



Croatian Meteor Network

Damir Šegon¹, Filip Novoselnik¹, Željko Andreić¹

PRIRUČNIK ZA OBRADU SNIMAKA HRVATSKE METEORSKE MREŽE

V1.0
27.4.2009 17:47

¹Hrvatska Meteorska Mreža (HMM)

SADRŽAJ

1. Uvod.....	3
2. 1004X Kamera	3
3. Sky Patrol.....	4
4. MTP (Maximum Temporal Pixel)	9
5. Sky Patrol-MTP Filter	13
6. MetMath.....	15

1. UVOD

U ovome priručniku opisan je način snimanja i metode obrade snimaka dobivenih kamerama Hrvatske Meteorske Mreže (HMM). On je namijenjen svima koji su zainteresirani za način rada i metode obrade koje koristi HMM, a prvenstveno operaterima kod kojih se nalaze kamere te koji snimaju sa njima.

2. 1004X KAMERA

Do danas je u funkciji 15 kamera Hrvatske Meteorske Mreže (HMM) koje pokrivaju cijelo nebo iznad Republike Hrvatske. Mreža je zasnovana na crno-bijelim visokoosjetljivim kamerama, osjetljivosti 0.003 luxa pri F/1.2 objektiva, generičke oznake 1004X. Prvi testovi provedeni na ADIP-u (Astronomsko društvo Istra-Pula) za vrijeme Perzeida 2006. godine provedeni su originalnim objektivom 3.6 mm F/2 uz nemodificiranu kameru. Testovi su pokazali da kamera u real-time (25 fps) registrira zvijezde sjaja do 1.5 mag, što smo smatrali nezadovoljavajućim. Stoga je kamera modificirana u smislu fiksnog pojačanja (kameru je modificirao Filip Lolić, bez kojega bi danas stvari sigurno izgledale drugačije) te je primijenjen objektiv 9 mm F/1.4. Uz ovaj setup snimani su Orionidi i postignuta je granična magnituda zvijezda oko 4 ali je vidno polje bilo malo premalo... Zato je nastavljena potraga za odgovarajućim objektivom. Izbor je pao na 4 mm F/1.2 objektiv, koji na 1/3" CCD chipu daje vidno polje od 64X48 stupnjeva – što otprilike odgovara korisnom vidnom polju ljudskog oka. Danas su sve HMM kamere opremljene takvim objektivima, što olakšava određivanje preklopa vidnih polja dvije i više stanica.



3. SKY PATROL

Snimanje se vrši programom SkyPatrol autora Mark Vornhausena. Ovaj radi na gotovo svim Windows operacijskim sustavima od Win'98 do XPSP2 (nije testiran na '95 i Visti) te ne zahtijeva moćan PC. Dovoljan je Celeron na 700 MHz već sa 128 MB RAM-a. Program. Kod slabijih računala preporučljivo je instalirati Win 2000 umjesto XP-a.

Podešavanje programskih parametara je jednostavno, instalacije nema (samo kopiranje). Ono što je važno je da SkyPatrol kreira datoteku sa svim potrebnim informacijama o detektiranom objektu. Prednosti su Sky Patrol-a u automatskoj detekciji objekta koji se kreće, bio to meteor ili nešto drugo te u pohranjivanju koordinata/levela detekcije i dijela videa (slijed 80X80 pix). Činjenica da svaka snimka predstavlja sumu od 1500 slika (25X60 sec) po načelu „ako je svijetlije“ („if lighter“), zapisuje se samo svjetlina najsajnijeg piksela u 1500 slika na svakom mjestu) smanjuje količinu informacija na disku te pruža uvid u uvjete promatranja, za razliku od ostalih programa kod kojih nije moguće procijeniti dali je bilo vedro ili oblačno. Budući da je rezultatna bitmapa puno kvalitetnija od pojedinačnih slika, na njoj su uočljive zvijezde slabijeg sjaja. To je od izuzetnog značaja za kvalitetnu kalibraciju optičke deformacije slike (distorzije) i astrometrijsku kalibraciju vidnog polja kamere, budući da na raspolaganju imamo veći broj zvijezda.

Program radi tako da omogućava detekciju nekog zbivanja (meteora) uz uvjet da je mu je sjaj veći od definiranog u odnosu na pozadinu (kod nas do sada 10 ili 12 nivoa), uz diskretnu točnost – preciznost od 1 piksele. Pored detekcija zapisanih u logfile.txt i video isječaka, za svaki piksel bilježi se trenutak njegovog maskimalnog sjaja i to u samu .bmp (bitmapa) sliku, u crveni i zeleni kanal (RG), dok je u plavom (B) kanalu sama 8-bitna siva (grayscale) slika. Ovakav način detekcije ima određenih manjkavosti. Prva je ta da se detektira sve što se kreće, i pravolinijski i krivudavo, detektiraju se i brzi oblaci, koji uz mjesečinu ponekad znaju i napuniti disk, avioni ptice, itd. Drugi problem je taj što preciznost od cjelobrojnih piksela nije dovoljna, pa je kratkim meteorima gotovo nemoguće precizno odrediti početak i kraj (smjer). Ali ovakav način zapisa ima velike prednosti, jer se kompletna jednogminutna ekspozicija može ponovno rekonstruirati, frame po frame, za svakih 0.04 sekunde (25 fps x 60 sekundi ekspozicije pa dobijemo 1500 frameova) uz pomoć programa Sky Patrol Viewer. Također je moguće rekonstruirati i video u avi formatu. Osnovnu manu predstavlja gubitak 2 (4) sekunde po bitmapi. To znači da u sat vremena imamo 58 snimljenih slika (minuta) umjesto 60. Preostali nedostaci su uobičajeni i kod drugih programa: propuštanje detekcije u slučaju više događaja istovremeno (do dva radi još nekako) te nepreciznost koordinata detekcije u slučajevima jako sjajnih meteora. Program svakoga dana u 12:00 h kreira novu datoteku Za svaku stanicu HMM mreže vrijede iste postavke koje se nalaze u settings.txt datoteci:

Minimum frames for darkframe:	25
Minimum brightness above darkframe:	16
Max. # of frames between two detections:	2
Minimum distance of two detections:	0
Maximum distance of two detections:	30
Detections in a row for moving object:	4
Duration of each sum image:	1
Framerate:	25

Minimum frames for dark frame

Da bi objekt na slici bio detektiran on mora biti znatno sjajniji od pozadine. Dark frame se koristi da bi se eliminirao pozadinski šum tj. „lažne“ detekcije. Minimum frames for dark frame (minimalni broj frameova za dark frame) je, kako mu samo ime govori, minimalan broj frameova koji se koriste za dark frame prije nego što se počne snimati. Što više frameova koristimo veći je razmak između detekcija pa se može dogoditi da propustimo neki meteor u tome trenutku, a ako koristimo manji broj dobijemo puno „lažnih“ detekcija od pozadinskog šuma.

