

# Kettőscsillagok távcsővégen V.

## Nagy pontosságú kettőscsillag-megfigyelések

Amatőrcsillagászok vagyunk, a Meteor olvasóinak többsége főként kedves időtöltésként, az égbolt lenyűgöző szépsége miatt űzi ezt a hobbit. Rendjén is van ez így, hiszen egy derült estén valóban csodálatosak azok az égi tűnemények, melyeket távcsőünkön keresztül megsejlemlélhetünk. Azonban bizonyára sokak számára elérkezett az a pont, amikor a hobbi kicsit többé vált egyfajta élvezeti időtöltésnél és elgondolkodott azon, hogy bizonyos ágaiban – lehetőségeihez mérten – magasabb szintre emelje tudását. Önképző optikusok, precíz mechanikusok, ügyeskező rajzművészek és fotonokat gyűjtő művészek egész hada emeli csapatunk fényét. Valóban remek a gárda és egyre csak jobb és jobb lesz, magam is folyamatosan elámulok, hogy némely területeket lehet tovább fokozni.

Az igazán látványos, szinte azonnali eredményeket felmutató észlelési területek mellett akadnak olyanok is, amelyek kezdetben száraznak tűnhetnek, ezek azok, amelyek az adatgyűjtésre helyezik a fő hangsúlyt. Mit is jelent pár megbecsült fényességadat? Semmit, ha nem vagyunk kitartóak és végezzük megfigyeléseinket akár hosszú hónapokig. Talán ez, a kezdetekben egyáltalán nem látványos feladat miatt választanak sokak olyan észlelési területeket, amelyek hamar kézzelfogható és másoknak megmutatható eredménnyel szolgálnak. Pedig mérni jó és érdemes.

Havonta megjelenő csillagászati folyóiratunkban láthatóan a változócsillagok azok, amelyek töretlenül képesek új és új embereket megmozgatni, azonban minden észlelési területen végezhetünk komoly méréseket. A kettőscsillagokkal is ez a helyzet.

Eddigi cikksorozatunkban kitértünk több vizuális észlelési technikára, amelyek gyakorlással igen nagymértékben pontosíthatóak, azonban a hibahatár még így jelentős



Az 1830-ban alapított US Naval Observatory emblémája marad. Ebben a cikkben arról olvashatunk, hogyan lehetséges egy kettőscsillag észlelést oly mértékben pontosítani, amely akár katalógusszintű adatokkal is szolgálhat.

A kettőscsillagoknak két fő paramétere van. A tagok közötti szögtávolság (szeparáció, separation – SEP) és a tagok főcsillaghoz viszonyított elhelyezkedése, azzal bezárt szöge (pozíciószög, position angle – PA). Azonban e két fő paraméter mellett más fontos adatot is lényeges feljegyeznünk. Ilyen például a tagok fényessége (vajon változik-e az évek során?) vagy a tagok koordinátái (sajátmozgás, esetleg hibás katalógusadatok?). Sorozatunk előző részében már megismerkedtünk a Washington Double Star Catalogue felépítésével, az egyes oszlopok jelentésével. A továbbiakban egy olyan módszer bemutatása következik, amely ezen paraméterek többségét képes visszaadni. Természetesen mindenki, aki szeretne kettőscsillagok mérésével foglalkozni, megtalálja a számára megfelelő metódust, itt most az általam is használt – és bevált – módszerről lesz szó. Egyedül a csillagok fényességének becslése marad ki ebből a cikkből, de a fotometriáról már többen írtak remek összefoglalókat, érdemes ezeket megkeresni.

Ahhoz, hogy pontos adatokat kapjunk, a vizuális észlelések helyett a fotografikus megfigyelések felé kell fordulnunk, mely során az általunk készített képeken a csillagok helyzete alapján végzünk számításokat.

Az asztrometria a csillagászat egyik leg-  
régebbi ága, feladata az égbolton látható  
égitestek helyzetének meghatározása. A csil-  
lagászat tudományának kezdetén ez szabad  
szemmel történt, majd a műszerek fejlődé-  
sével egyre pontosabb leírások születtek, a  
távcsövek és a fotólemezek, majd a digitális  
technika ötvözésével az addigiaknál jóval  
pontosabb katalógusokat hoztak létre. Az  
első és legfontosabb dolgunk a megfele-  
lő katalógus(ok) beszerzése. Természetesen  
több katalógust is választhatunk:

- GSC (Guide Star Catalog): A teljes égbol-  
tot lefedő optikai felmérés eredménye, három  
verziója van. Az első a GSC I, amely körülbe-  
lül 19 millió csillagot tartalmaz 6 és 15 mag-  
nitúdó között, ezt főleg a Hubble Űrtávcső  
célpontválasztásához használták. A másik  
verzió a GSC II, melynek felbontása már 1  
ívmásodperc és közel 2 milliárd csillag pozí-  
cióját írja le. A harmadik a GSPC-I, melyet  
főleg fotometriához használhatunk.

