dolazi do problema sa protokom vazduha, problema sa hijerarhijom stada. Na sve ovo će uticati termografija.
- Podešavanje optimalne ventilacije - termalna slika stabilne površine (podovi, zidovi, krov, ..) nam omogućava da podesimo protok vazduha.

Termo-hand ručni IC sistemi u poljoprivredi

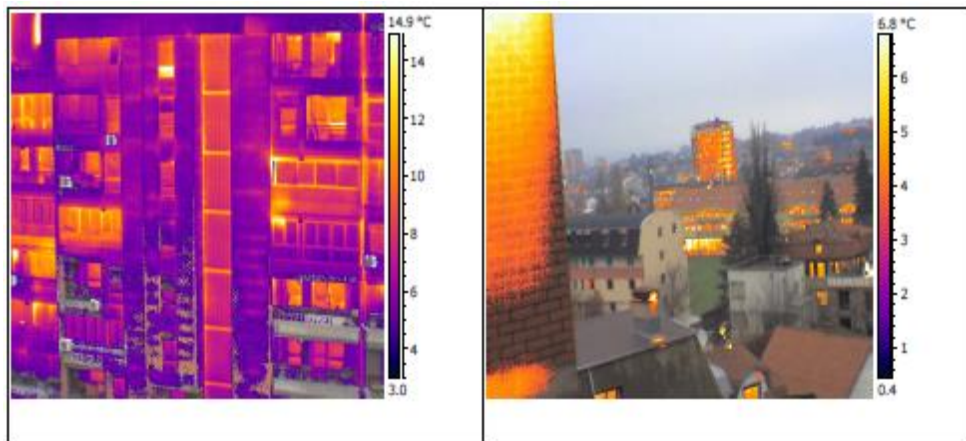
Kao dopuna stationarnim termografima su ručni uređaji koji mogu da se koriste da se individualno kontrolišu životinje, kontrolišu se njihovo toplotno stanje, identifikuju se pregrevanje i hipotermija određenih delova životinja. Oprema se može kupiti, a zahteva odgovarajuću obuku za pravilno korišćenje i interpretiranje rezultata.[8]



Slika 15 – Ručni IC sistem

5.6. Elektroenergetika

Termografski senzori se koriste i prilikom procene električnih instalacija, kada je efikasnost električne mreže niska i kada se previše energije troši za generisanje toplote, pri čemu povećanje toplote može dovesti do neplaniranih ispada i požara. 35 % svih industrijskih požara su izazvani električnim problemima što dovodi do gubitaka 300 milijardi evra godišnje. Termo senzori imaju veliku ulogu naročito kada su u pitanju zatvorene komponente, kao što su kontrolni centar sa prekidačima panela, prekidačima za isključivanje i transformatori. Spoljašnje komponente kao što su trafostanice, aparati, transformatori i spoljni krug prekidača veoma efikasno se mogu proveriti termovizijskim skeniranjem.[9]



Slika 16 – Primer snimanja urbanog područja u Beogradu termalnim senzorima

6. Zaključak

Termalni senzori imaju veliku primenu. U radu su obradjene neke oblasti primene, ali treba naglasiti da se oblast stalno proširuje. Od oblasti koje takodje koriste prednosti ovih senzora, a nisu objašnjene u ovom radu je svakako vojna primena.

Infracrveno zračenje i podaci dobijeni pomoću termalnih senzora pomažu pri uviđanju i rešavanju mnogih problema iz različitih područja nauke i industrije. Tako se termografskim uređajima mogu vrlo dobro pratiti stanje elemenata za prenos električne energije, razhladnih postrojenja, transformatorskih stanica, kao i same proizvodnje električne energije. Jednako tako može se pratiti stanje izolacije mreže cevovoda u industriji, vrelovoda i parovoda u toplinarstvu, rotacijskih peći u cemetnoj industriji, stanje ležajeva na mašinama. U okviru zaštite od požara, termografski sistemi koriste se za otkrivanje latentnih požara, pronalaženje osoba u objektu zahvaćenom požarom, te ispitivanju elemenata na otpornost od požara. IC termografija se koristi za nadzor objekta, prostora, prometa i zagađenja okoline. U građevinarstvu se primenjuje kod ispitivanja kvaliteta izolacije objekta, utvrđivanja mesta s povećanom vlagom, itd.

Literatura

1. *Seminarski rad- Termalna daljinska istraživanja :*
<http://gf-sa.com/clanci/Seminarski-rad-TERMALNA-DALJINSKA-ISTRA%C5%BDIVANJA-Haris-Ruznic.pdf>
2. *IR temperaturni senzori i termalne kamere:*
<http://www.tipteh.rs/ir%20temperaturni%20senzori%20i%20termalne%20kamere.php>
3. Slajdovi sa predmeta Daljinska detekcija i računarska obrada slike
4. *Seminarski rad- Termalni senzori za daljinsku detekciju:*
<http://www.geoservis.ftn.uns.ac.rs/downloads/ISP/ZbornikStudRadova/ISP.pdf>
5. *Platforme, kamere i senzori:*
<http://147.91.21.108/f1/Predavanja/Fotogrametrija%20i%20daljinska%20detekcija%20i%20Platforme%20kamere%20i%20senzori.pdf>
6. http://www.ldeo.columbia.edu/res/fac/rsvlab/fundamentals_e.pdf
7. *Modernizovani farmeri:*
<http://www.sk.rs/2013/04/skpr02.html>
8. *Green group*
<http://www.green-group.rs/index.php?r=2235>
9. *Primena IR kamera u industrijskim aplikacijama*
<http://www.geoservis.ftn.uns.ac.rs/downloads/EnEfikasnost/Primena%20IR%20kamera%20u%20industrijskim%20aplikacijama.pdf>