Minimum brightness above dark frame

Ovo je minimalan sjaj piksela (0-255), koji meteor mora imati da bi bio detektiran u odnosu na pozadinu. Male vrijednosti uzrokuju „lažne detekcije“, a kod velikih vrijednosti imamo manju osjetljivost.

Max. Number of frames between two detections

Meteor obično uzrokuje mnogo detekcija u nizu. Ponekad nema detekcija između dva uzastopna framea ako je meteor jako spor te ako se koriste širokokutne kamere. Da bi detektirali ove spore objekte potrebno je povećati broj, ako je broj preveliki postoji mogućnost od „lažnih“ detekcija kao što su avioni.

Minimum distance of two detections

Minimalna udaljenost između dvije detekcije. Kod korištenja širokokutnih kamera treba staviti vrijednost 0 da bi se izbjeglo nedetektiranje sporogibajućih meteora.

Maximum distance of two detections

Maksimalna udaljenost između dvije detekcije. Ovo se također uglavnom koristi da bi se izbjegle „lažne“ detekcije aviona koji blinkaju u isto vrijeme, i ostalih brzogibajućih objekata, koji zbog prevelike brzine ne mogu biti meteori. Za širokokutne kamere treba odabrati malu vrijednost.

Duration of each sum image

Trajanje ekspozicije za svaku pojedinačnu sliku. Ne bi trebalo koristiti više od 10 min jer oblaci i drugi sjajni objekti smanjuju osjetljivost kod detektiranja meteora. HMM je za svoje potrebe fiksirala ovu vrijednost na 1 minutu.

Framerate

Broj frameova po sekundi. Ovo je broj frameova koje računalo analizira svake sekunde. Ono treba uvijek biti 25 fps ako koristimo PAL (standard za snimanje koji se koristi u Europi).

Pokretanje i zatvaranje SkyPatrola

Kod pokretanja SkyPatrola ne pojavi nam se na ekranu slika odmah, nego je potrebno da prođe 1 min da SkyPatrol prikupi sve slike i da generira prvu bitmapu.

Za prekid snimanja i zatvaranje SkyPatrola koristimo tipku „STOP“, pa zatim „ESC“.

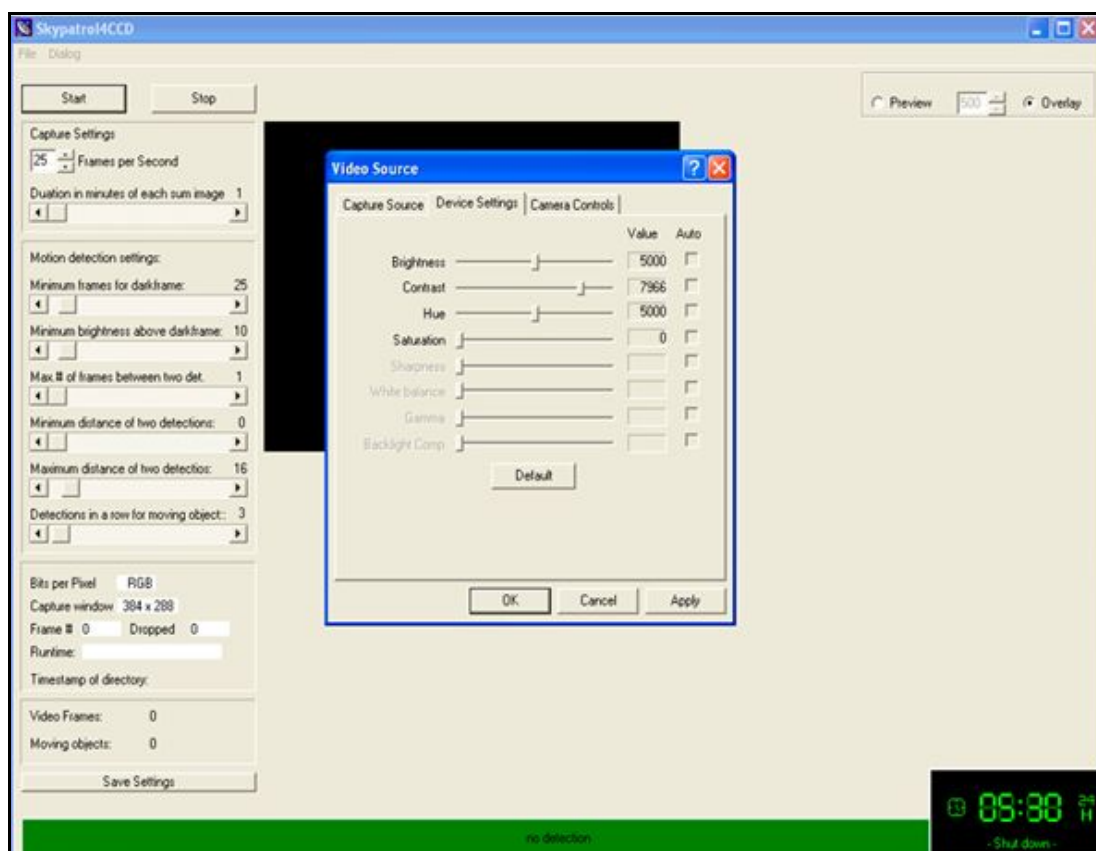
OPREZ: nenamjerno ponovno pokretanje SkyPatrola može dovesti do vrlo neugodne pojave snimanja svih slika s kamere (25 slika u sekundi), čime se u par sekundi unište sve postojeće bitmape u mapi koju trenutno SkyPatrol koristi!

Podešavanje postavki kamere

Video-in karticu treba podesiti na PAL standard (25 fps), tako da u SkyPatrolu veličina slike bude 384X288. U postavkama video-in kartice isto tako treba podesiti saturaciju na 0 (nula), a kontrast podići na oko 8000 (ako je riječ o VC100 kartici). Ukoliko to nije ta kartica, postavke su drugačije, ali općenito se svjetlina slike postavi na polovicu maksimalne vrijednosti, kontrast na oko 2/3, a sve ostale kontrole, ako postoje, na nulu.

Podešavanje svjetline, kontrasta i saturacije kamere radimo u SkyPatrolu.