- 2MASS (Two Micron All Sky Survey): Két  
robottávcső által 1997 és 2001 között elvég-  
zett, a teljes égbolton közeli infravörös tar-  
tományban feltérképező program. Az egyik  
távcső az Egyesült Államok Arizona álla-  
mában (Whipple Observatórium, Mt. Hop-  
kins), míg a másik Chilében, a Cerro Tololón  
található. Ez a két műszer összesen 4 121 439  
képet készített, ezekből állt össze 2003-ra  
a közel 491 millió pontot számláló lista. A  
katalógus pontossága 0,5 ívmásodperc.

- USNO-B1.0 (United States Naval Obser-  
vatory): 7435 Schmidt-lemez elemzésével  
készült, kicsivel több, mint 1 milliárd csilla-  
got tartalmaz. Ennek utóda a:

- NOMAD (Naval Observatory Merged  
Astrometric Dataset): Egy olyan katalógus,  
mely a legfontosabb égboltfelmérő progra-  
mok által generált információt egyesíti. A  
következő mérések eredményeit összesítve  
hozták létre: Hipparcos, Tycho-2, UCAC-2  
and USNO-B1.0 katalógusok, illetve hozzá-  
adták a 2MASS katalógus fotometriai adatait  
is. Így jelenleg ez a legrészletesebb asztro-  
metriai összefoglaló.

Következő feladatunk annak a szoftvernek  
a beszerzése, amely a fent említett kata-

lógusokat használva képes meghatározni  
a fényképünkön található csillagok pontos  
pozícióját. Számos ilyen szoftver létezik, még  
a méltán népszerű Guide is tartalmaz egy  
beépített asztrometriai részt. Operációs rend-  
szerünk (Linux, Unix, Microsoft) nagyban  
meghatározza, hogy milyen programokat  
használhatunk. Ebben a cikkben az általam is  
használt Astrometry.net csomagot mutatom  
be, amely gyorsaságával és pontosságával  
nagyban megkönnyíti munkánkat.

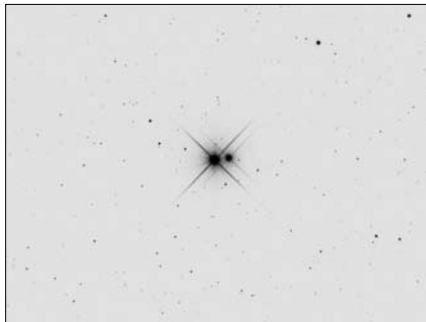
### Asztrometriai mérések az Astrometry.net szoftvercsomaggal

Az Astrometry.net csapatának tagjai több  
neves egyetemen dolgoznak, a projekt két  
vezetője David W. Hogg (New York Egye-  
tem) és Dustin Lang (korábban Princeton  
Egyetem, jelenleg Carnegie Mellon Egyetem,  
Pittsburgh), a többi csapattag a Caltech, Ber-  
keley, Harvard stb. egyetemeken kutat. Érde-  
kességképpen még a Google alkalmazottai  
között is volt olyan fejlesztő, aki munkájával  
besegített a projektbe.

A szoftver eredetileg Linux és Unix ope-  
rációs rendszerekre lett megírva, de Linux  
emulátorral (pl. Cygwin) használható Micro-  
soft Windows alatt is. Telepítése kis munkát  
igényel, de a jól megírt dokumentáció igen  
sokat segít, a tévedés kizárva.

