

# ULOGA INTEGRISANIH SISTEMA ZA RANU DETEKCIJU I PREDIKCIJU ŠIRENJA POŽARA U ZAŠTIĆENIM ŠUMSKIM PODRUČJIMA

## ROLE OF INTEGRATED SYSTEMS FOR EARLY DETECTION AND PREDICTION OF FIRE SPREADING IN PROTECTED FORESTED AREAS

Dejan Pavlović, dipl.inž.el.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JP “Nacionalni park Đerdap” – Donji Milanovac

**Sadržaj:** Poslednjih godina svedoci smo sve češćih šumskih požara koji nastaju tokom letnjih meseci kako u našoj zemlji, tako i u drugim zemljama, a naročito u zemljama u okruženju koje su pod uticajem mediteranske klime. Zbog značaja koju šumski ekosistemi imaju u zaštićenim područjima, a naročito u nacionalnim parkovima i rezervatima prirode, cilj je da se šumski požari suzbiju još u ranoj fazi. Danas se u svetu sve češće koriste inteligentni integrisani sistemi za ranu detekciju i predikciju širenja šumskih požara. U ovom radu su upravo opisane neke od arhitektura takvih sistema, kao i neke od realizacija zemaljskih i satelitskih sistema.

**Abstract:** *In recent years we have witnessed more frequent forest fires that occur during the summer months in our country and other countries, especially in surrounding countries that are under the influence of Mediterranean climate. Because of the importance of forest ecosystems that are in protected areas, especially in national parks and nature reserves, the aim is to suppress forest fires in the early stages. Across the world are increasingly using intelligent integrated systems for early detection and prediction of the spread of forest fires. The paper had just described some of the architecture of such systems, as well as some of the realization of terrestrial and satellite systems.*

### 1. UVOD

Na osnovu izveštaja Ministarstva zaštite životne sredine Republike Srbije o nastanku, toku i gašenju požara tokom 2007. godine, utvrđena je ukupna šteta od požara u nacionalnim parkovima kao i zaštićenim područjima na ukupnoj površini od približno 3.177,66 hektara, pri čemu je za pošumljavanje opožarenih područja izdvojeno oko 46,5 miliona dinara.

Samo na teritoriji “Nacionalnog parka Đerdap” (staništa preko 50 biljnih zajednica i preko 1.100 biljnih vrsta) je u toku jula 2007. godine zabeleženo 17 šumskih požara na ukupnoj površini od 591,82 hektara pod šumskim ekosistemom. Ukupna procenjena šteta je iznosila 14.255.712,00 dinara [1].

I u ostalim nacionalnim parkovima Srbije zabeležene su velike štete prouzrokovane šumskim požarima, te se iz tog razloga kao logično rešenje nameće pitanje uvođenja integrisanih informacionih sistema za ranu detekciju i predikciju širenja šumskih požara.

Danas se u svetu koriste više tipova takvih sistema, ali se oni generalno dele na tri grupe:

- Zemaljske sisteme,
- Vazdušne sisteme i
- Satelitske sisteme.

Zemaljski sistemi koriste različite tipove senzora za detekciju vatre i to: *video kamere* osetljive u vidljivom delu spektra tokom dana i na plamen tokom noći, *infracrvene (IC) - termalne kamere* osetljive na termalni fluks koji potiče od vatre, kao i *LIDAR (Light Detecting and Ranging) sisteme* koji laserski detektuju svetlost reflektovanu od čestica dima [2].

Zemaljski sistemi za detekciju šumskih požara sačinjeni su od *perifernih osmatračkih stanica* i *komandno kontrolnih centara*. Jedinice perifernih osmatračkih stanica su postavljene na pažljivo odabranim lokacijama koje su ili bežičnim ili žičanim putem povezane sa jednim ili više komandno kontrolnih centara. Svaka od perifernih osmatračkih stanica sastoji se od senzora za detekciju požara (najčešće kamera u vidljivom i/ili infracrvenom delu spektra), jedinice za merenje meteoroloških parametara, transmisiona jedinice, jedinice za napajanje sistema i dr. Neki od komercijalnih zemaljskih sistema koji su u primeni su: BOSQUE (BAZAN-FABA Španija), SR-10 – (ALENIA Italija), FireWatch (Nemačka), FireHawk (Južna Afrika), FireVu (Engleska), UraFire (Francuska) i drugi [2], [3].