Dialog → Video Source → Device Settings



Slika 1. SkyPatrol – software koji se koristi za snimanje

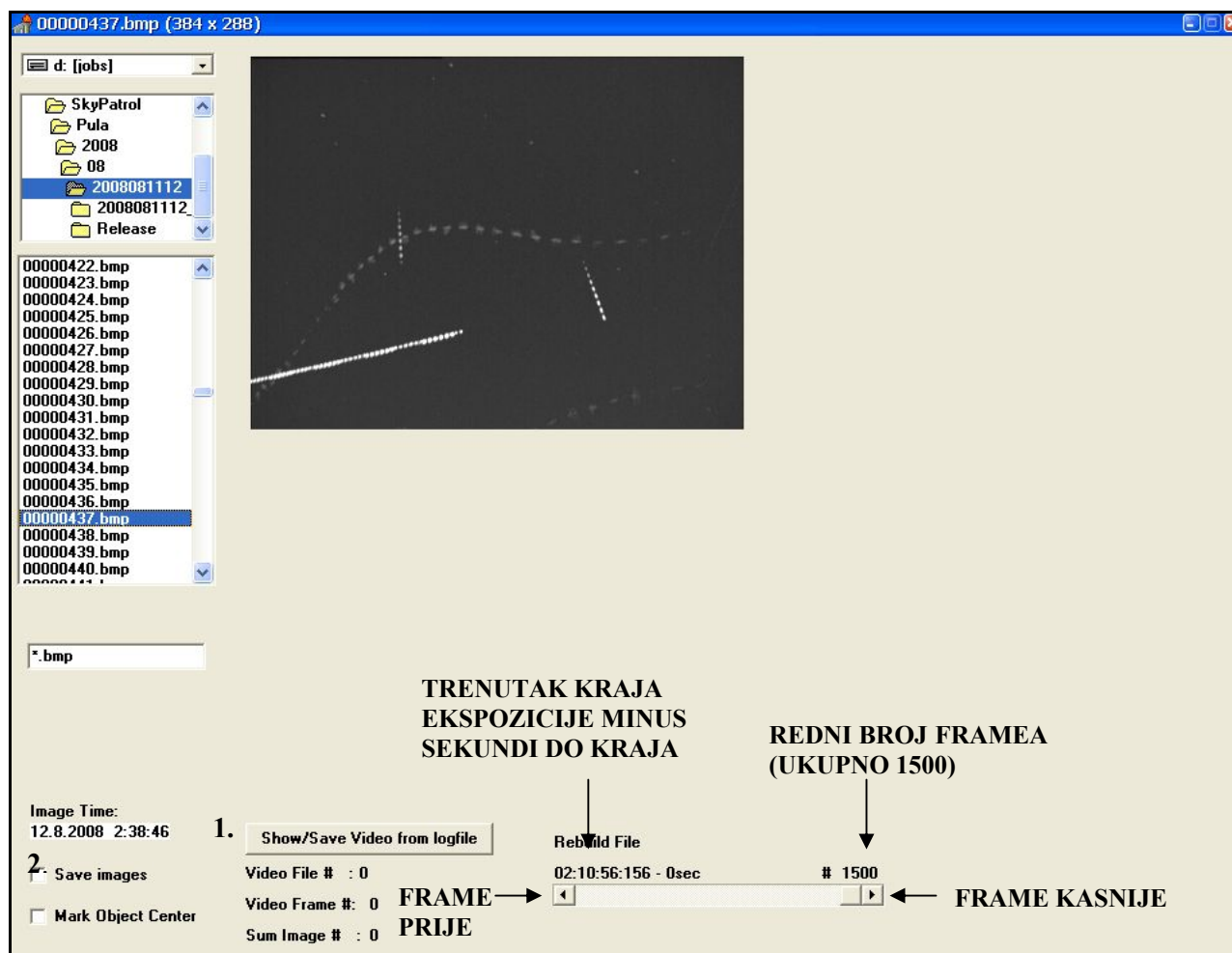
SkyPatrol kreira datoteku logfile.txt za svaku noć u kojoj su sadržane sve informacije koje nam koriste u daljnjoj obradi. Podatke dobijemo u sljedećem formatu u text datoteci:

```
Exposure time      : 001
Framerate          : 25
299 000 20:34:13:796 01332 00000001 01 000 340 263 073
298 000 20:34:13:843 01333 00000001 02 000 338 260 074
301 000 20:34:13:890 01334 00000001 03 000 341 265 074
299 000 20:34:14:000 01337 00000001 04 000 339 261 080
297 000 20:34:14:156 01341 00000001 05 000 337 258 091
! stop recording 00000001 20:34:21:437
! stop recording 00000002 20:35:25:640
! stop recording 00000003 20:36:29:828
! stop recording 00000004 20:37:34:000
284 000 20:37:40:515 00082 00000005 06 000 324 255 077
! stop recording 00000005 20:38:38:156
000 206 20:38:44:718 00083 00000006 07 000 004 041 044
! stop recording 00000006 20:39:42:312
! stop recording 00000007 20:40:46:468
! stop recording 00000008 20:41:50:625
! stop recording 00000009 20:42:54:828
```

- osnovne informacije o ekspoziciji i vremenskoj bazi
- X koordinata video isječka
- Y koordinata video isječka
- trenutak detekcije
- redni broj video framea
- redni broj BMP
- redni broj isječka u video.BMP
- redni broj video.BMP
- X koordinata detekcije
- Y koordinata detekcije
- intenzitet 0-255
- ! – trenutak kraja ekspozicije

Za pregledavanje slika koristimo SkyPatrol Viewer. On nam omogućava da rekonstruiramo svaku .bmp sliku frame po frame svakih 0,04 sekunde (ukupno 1500 frameova, 60X25). Kada ugledamo meteor ili neki objekt na slici klikom na „Show/Save video from logfile“ će pokazati sve video frameove u obliku animacije (na slici označeno 1.). Ako to želimo snimiti kliknemo na „Save images“ (na slici označeno 2.), nakon čega software kreira u istoj datoteci file sa nazivom „video_broj.bmp“ u kojem su pohranjeni svi frameovi tog objekta u nizu, veličine 80X80 piksela. Zatim je iz toga moguće kreirati .avi korištenjem nekog od programa (npr. BMP2AVI, VirtualDub)

VAŽNO: u slučaju da je rad programa prekinut višom silom (nestanak struje, krah operativnog sustava i sl.) logfile.txt neće biti pravilno zatvoren. Ako nije potpuno uništen (može se otvoriti u tekst editoru), u tom mu slučaju treba na kraj u novi upisati „999“ da bi ostali programi mogli iskoristiti ono što je do trenutka kraha snimljeno.