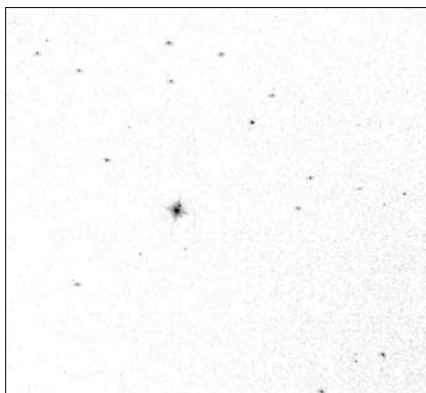
Kifejezetten nagy segítség, hogy a fejlesztők  
elérhetővé teszik az általuk, az asztrometriai  
szoftverük számára megformázott katalógus-  
okat. Ez régebben az USNO katalógus  
volt, jelenleg egy átdolgozott 2MASS, illetve  
Tycho-2 (a nagy égterületet lefedő képek  
számára) katalógust tölthetünk le. Ezen adat-  
halmazok mérete kifejezetten nagy, és nincs  
is szükség minden lépték letöltésére. Jelenleg  
20 léptékre (index fájlok) van felosztva a  
katalógus, ezek mindegyike segédpontokat  
tartalmaz, melyek a képek feldolgozását segí-  
tik. A segédjelölések átmérője 2 és 2000 ívperc  
közötti, így csak az általunk készített képek  
mérete határozza meg azt, hogy milyen  
részletességű katalógusra van szükségünk.  
Tegyük fel, hogy képünk körülbelül egyfokos  
területet fed le, így a segédjelölések mérete

6 és 60 ívperc közötti kell hogy legyen, így elegendő csak 7 indexfájlt letöltenünk. Ezek mérete még így is több gigabájt, ami igen sok, főleg, ha tudjuk, hogy ezek csak szövegfájlok. Nincs is értelme letöltenünk a teljes katalógust (körülbelül 26 GB), ez csak nagymértékben lelassítaná a képek feldolgozását, de a végeredmény ugyanaz maradna.



Az Albireo Ábrahám Tamás lenyűgöző felvételén. A nagy diffrakciós tuskék miatt nehéz feldolgozni a képet

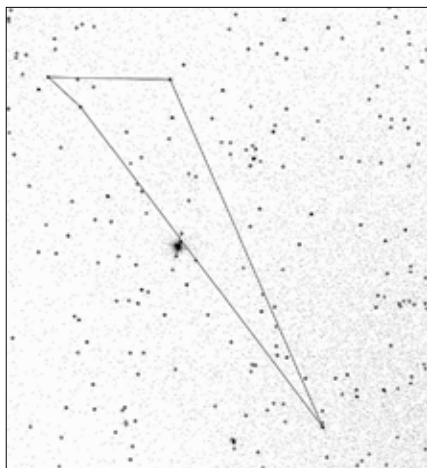
Ha sikerült a szofver telepítése, máris neki láthatunk képeink asztrometriai feldolgozásához. Igen ám, de milyen képeket lehet feldolgozni? Alább két felvételt mutatunk be, az elsőt Ábrahám Tamás észlelőnk készítette az igen látványos Albireóról. A másodikat Farkas Ernő készítette az STF 938 párosáról és annak csillagkörnyezetéről. Ábrahám Tamás lenyűgöző képe kevésbé alkalmas



Farkas Ernő felvétele az STF 938 párosáról, kifejezetten asztrometriai felhasználásra készült

asztrometriára, többszöri próbálkozásra sem sikerült feldolgozni, míg Farkas Ernő felvételét első alkalommal kiértékelte az asztrometriai program. Ha valaki adatokat szeretne gyűjteni, akkor nem a szépség kell, hogy motiválja, hanem a csillagokkal teli kép minél könnyebb feldolgozhatósága.

A továbbiakban Farkas Ernő felvételén keresztül mutatjuk be, hogyan is folyik egy kép kiértékelése. Első körben a szoftver megkeresi a látómezőben lévő csillagokat, és ezekről készít egy listát, mely tartalmazza ezen pontok képen lévő  $x$ ,  $y$  koordinátáját. Egy speciális algoritlussal és a katalógusokban rögzített segédjelölések felhasználásával a program megállapítja a kép tájolását, a középpont koordinátáját és az égtérület méretét. Itt mutatkozik meg az Astrometry.net egyik nagy erőssége: a képeket igen gyorsan feldolgozza. Átlagosan fél percre van szükség a képeken látszó csillagok helyzetének meghatározásához. Ez természetesen nőhet, ha nagyméretű fájlokkal dolgozunk, illetve ha nagyon sok csillag található a látómezőben.