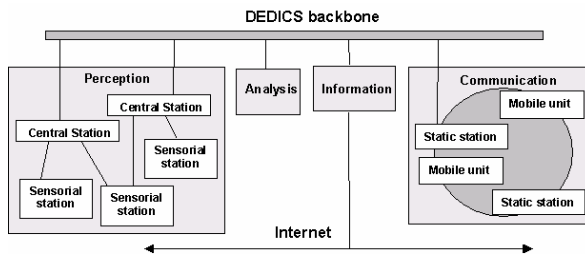
Vazdušni sistemi se koriste za pokrivanje velikih površina (korišćenjem aviona), a osnovni nedostatak ovakvih sistema što se tiče pouzdanosti je prisutnost jakog vetra ili niske oblačnosti. Neki od sistema u komercijalnoj upotrebi su BOMEN (Kanada) i GerINTRADAN (Danska).

Sistemi zasnovani korišćenjem satelita imaju neke od prednosti kao i nedostataka vazdušnih sistema za ranu detekciju šumskih požara. Sateliti koje se nalaze na geostacionarnim orbitama su izuzetno efikasni za detekciju šumskih požara, ali nedostaci se ogledaju u vremenu kašnjenja signala i u nekim slučajevima na efikasnost detekcije šumskih požara u prisustvu oblaka. Neki od komercijalnih satelitskih sistema su FIRE – M3 (Kanada) i FUEGO (Evropa) [2], [3].

## 2. ARHITEKTURA “DEDICS” MREŽE

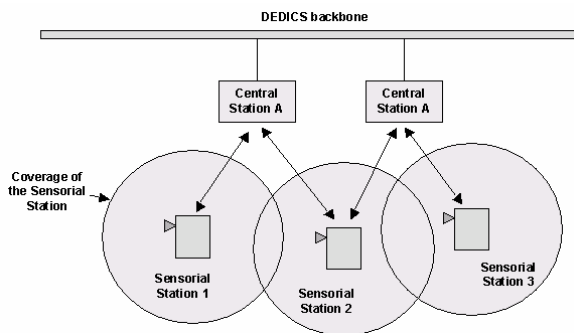
DEDICS (Distributed Environmental Disaster Information and Control Systems) predstavlja integrisanu mrežu (regionalnog karaktera) uspostavljenu u cilju poboljšanog upravljanja – kontrolisanja vandrednih situacija nastalih u slučajevima prirodnih nesreća. Ova mreža je najveću primenu našla u ranoj detekciji i kontrolisanju širenja šumskih požara. Sistem sa sastoji od više komponenti (podсистema) [4], i prikazan je slikom 1.

- Osmatrački podsistem,
- Analitički podsistem,
- Informacioni podsistem i
- Komunikacioni podsistem.



Slika 1. Blok šema “DEDICS” mreže

Osmatrački podsistem je odgovoran za prikupljanje informacija iz prorodnog okruženja. Sačinjen je od mreže *senzorskih stanica* i *centralnih stanica* koje su povezane telekomunikacionom mrežom. Svaka senzorska stanica povezana je sa jednom ili više centralnih stanica u zavisnosti od konfiguracije terena. Senzorske stanice vrše ekstrakciju heterogenih podataka dobijenih iz različitih izvora, a to su najčešće podaci prikupljeni infracrvenim i televizijskim kamerama, podaci prikupljeni meteorološkim sensorima, kao i ostali podaci koji se šalju u centralne stanice na dalju analizu. Slikom 2. prikazana je blok šema osmatračke komponente (podсистema).