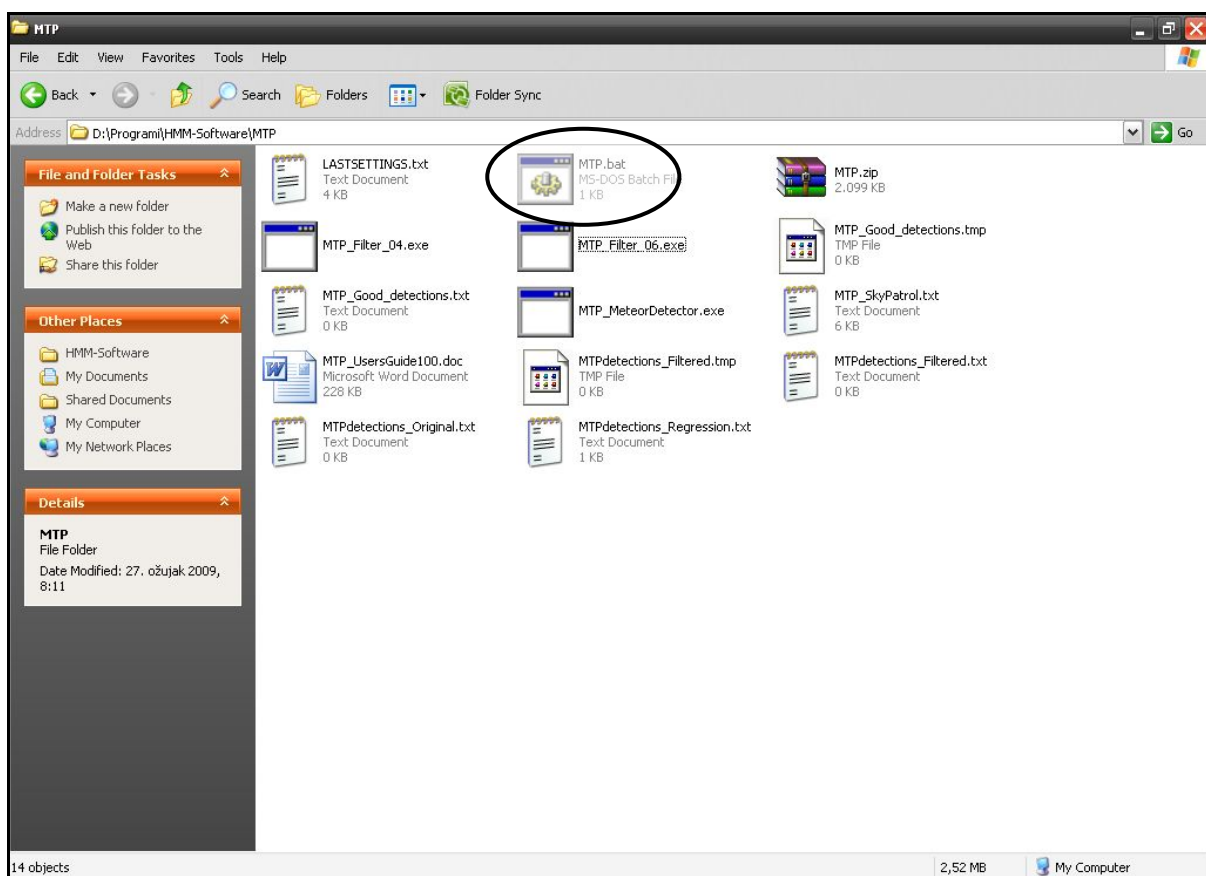


Slika 2. SkyPatrol Viewer – software koji koristimo za pregledavanje snimaka

4. MTP (Maximum Temporal Pixel)

Peter S. Gural, autor MeteorScan softvera (korišten u NASA projektima vezanim za promatranja Leonida još prije 10-ak godina) je u krugovima video meteoraša poznat po brojnim aplikacijama za detekciju meteora - među poznatijima je svakako i LunarScan, softver za detekciju udara meteoroida u Mjesec.

Krajem 10. mjeseca prošle godine, Peter je za potrebe HMM razvio softver za detekciju meteora na našim statičnim .bmp snimkama (tzv. "C_*.bmp"), te je uspio rekonstruirati video iz izvorne .bmp. Pored toga je uspio primjeniti algoritme detekcije meteora koje koristi u svom MeteorScan softwareu. Ovi algoritmi eliminiraju krivudave detekcije te pored toga dobijemo koordinate koje su centriodi više piksela, tako da smo dobili preciznost (0.1 piksela). Osim toga imamo i integralnu vrijednost osvijetljenosti (sjaja) te koordinate centrioda zvijezda, čime je omogućena precizna astrometrija i fotometrija..

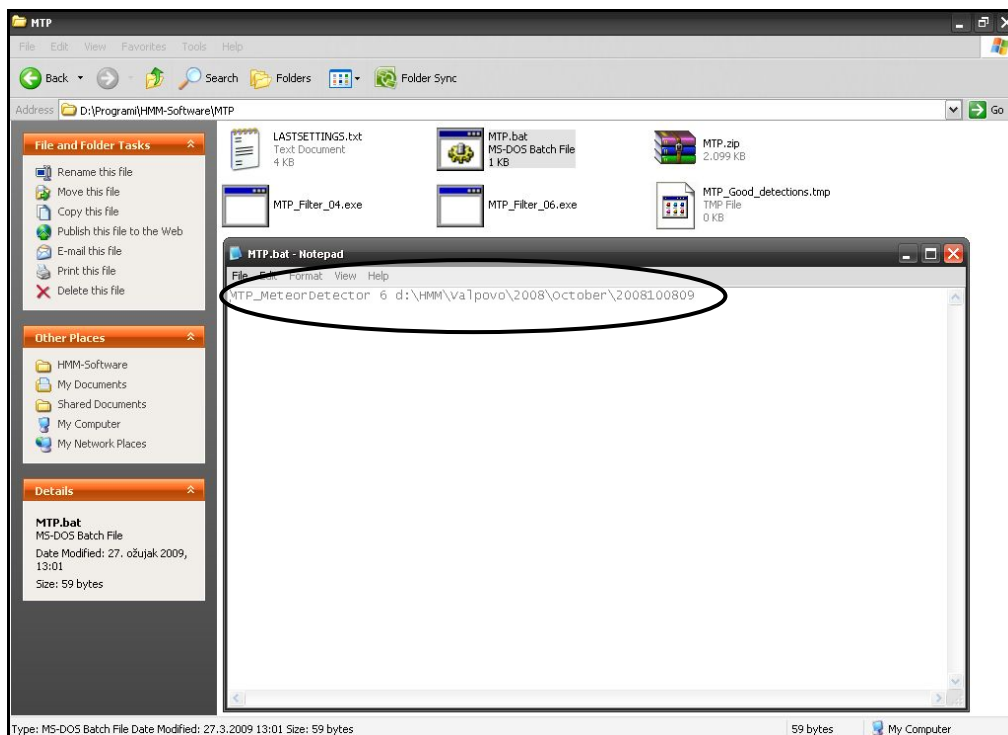


Slika 3. Datoteka u kojoj se nalazi MTP software, na slici je zaokružen batch file iz kojega se pokreće obrada (desni klik → edit)

Uporaba MTP softwarea je prilično jednostavna. Pokreće se iz direktorija u kojem se nalaze MTP_MeteorDetector.exe i LASTSETTINGS.TXT, iz batch datoteke. Možemo kreirati novu ili editirati postojeću .bat datoteku te u njoj definirati path (put) do datoteke koju želimo obraditi, u našem primjeru to izgleda ovako:

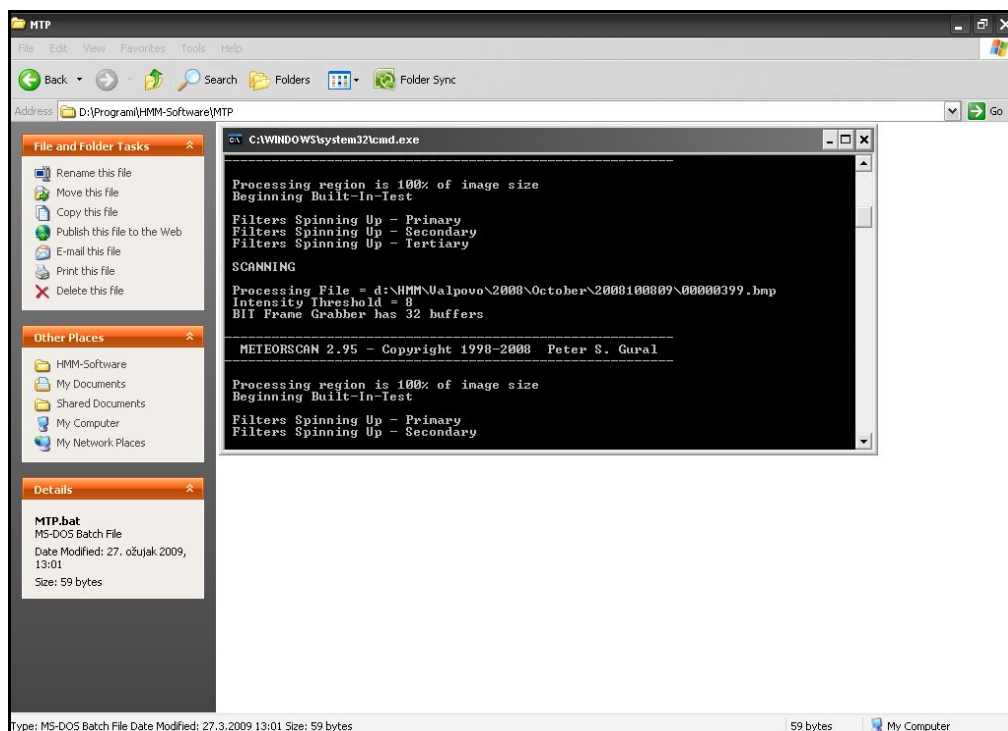
D:\HMM\Valpovo\2008\October\2008100809

D:\HMM\Valpovo\2008\October\2008100910



Slika 4. U batch datoteci moramo zadati put (path) do foldera koji želimo obrađivati

Broj 6 je razina na kojoj režemo šum (threshold). Datoteku LASTSETTINGS.TXT ne mijenjamo (parametri su podešeni za naše potrebe). Važno je još napomenuti da je bitno da folder koji obrađujemo nije „duboko“ tj. da mu path nije dugačak zato što se zna dogoditi da u tom slučaju ne možemo pokrenuti batch datoteku. Sama obrada bitmapa (detekcija) na PC Celeron 2.5GHz traje oko 75 minuta za 780 bitmapa, ili oko 10 bmp/min.



Slika 5. Obrada podataka u MTP softveru

Nakon što MTP obradi sve podatke dobijemo tri izlazne datoteke. To su:

- **CalibrationStars.txt** (detekcije zvijezda, koordinate centroida i integralni sjaj)
- **ErrorLog.txt** (sadrži podatke o greškama, tj. broju „vrućih“ piksela)
- **MTPdetections.txt** (izdvojene detekcije, šišmiši, avioni, sateliti, meteori,...)

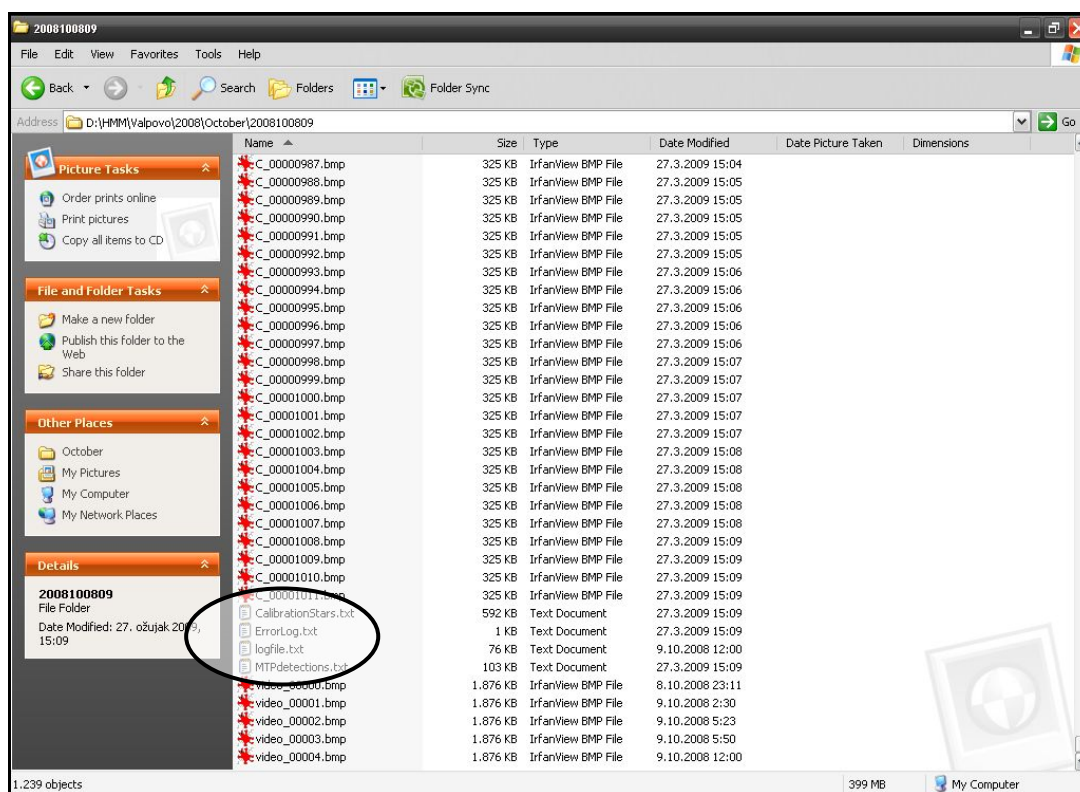
Paramteri datoteke CalibrationStars.txt:

Processed with MTP on Sat Feb 7 12:57:00 2009 → vrijeme kada je obrađeno sa MTP-om

001 C_00000023 001811 00355.63 00273.15
No BMP_No Level Xcoor Ycoor

Gdje je:

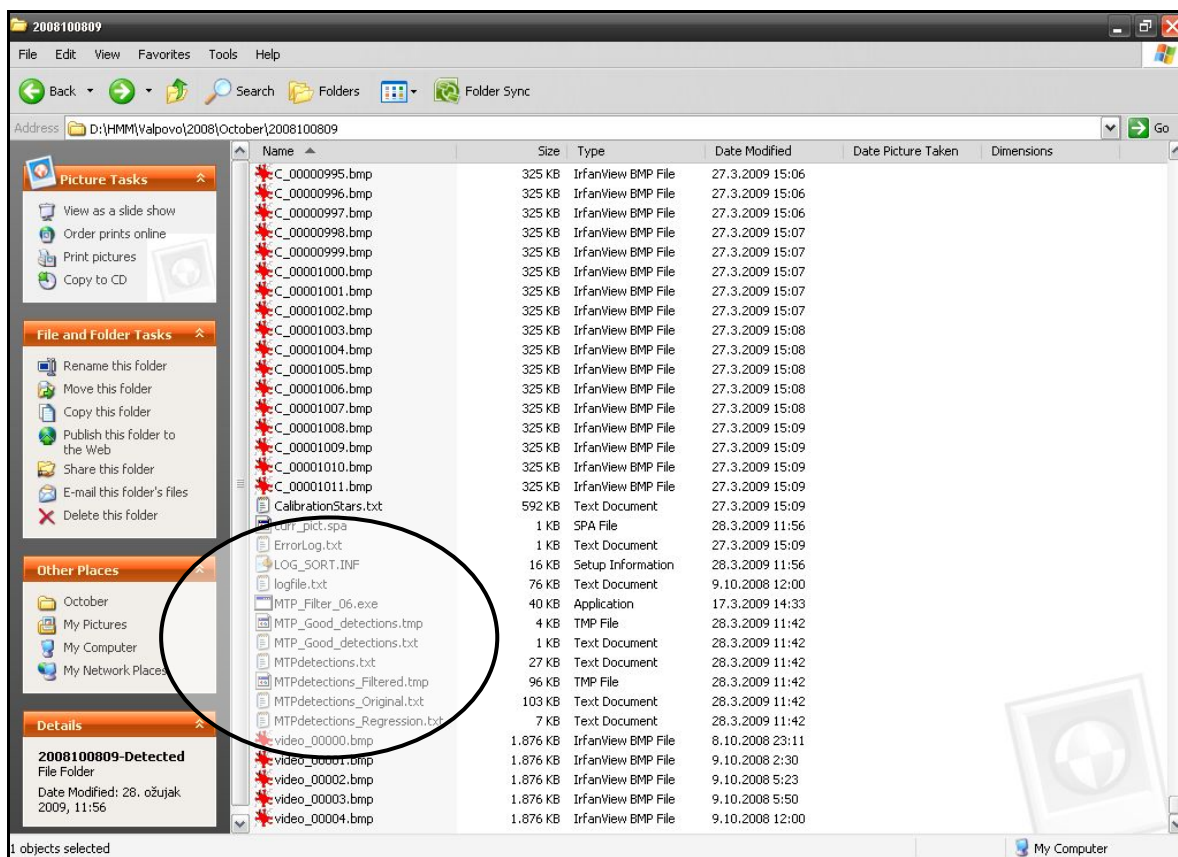
No → redni broj zvijezde (točkastog objekta), max. 75
BMP_No → broj BMP-a na koju se podaci odnose
Level → intenzitet (sjaj)
Xcoor → X koordinata
Ycoor → Y koordinata



Slika 6. Datoteke koje kreira MTP nakon završetka obrade (nalaze se u folderu koji smo obrađivali, pored .bmp slika)

U posljednjoj, MTPdetections nalaze se izdvojene detekcije objekata, tj. svi detektirani objekti (avioni, sateliti, šišmiši, ptice, meteori) te ju je potrebno dodatno filtrirati. To činimo tako da u obrađeni folder kopiramo i pokrenemo MTP_Filter_06.exe koji ih eliminira. MTP_Filter_06.exe koristi algoritme iz softwera MeteorScan da bi eliminirao krivudave detekcije, one u kojima je preveliki razmak između dvije detekcije, itd. Nakon što software filtrira podatke, kreira dodatne datoteke:

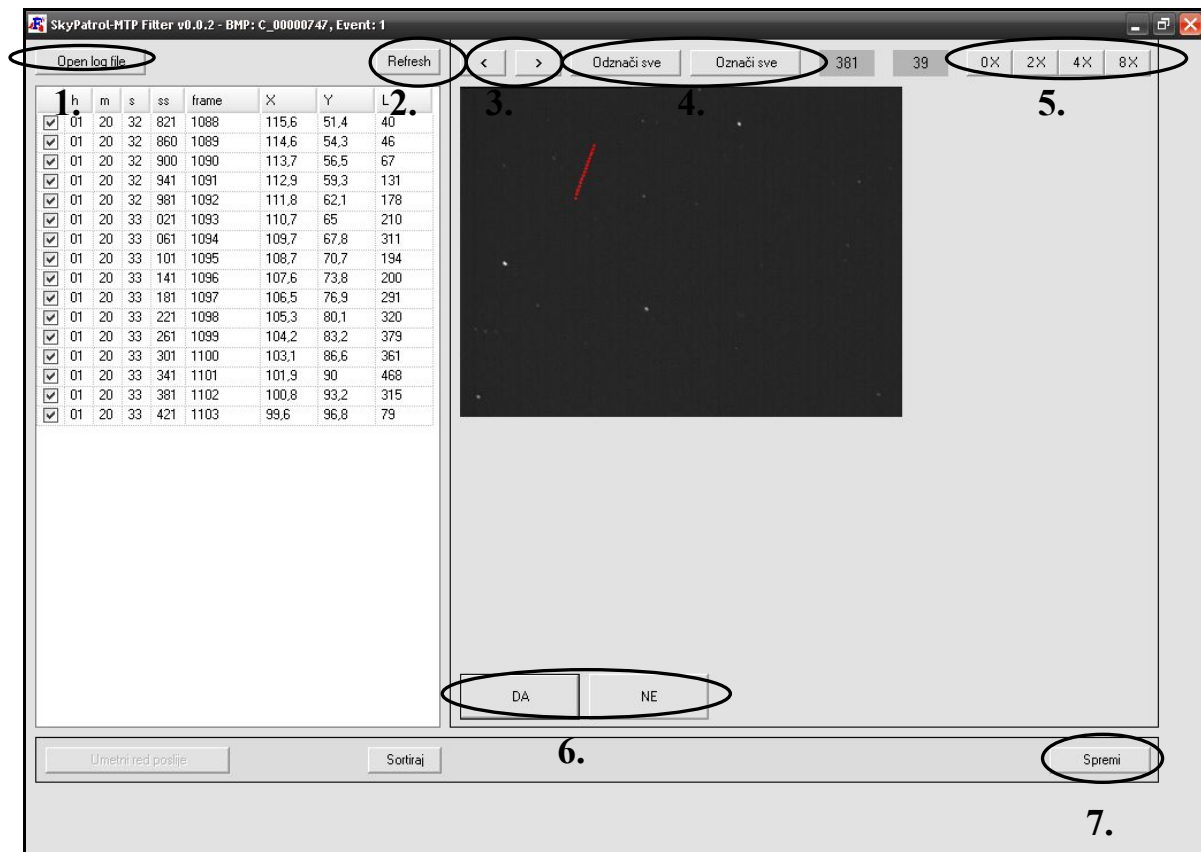
- **MTP_Good_detections.txt**
- **MTPdetections_Original.txt**
- **MTPdetections_Regression.txt**



Slika 7. Datoteke koje kreira MTP_Filter_06.exe također se nalaze u istom folderu

5. SKY PATROL-MTP Filter (SPF)

Nakon što smo filtrirali detektirane objekte, da bi ostali samo meteori, treba napraviti vizualnu verifikaciju objekata. U tu svrhu koristimo SkyPatrol-MTP Filter (za instalaciju zahtijeva .NET fix). Za obradu koristi datoteke MTPdetections.txt i logfile.txt kako bi redni broj framea povezo sa trenutkom detekcije. Kompletan obrada jedne noći u SPF-u traje svega nekoliko minuta. U nekoliko koraka ćemo opisati kako se koristi.