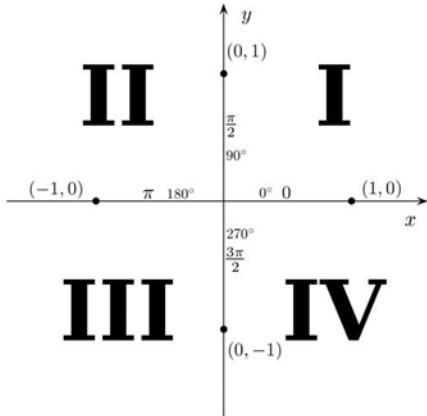
Farkas Ernő STF 938 párosáról készített képe feldolgozott állapotban, bejelölve a kiértékeléshez használt segédjelöléseket

Ha sikerült megtalálni, hova is „néz” a képünk, a megtalált csillagok pozíciói rögzítésre kerülnek két külön fájlba. Az egyik a már említett  $x, y$  koordinátákat tartalmazza,

WDS	Név	Év	SEP	PA	RA-A	DEC-A	RA-B	DEC-B
06348+0734	STF 938	2000	11.0	209	06:34:46.33	+07:34:21.0	-	-
06348+0734	STF 938	2012	10.3	209.2	06:34:46.31	+07:34:19.85	06:34:45.97	+07:34:10.86

Farkas Ernő STF 938 felvételéből kinyert adatok, összehasonlítva a WDS adataival

ezek természetesen pixelben vannak megadva. Ha másik fájl ezen pontok fokban megadott pozícióit adja vissza, melyből könnyedén tudunk rektaszcenzió és deklináció koordinátákat generálni. Minden adott, hogy a képünkön lévő kettőscsillag tagjainak helyzetét meghatározzuk.



Koordináta-rendszer, melynek 0,0 pontjába helyezzük a főcsillagot

Ezek a fájlok általában több ezer sort tartalmaznak, melyeket szűkíteniük kell. Az Astrometry.net egy „FLUX” értéket (250 és 1 között) párosít minden fényponthoz, ezt lényegében egy intenzitásértéknek vehetjük (nem fotometriai adat!). Mivel a képünkön még a durva zajt is képes csillagként felismerni a szoftver, így ezt a „fényességadatot” szűrniük kell. A program fejlesztőivel történt eszmecsere alapján 5-nek vehetjük azt az értéket, amely alatt nem tekinthetjük csillagnak a talált fénypöttyöt. Ezzel máris töredékére csökkent listánk.

Mivel ismert az egyes beazonosított csillagok pixel koordinátája, visszakereshető a másik koordináta fájlból a fokban megadott pozíció. Ha ismerjük a koordinátákat, ezek felhasználásával könnyen kiszámítható a szögtávolság paramétere:

$$SEP = \arccos(\sin(\delta_1) \cdot \sin(\delta_2) + \cos(\delta_1) \cdot \cos(\delta_2) \cdot \cos(\alpha_1 - \alpha_2))$$

$\alpha_1$  – A főcsillag RA koordinátája fokban megadva  
 $\delta_1$  – A főcsillag DEC koordinátája fokban megadva  
 $\alpha_2$  – A társcsillag RA koordinátája fokban megadva  
 $\delta_2$  – A társcsillag DEC koordinátája fokban megadva

A pozíciószög már sokkal nehezebb dolog. A már középiskolában is megtanult szögfüggvények ugyanis csak 180 fokig számolnak. Rovatunk terjedelme nem engedi meg, hogy hosszabb programsorokat közöljünk, de aki kicsit is járatos a matematikában és a programozás terén, az bizonyára talál rá megoldást. Sinus és cosinus függvények felhasználásával ki tudjuk számolni, hogy a pixelx, pixely koordináta rendszerünkben P1(x1,y1) és P2(x2,y2) pontok által felrajzolt egyenes milyen szöget zár be a valós égtájjakkal. Utóbbiakat az Astrometry.net ugyancsak megadja, hiszen képünk feldolgozása során nem csak a fotó égtájak szerinti elfordulását mutatja meg, de ebből az északi és keleti (nyugati) irányok is ismertté válnak. Amennyiben valaki szeretne olyan scriptet, programot alkotni, amely a pozíciószöget is számolja, egészen nyugodtan keressen fel, szívesen megosztom az általam használt metódust.

Ha kiszámoltuk a két fő paramétert, lényegében készen is vagyunk. A fenti táblázatban látható, hogy milyen adatokat sikerült kinyerni Farkas Ernő felvételéből. Összehasonlításképpen a WDS ide vonatkozó sorát is feltüntettük. Érdekes megfigyelni, hogy a WDS adata már 12 éves, és ha nem is sok, de van különbség a régi és az általunk mért között.

A WDS több ezer olyan kettőscsillagot tartalmaz, amelyek már évek óta nem voltak mérve, sőt igen sok, évtizedek óta nem mért csillagpárt is találhatunk. Ezért érdemes lenne ezen rendszerek paramétereit megmérni, mely a kettőscsillag rovat és szakcsoport egyik fő célkitűzése.

Mindenkinek derült eget kívánok!

Szklanár Tamás