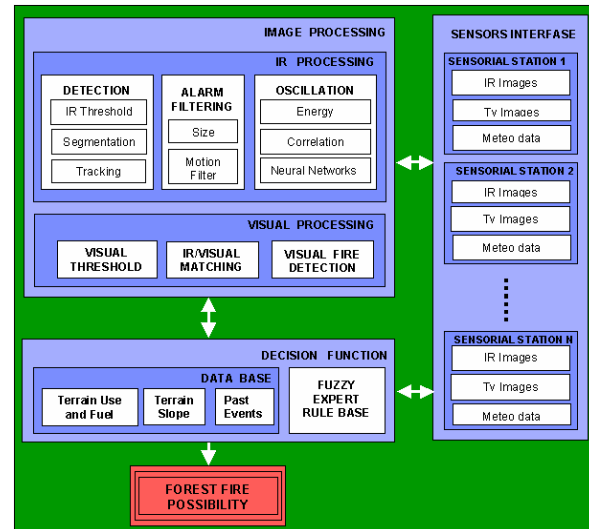


Slika 2. Blok šema osmatračke komponente (podсистema) “DEDICS” mreže

Podaci prikupljeni meteorološkim sensorima kao npr. brzina i smer vetra, imaju veliki značaj i koriste se za predikciju širenja požara.

Centralne stanice sadrže geografske podatke - podatke o konfiguraciji terena (topografske mape), mape sa

potencijalno zapaljivim materijalima kao i mape ostalih rizičnih lokacija i vrše proračun podataka dobijenih sa različitim senzorskih stanica u cilju redukcije “lažnog alarma”. Za to je zadužen sistem za detekciju koji je razvijen na Univerzitetu u Sevilji (Španija), a u okviru “DEDICS” projekta, i koji se sastoji od skupa inteligentnih komponenti prikazanih slikom 3 [4].



Slika 3. Blok šema sistema za detekciju

Na blok šemi se uočavaju tri bazična bloka:

- Blok za komunikaciju sa sensorima,
- Blok za obradu slika i
- Blok za donošenje odluka.

*Blok za komunikaciju sa sensorima* uspostavlja komunikaciju sa sensorima instaliranih u okviru senzorskih stanica. To znači da prati stanje svake senzorske stanice tj. transmisiju i vreme kašnjenja signala sa svakog senzora pojedinačno. Meteorološki senzori mere veličine kao što su: temperatura, relativna vlažnost vazduha, količina padavina, brzina i smer vetra itd. Mada su ovako dobijeni podaci lokalnog karaktera, oni mogu biti korišćeni za predikciju širenja šumskih požara korišćenjem odgovarajućih meteoroloških modela.

*Blok za obradu slika* ima izrazito značajnu ulogu u arhitekturi sistema, zato što se bazični proces detekcije požara zasniva na analizi slika dobijenih infracrvenim kamerama. Sam blok se sastoji od alata za obradu infracrvenih slika, a osnovne funkcije bloka su: *detekcija infracrvenog (IC) opsega*, *filtriranje alarma* i *analiza oscilacija*.

*IC detektor* vrši segmentovanje IC slike korišćenjem praga vrednosti koji se dinamički proračunava iz statističkih parametara IC slike, dok se segmentacija vrši primenom odgovarajućih algoritama. *Tracking* algoritam se primenjuje da bi se izbeglo detektovanje predmeta u pokretu. *Filtriranje alarma* podrazumeva skup aktivnosti u cilju sprečavanja pojave “lažnih alarma”, tj. alarma koji

nastaju kao posledica drugih efekata (veštačkog osvetljenja, termičkih objekata, refleksije sunčeve svetlosti naročito sa vodenih površina itd.), a ne usled vatre ili dima, ili onih koji nastaju usled delovanja različitih smetnji.

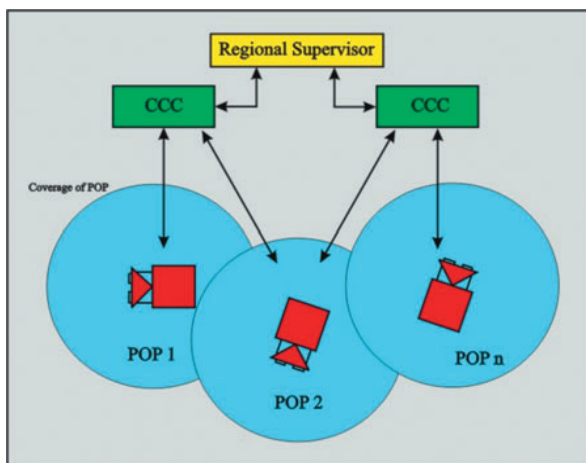
*Analiza oscilacija* je tehnika koja se zasniva na analizi malih oscilacija koje potiču od neočekivanih promena na infracrvenoj slici usled dejstva plamena ili šumskog požara. Veštačko osvetljenje, termički objekti ili refleksija sunčeve svetlosti (takođe često mogu biti uzroci pojave “lažnih alarma“) ne generiše oscilacije takvog karaktera. Danas se koriste različite vrste algoritama koji na osnovu energije i korelacija kvantifikuju veličinu oscilacija [5].