Slika 8. SkyPatrol-MTP Filter

- 1.) **Open logfile** – otići u obrađeni folder te otvoriti MTPdetections (nakon što je filtriran sa MTP_Filter_06.exe, u suprotnom će biti puno dvostrukih detekcija)
- 2.) **Refresh** – kada izbacujemo neko mjerenje ako je npr. mjerenje izvan centroida, ova tipka nam pokaže koje smo mjerenje odznacili na slici.
- 3.) **Strelice < i >** - služe da bi otišli na sljedeću sliku, ili se vratili na prethodnu
- 4.) **„Označi sve“ i „Označi sve“** – služe da bi odznacili ili označili sva mjerenja
- 5.) **Tipke 0X, 2X, 4X, 8X** - služe da bi zumirali na sliku, to nam je potrebno ako ne vidimo točno dali je mjerenje dobro, dali je točno na centriodu.
- 6.) **Tipke DA i NE** – iako smo filtrirali sve slike, još uvijek se zna naći raznih objekata (ptica, šišmiša, satelita). Ako je mjerenje dobro i na slici je meteor, kliknemo na DA, tj. prihvatimo ga, ako nije kliknemo na NE .
- 7.) **Spremi** – kada smo došli do kraja, kliknemo na "Spremi"; po kliku na "Spremi" software automatski kreira datoteku istog imena kao i onaj koji se obrađivao, samo sa dodatkom "-Detected" (na pr. 2008111920-Detected) i u njega kopira samo bitmape sa filtriranim meteorima i datoteke bitne za dalju obradu

NAPOMENA: postoji mogućnost da se isti meteor pokaže dva puta - u tom slučaju treba odabrati skup detekcija koja bolje prati "putanju", ili ima veći broj detekcija.

SkyPatrol_MTP-Filter ima i još jednu važnu funkciju, a to je dodavanje propuštenog framea. U slučaju da se vidi kako je frame propušten (izgleda kao da nedostaje jedna crtica, "zub"), treba se pozicionirati na detekciju koja prethodi pauzi i kliknuti na "Umetni red poslije". JAKO VAŽNO!!! Ovo treba raditi sa posebnim oprezom, jer nema "UNDO" funkcije!!! U slučaju greške, treba izaći iz programa pa opet ispočetka. Kao izlazne datoteke nakon obrade dobijemo LogSort.inf datoteku za daljnju obradu u SkyPatrolAnalyzeru i MetMathu.

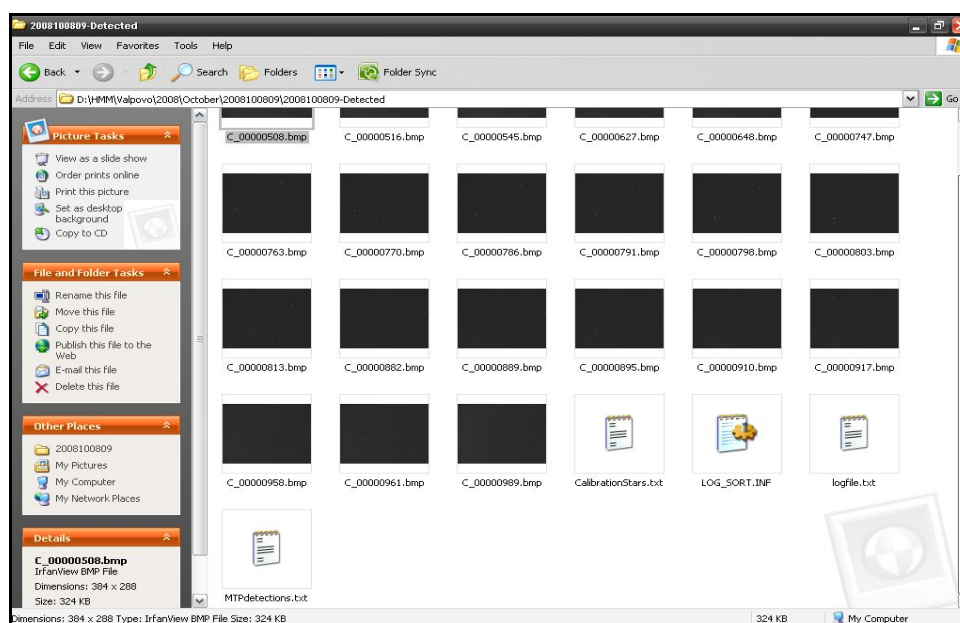
Parametri koji se nalaze u LogSort.inf datoteci:

Date: 2009 01 03 04	→ DATUM
UT_corr: 1.0005555	→ UT KOREKCIJA, U DJELOVIMA SATA
Type: SORTED	→ POTVRDA DA SU PODACI SORTIRANI
Exposure time : 001	→ TRAJANJE SNIMKE U MINUTAMA
Framerate : 25	→ FRAME RATE

0004	1170	17:47:31:805	64051.805	C_00000052	00 000	0381.1	0224.4	000079
Evnt	Frm	UT	Seconds	BMP_No	-- ---	Xcoor	Ycoor	Level

Gdje je:

Evnt	→ event No iz MTPDetections
Frm	→ redni broj frejma iz MTPDetections
UT	→ vrijeme u UT
Seconds	→ vrijeme u sekundama, od početka dana
BMP_No	→ broj bitmape na kojoj je event
-- i ---	→ rezervirano za neke eventualnosti
Xcoor	→ X koordinata
Ycoor	→ Y koordinata
Level	→ intenzitet



Slika 9. Nakon obrade SkyPatrol-MTP Filter kreira novi folder „YYYYMMDDDD-Detected" u kojem se nalaze bmp slike detekcija te izlazna LogSort.inf datoteka za daljnju obradu

6. MetMath

Za određivanje koordinata i magnitude meteora koristimo software MetMath. Ulazne datoteke koje koristimo u ovom softwareu su platepar.inf, LogSort.inf i Logfile.txt te se one moraju nalaziti u datoteci koju obrađujemo.