*Blok za donošenje odluka* kombinuje informacije dobijene sa slika, mapa, meteoroloških senzora kao i baza podataka, i na osnovu pravila koja dovode do pojave šumskih požara donosi odluku o aktiviranju alarma ili ne. Vrednost izlaza bloka za donošenje odluka kreće se u opsegu od 0 do 100, pri čemu ove vrednosti predstavljaju verovatnoću pojave potencijalne opasnosti koja dovodi do pojave šumskog požara. Ukoliko je vrednost verovatnoće pojave šumskog požara iznad nivoa praga koji je odabran od strane operatora sistema (a koji obično iznosi 0,5) alarm će se oglasiti, dok će u ostalim slučajevima biti odbačen.

### 3. ARHITEKTURA “IFFED“ SISTEMA

IFFED (Integrated System for Forest Fire Early Detection) sistem, razvijen na Institutu “Ruder Bošković“ (Hrvatska) [3], predstavlja integrisani automatski sistem za ranu detekciju kao i za kontrolisanje širenja šumskih požara.

Sistem je u potpunosti modularan, autonoman i operativan tokom 24 časa. Sistem se sastoji od *perifernih osmatračkih tačaka (stanica)* (POP – Peripheral Observation Points) i *komandno kontrolnih centara* (CCC – Command and Control Centre). Blok šema “IFFED“ sistema prikazan je slikom 4.



Slika 4. Blok šema “IFFED“ sistema

*Periferne osmatračke tačke (stanice)* predstavljaju tornjeve koji se nalaze na uzvišenim lokacijama. Na tornjevima se nalaze infracrvene i TV kamere sa sistemima za pozicioniranje, koje se kreću automatski – po zadatim vremenskim intervalima i pravcima. Napajanje kamere i ostale opreme obezbeđuje se solarnim panelima. Na lokacijama gde nema dovoljno insolacije mogu da se koriste generatori koji koriste vetar kao pogonsko sredstvo.

Infracrvene kamere su pogodne za osmatranje lokacija na većim distancama zbog veće rezolucije. TV kamere su opremljene velikim zoom-om kojim se može i manuelno upravljati – od strane operatora sistema.

Na tornjevima se osim kamere nalazi i skup meteoroloških senzora za prikupljanje lokalnih meteoroloških podataka. Ovi podaci imaju veliki značaj za detektovanje šumskih požara, redukovanje “lažnih alarma“ kao i za predikciju širenja požara.

Komunikaciona jedinica u okviru periferne osmatračke tačke (stanice) prenosi slike sa infracrvene i video kamere do *komandno kontrolnog centra*. Komandno kontrolni centar je takođe povezan sa jednom ili više osmatračkih tačaka, a takođe poseduje i supervizor monitoring sistem za termalne i video slike dobijene sa perifernih osmatračkih tačaka (stanica). Operater u kontrolnom centru može manuelnim putem da kontroliše poziciju kamere putem radio veze i da izvrši izbor između termalnih (infracrvenih) i TV (video) kamere u slučaju aktiviranja alarma radi dodatne provere. Operater takođe može da podesi nivo praga aktiviranja alarma koji je kritičan u procesu detekcije.

Kontrolni centar takođe može biti podržan meteorološkim modelima - modelom pojave požara (mapom rizika) kao i modelom propagacije i kontrolisanja požara zasnovan na primeni GIS baze podataka. U kombinaciji sa meteorološkim podacima sistem predviđa oblasti koje bi mogle biti zahvaćene požarima, te se na taj način može efikasnije pristupiti gašenju požara korišćenjem odgovarajućih sredstava i opreme.

Osetljivost detektorske jedinice je jedan od najbitnijih parametara sistema. Integrisani infracrveni senzori mogu da detektuju požar površine 6 kvadratnih metara na rastojanju od 10 kilometara, dok maksimalna oblast obuhvaćena jednom perifernom osmatračkom tačkom (stanicom) iznosi oko 30.000 hektara [3].