- **platepar.inf** – parametri distorzije vidnog polja, trenutka referentne BMP (UT), koordinate centra vidnog polja i kut rotacije rotacije i mjerilo dobijemo iz softwarea PIXY. Kao katalog za kalibraciju koristimo BSC katalog (Bright Star Catalogue), kojem je potrebno definirati path (put) do datoteke u kojoj se nalazi. PIXY koristimo ga tako da odaberemo jednu sliku na kojoj ima dovoljno zvijezda, te pomoću nekog od softwarea (HNSKY, TheSky, Cartes du Ciel,...) približno odredimo centar vidnog polja te vrijeme u UT (iz logfilea.txt), upišemo veličinu vidnog polja (64°X48°) te radimo astrometriju sa „**calculate distorsion field**“ opcijom. Podatke nakon obrade dobijemo u .xml datoteci te iz nje upisujemo parametre u platepar.inf datoteku. Ovdje nije detaljno opisana obrada sa PIXY softwareom.

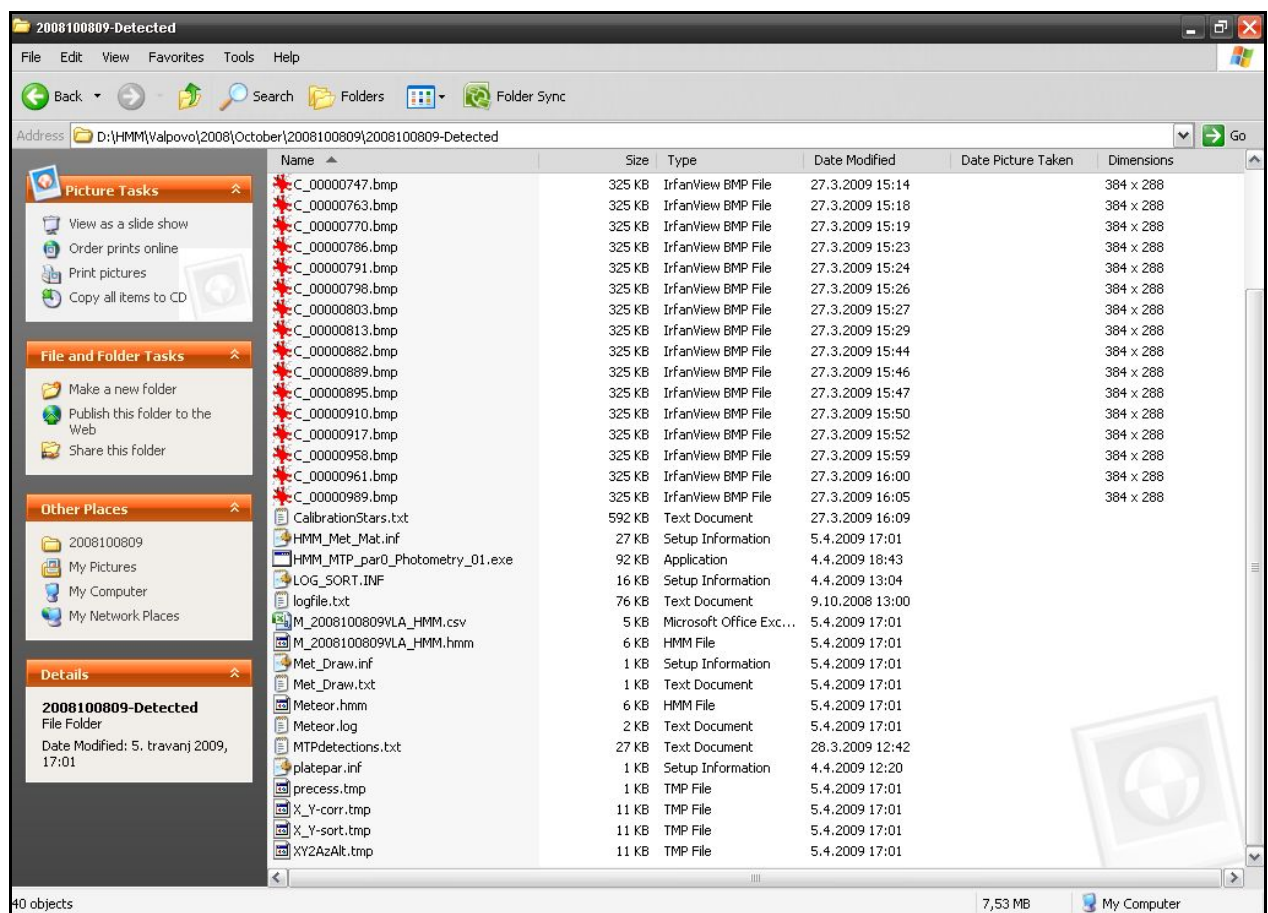
Parametri koji se nalaze u platepar.inf datoteci:

18.422528 45.658833 0091	→ longituda, latituda i visina stanice
05 01 2009 04 24 45	→ datum i vrijeme za sliku koju obrađujemo (UT)
15 35 31.75	→ rektascenzija (RA) centra vidnog polja
+26 30 42.1	→ deklinacija (Dec) centra vidnog polja
40.78347	→ kut rotacije
606.07794	→ skala – width i height moraju biti isti
-2.5 7.4	→ parametar koji se koristi kod fotometrije
-2.612410306930542e+000	→ ovdje idu redom parametri distorzije vidnog polja
9.650438092648983e-003	
-7.926451973617077e-003	
3.111196565441787e-005	
-1.170044833997963e-005	
-2.740459785854910e-005	
-7.008337092884176e-007	
-7.272678903547103e-009	
-7.096127774275374e-007	
4.259140595763711e-008	
-2.297957897186279e+000	
7.000582292675972e-003	
1.871337369084358e-002	
4.646858542400878e-006	
6.433582166209817e-005	
1.258748511645536e-006	
1.141751759803356e-008	
-6.869339586046408e-007	
-1.052275599988661e-008	
-5.343806037672039e-007	
VLA	→ šifra HMM čvora

- **LogSort.inf** – koordinate detekcija i pripadni trenutci, rezultat iz SP_MTP Filtera ili SkyPatrolAnalyzera
- **Logfile.txt** – potreban zbog određivanja centra pojedine .bmp

Nakon obrade (koja traje nekoliko sekundi) software kreira 10-ak novih datoteka od kojih su nam za daljnju obradu najbitnije:

- **M_YYYYMMDDDDSTA_HMM.hmm**
- **M_YYYYMMDDDDSTA_HMM.csv** (koristimo ga za daljnju obradu u UFOOrbit)
- **HMM_Met_Mat.inf**



Slika 10. Nakon obrade, MetMath u istoj datoteci kreira 10-ak novih datoteka od kojih su najbitnije: M_YYYYMMDDDDSTA_HMM.hmm, M_YYYYMMDDDDSTA_HMM.csv i HMM_Met_Mat.inf