Blok šema sistema za detekciju “IFFED“ sistema je po strukturi i funkcijama veoma slična “DEDICS“ arhitekturi, te u ovom slučaju neće biti dodatno razmatrana.

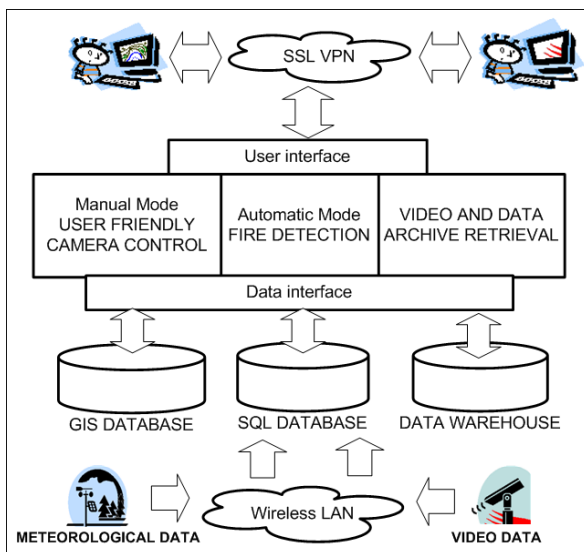
### 4. INTEGRALNI PROTIVPOŽARNI NADZORNI SISTEM – “IPNAS“

Krajem 2005. godine u Hrvatskoj je razvijen sistem pod nazivom *IPNAS - Integralni protivpožarni nadzorni sistem (Integral Forest Fire Monitoring System)*.

“IPNAS“ je zasnovan na *terenskim jedinicama* i *centralnom procesorskom jedinicom*. Terenske jedinice su zamišljene kao posebne jedinice opremljene video kamerama (kojima se može upravljati na daljinu), kao i mini meteorološkom stanicom koja je bežičnom

(wireless) LAN mrežom povezana sa centralnom procesorskom jedinicom gde se vrše sve analize, proračuni i ostale obrade, i gde se vrši skladištenje (arhiviranje) svih podataka i slika. Radi se o Web sistemu obzirom da se korisnički interfejs prikazuje upotrebom klasičnog Web pretraživača. Krajnji korisnik može da pristupi bilo kom modulu sistema korišćenjem SSL (Secure Socket Layer) VPN-a (Virtual Private Network). "IPNAS" sistem prikazan je slikom 5. i zasniva se na korišćenju tri tipa podataka [2], [6]:

- Video podataka u realnom vremenu,
- Meteoroloških podataka u realnom vremenu i
- GIS bazom podataka.



Slika 5. Struktura "IPNAS" sistema

Video podaci u realnom vremenu dobijaju se iz IC i TV kamera. Postoje dva režima rada ovih kamera – automatski i manualni. Automatski režim rada koristi se u toku detekcije šumskih požara (kretanje kamere po azimutu i elevaciji se programira), dok se manualni režim rada koristi u slučaju dodatne kontrole potencijalno opasnih mesta za pojavu požara korišćenjem snažnog zoom-a koju TV kamere poseduju. U okviru automatskog režima rada, sistem prepoznaje pojavu dima visine 10 metara na udaljenosti od 10 kilometara i automatski aktivira alarm.

Meteorološki podaci u realnom vremenu se danas koriste u cilju smanjenja detektovanja lažnih alarma, dok će se u budućnosti koristiti za izračunavanje indeksa rizika pojave lokalnih požara kako u fazi prevencije požara, tako i u predikciji širenja požara tokom faze gašenja požara.

GIS (Geografski Informacioni Sistem) baza podataka se koristi za skladištenje isključivo geografskih podataka (nagiba terena, lokacije puteva, reka itd.), kao i svih ostalih relevantnih informacija koje se odnose na geografsku poziciju požara u ranijem periodu, zatim karakteristike zemljišta, izvora vode, pozicija turističkih ruta itd. Ovi podaci u slučaju pojave požara mogu biti

veoma korisni u cilju predikcije širenja požara, a ujedno i u planiranju gašenja samog požara [2], [7].

## 5. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE "IPNAS" SISTEMA

"IPNAS" sistem je projektovan modularno hardverski i softverski. Hardverska modularnost omogućava mu jednostavno dodavanje novih osmatračkih tj. terenskih jedinica, dok mu softverska modularnost omogućava lako dodavanje potpuno novih funkcija. Sistem ima odličnu podršku arhiviranju svih ulaznih i "sumnjivih" slika, kao i svih ostalih značajnih podataka.

Terenska jedinica sastoji se od:

- Pokretne (pan/tilt/zoom) video kamere dvojne tehnologije (po danu osetljive u vidljivom delu spektra, a noću u infracrvenom),
- Lokalnog Web servera koji može biti i deo kamere, a koji služi za prilagođavanje prenosa video signala bežičnom prenosu po internet protokolu,
- Lokalnog Web servera koji služi za prilagođenje meteoroloških podataka i radnih parametara sistema bežičnom prenosu po internet protokolu,
- Mini meteorološke stanice za merenje osnovnih podataka (temperature i vlage vazduha, brzine i smera vetra, insolacije, količine padavina itd.),
- Uređaja za merenje osnovnih parametara sistema (temperature uređaja, napona i struje punjenja/praznjenja ukoliko se radi o autonomnom sistemu napajanja putem akumulatora i solarnih kolektora) i
- Sistema za bežični prenos podataka po IEEE 802.11 protokolu koji može raditi kao krajnja Ethernet stanica i kao repetitor [3], [8].

Oprema terenske jedinice treba biti tako odabrana da radi u zahtevnim uslovima što znači da:

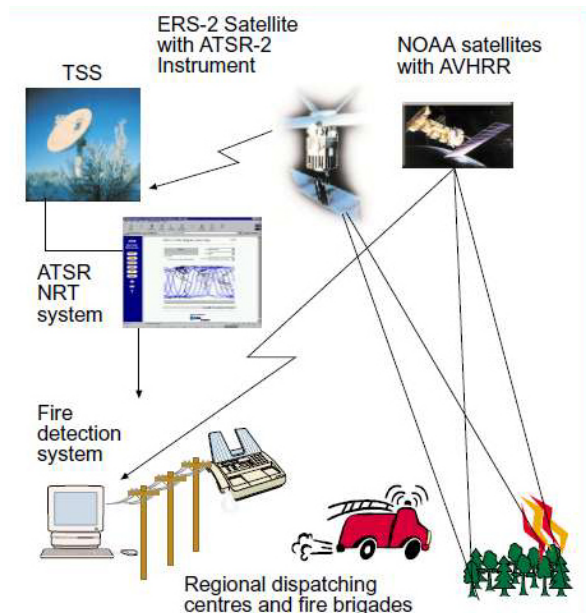
- Celokupna terenska oprema treba da ima veliki stepen zaštite od atmosferskog uticaja kao i mogućnost rada u ekstremnim temperaturnim uslovima (-30°C do +50°C uz brzine vetrova do 100km/h),
- Svi signali (meteorološki podaci i video signali) dobijeni sa senzora i sa kamera se u okviru svojih lokalnih servera transformišu u signale pogodne za prenos bežičnim putem,
- Sve jedinice sistema moraju imati minimalnu potrošnju električne energije, a naročito na lokacijama sa autonomnim napajanjem korišćenjem akumulatora i sunčevih kolektora [3], [8].

Centralna procesorska jedinica sastoji se od:

- Dva procesora sa četiri jezgra,
- 4 GB radne memorije (min.),
- RAID 5 sistemom diskova,
- Redundantnog napajanja,
- Pristupa na daljinu,
- Firewall-a i
- Uređaja za neprekidno napajanje.

## 6. PRINCIP RADA JEDNOG OD SATELITSKIH SISTEMA ZA AUTOMATSKU DETEKCIJU POŽARA

Ujedinjene Nacije su tokom 90-tih godina prošlog veka inicirale program pod nazivom IDNDR (International Decade for Natural Disaster Reduction). Jedna od namena ovog programa je i razvoj novih metoda kontrolisanja vandrednih situacija nastalih u slučajevima prirodnih nesreća. U saradnji sa ESA (European Space Agency), Finska se pridružila programu i započela razvoj satelitskog sistema - najpre za detekciju požara u severnim šumama, a kasnije i u svim ostalim [9].



Slika 6. Satelitski sistem za detekciju požara koga čine NOAA sateliti sa AVHRR radiometrom i evropski ERS satelit sa ATSR radiometrom

Princip rada sistema prikazanog slikom 6. je sledeći: slike visoke rezolucije poslate sa NOAA-12, NOAA-14 i NOAA-15 satelita prihvataju se prijemnom stanicom koja se nalazi u okviru Finskog Meteorološkog Instituta. Podaci sa ERS-2 satelita opremljenim ATSR (Along Track Scanning Radiometer) instrumentom obrađuju se u okviru zemaljske satelitske stanice (Tromsø - Norveška) i takođe prosleđuju Finskom Meteorološkom Institutu. ATSR instrumentom se generišu infracrvene slike oblasti koja se posmatra. Minimalna površina (zahvaćena požarom) koja se može detektovati ovim sistemom je 0,1 ha, sa tačnošću lokacije požara od jednog kilometra, pri čemu je procenat detektovanja lažnih alarma manji od 10%.

Prilikom detektovanja požara, izveštaj o požaru (sa koordinatama lokacije požara na mapi, kao i vremenom detekcije požara) se sa Meteorološkog Instituta telefaksom šalje Regionalnom dispečerskom centru na čijoj teritoriji je požar uočen. Regionalni dispečerski centar preduzima dalje mere - obaveštava vatrogasne i ostale službe u cilju sanacije požara [9].

## 7. ZAKLJUČAK

Prednosti automatskih sistema za ranu detekciju i predikciju širenja šumskih požara u odnosu na tradicionalni način (ljudskim nadgledanjem sa osmatračnica na određenim lokacijama tokom letnje sezone) su višestruke. Automatskim sistemom postiže se 24-časovno osmatranje terena pri čemu su eliminisane greške uslovljene ljudskim faktorom (umor itd). Automatski se aktivira alarm u slučaju pojave požara pri čemu je detekcija "lažnih alarma" (prouzrokovanih refleksijom sunčeve svetlosti sa vodenih i drugih površina) svedena na minimum korišćenjem posebnih detekcionih algoritama, a naročito algoritama tokom izlaska i zalaska sunca.

Od ukupne površine od 63.680 ha na kojoj se prostire "Nacionalni park Đerdap", 44.851 ha je pod šumama. Implementacijom jednog ovakvog sistema značajno bi se smanjile štete prouzrokovane šumskim požarima.

## LITERATURA

[1] Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja – Republika Srbija - <http://www.ekoplan.gov.rs/src/upload-centar/dokumenti/izvestaji/pozari-2007.pdf>

[2] Darko Stipaničev, Tomislav Vuko, Damir Krstinić, Maja Štula, Ljiljana Bodrožić - *Forest Fire Protection By Advanced Video Detection System – Croatian Experiences*

[3] Darko Kolarić, Karolj Skala, Amir Dubravčić - *Integrated System For Forest Fire Early Detection And Management* - Periodicum Biologorum Vol. 110, No 2, 205-211, 2008

[4] Martinez-de Dios J.R., B. C. Arrue and A. Ollero - *Distributed Intelligent Automatic Forest-Fire Detection System* - INNOCAP'99, 28th of 29th of April, Grenoble

[5] Ollero A., B.C. Arrue, J.R. Martinez and J.J. Murillo - *False Alarm Reduction Components for Infrared Detection of Forest Fires* – Proc. SICICA '97, Annecy, France

[6] B. Hrastnik, D. Stipanicev, R. Vujcic, Split and - *Forest Fire Protection by 24h Monitoring, Wood Collection Intended for District Heating Plants and Easy Access Routes Assigned to Firemen and Tourism* - Dalmatian County, University of Split - Croatia

[7] Ljiljana Bodrozić, Darko Stipanicev - *Agent Based Data Collecting in Forest Fire Monitoring System* - University of Split, Croatia

[8] *Projekt integralnog informacijskog sustava zaštite šumskih požara na području Splitsko – Dalmatinske županije* – Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2006

[9] Väinö Kelhå, Yrjö Rauste and Alessandra Buongiorno - *Forest Fire Detection by Satellites for Fire Control*