
Makszutov.hu távcsőbolt

A digitális mély-ég fotózás alapjai

Írta: Szarka Levente

Tartalomjegyzék:

1. Digitális kamerák -----	3
Milyen képeket készíthetünk? -----	4
2. Távcső kiválasztása -----	7
Lencsés távcsövek -----	8
Newton távcsövek -----	9
Cassegrain távcsövek -----	11
Egyéb műszerek -----	12
Egyéb jellemzők -----	12
3. A mechanika szerepe a képalkotásban -----	13
4. Korrektorok, szűrők -----	16
Korrektorok, reduktorok -----	16
Szűrők -----	17
5. Vezetett felvételek -----	18
Kézi vezetés -----	20
Automatikus vezetés -----	21
6. Kamera rögzítése a távcsőre -----	25
Primer fókuszban történő fotózás -----	25
Afokális fényképezés -----	26
Projekciós fényképezés -----	27
7. Pólusraállási megoldások -----	28
Durva pólusraállítás -----	29
Pontos pólusraállítás -----	29
Scheiner-módszer -----	31
8. Fókuszálás -----	33
Élességállítási megoldások -----	34
Parfokalizálás -----	35
Hartmann-maszk és Bahtinov-maszk -----	35
9. A digitális képalkotás menete -----	37
A felvételek megtervezése -----	37
A kamera beállításai -----	37
A felvételek elkészítése -----	38
10. A digitális képfeldolgozás alapjai -----	43
Deep Sky Stacker -----	44
Iris -----	47
Photoshop -----	54

Az utóbbi időben a "hagyományos" filmre történő fényképezés helyét nem csak a civil életben, de az asztrofotózás során is átvették a digitális technikák. Annak ellenére, hogy az eredményt azonnal megtekinthetjük a kamera kijelzőjén vagy a számítógépen, egy különleges kép elkészítése sok buktatóval jár. Az alábbi útmutatónkat elsősorban azoknak ajánljuk akik most kívánnak belekóstolni az asztrofotózásba egy tükörreflexes kamera birtokában. Lépésről-lépésre áttekintjük mi szükséges egy látványos, jó minőségű asztrofotó elkészítéséhez, reméljük hasznos tanácsokkal tudjuk ellátni Olvasóinkat.

1. Digitális kamerák

Első lépésben vizsgáljuk meg milyen digitális kamerákat használhatunk képrögzítése, ezek milyen előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek céljaink eléréséhez:

- digitális tükörreflexes (DSLR) kamerák
- csillagászati célra kifejlesztett CCD kamerák
- digitális kompakt fényképezőgépek
- webkamerák

A digitális tükörreflexes (DSLR) kamerák nem kifejezetten csillagászati célra kifejlesztett eszközök. Cserélhető objektívvel rendelkeznek, melyet eltávolítva egy adapter-gyűrű segítségével egyszerűen távcső végére erősíthetőek. Teljes mértékben lehetővé teszik a manuális beállításokat. Számítógép nélkül is jól használhatóak. Igen nagy előnyük, hogy kedvező áruk ellenére nagy és viszonylag érzékeny érzékelővel rendelkeznek. Hátrányuk, hogy az érzékelő zajcsökkentése igen nehezen valósítható meg külső hűtéssel valamint a beépített szűrők rontják teljesítményüket. Egyrészt a chip elé szerelt UV/IR blokk szűrő szinte "levágja" a H-alfa hullámhossz-tartományt így különösen a diffúz ködök esetében csökken hatékonyságuk, másrészt az érzékelő lapka elé "szerelt", a színes kép előállításáért felelős piros-zöld-kék szűrő maszk (ún. Bayer-maszk) megnehezíti más szűrők (pl. H-alfa) alkalmazását. Előbbi

A digitális mély-ég fotózás alapjai

probléma orvosolható a beépített IR blokk szűrő cseréjével, utóbbira azonban nincs megoldás.

A csillagászati CCD kamerákat kifejezetten tudományos asztrófotózás céljából fejlesztik. Kizárólag számítógéppel vezérelhetőek és túlnyomórészt távcsövekkel történő használatra javasoltak, bár megfelelő adapterekkel és objektívekkel nagylátószögű fotózásra is használhatóak. Igen gyakran valamiféle hűtést alkalmaznak, mellyel csökkenthető a CCD zaja. Előnyük, hogy chipjük jóval érzékenyebb, mint a DSLR kameráké illetve monokróm változataikkal nemcsak a látható tartományban készíthetőek felvételek. Hátrányuk, hogy a több megapixeles méretű modellek igen drágák.

A kompakt kamerák objektívje nem eltávolítható és maximális expozíciós idejük is korlátozott. Emiatt valamint jelentős zajjal terhelt érzékelőjük miatt hosszabb expozíciós idejű (mély-ég) felvételekre kevésbé alkalmasak: leginkább alapobjektíves fotózás, Hold, Nap esetleg bolygó felvételek elkészítésekor vehetjük hasznukat. Számítógép nélkül is használhatóak. További hátrányuk, hogy nehézkes a távcső végére történő rögzítésük.

A webkamerák legtöbb esetben olcsó eszközök, kisméretű és alacsony felbontású színes CCD vagy CMOS chippel rendelkeznek. Nagyon jól használhatóak bolygófelvételek elkészítésére, de alacsony érzékenységük miatt mély-ég fotózásra nem. Használatukhoz számítógép szükséges.

Milyen képeket készíthetünk?

Az asztrófotózás különböző területei más és más igényeket támasztanak a távcső, a mechanika és a kamera minősége és paramétereire felé.

Alapobjektíves fotózás

Csillagászati témájú alapobjektíves fotózás alkalmával megörökíthetjük a Holdat és környezetét, a csillagképeket, a Tejutat valamint egyéb légköri

A digitális mély-ég fotózás alapjai

képződményeket (pl. sarkifény). Tökéletesen használhatóak erre a célra a DSLR kamerák valamilyen objektívvel, de kompakt fényképezőgépekkel is szép sikereket érhetünk el. A fényképezőgépen kívül valamiféle állvány használata javasolt.

Hold- és bolygó fotózás

Bolygó fotózás alkalmával a problémát nem a célpont gyenge fénye okozza, hanem az hogy a részletek meglehetősen aprók illetve a földi légkör többé-kevésbé szinte mindig turbulens ami a finom részleteket elmossa. Ezt a hatást valamennyire csökkenteni lehet amennyiben rövid idő alatt (pár perc) rengeteg felvételt (több százat, akár 1-2 ezret is) rögzítünk az égitestről kép- vagy video file-ként, majd a kapott anyagot megfelelő szoftverrel feldolgozzuk. Ennek során a program képes kiválasztani az élesebb képkockákat, ezeket összegezni és egyéb műveletekkel kiemelni az apróbb részleteket.

Korábban a Philips gyártott bolygófelvételek elkészítésére jól használható web kamerákat (ToUCam, SPC890NC, SPC900NC néven), sajnos ezek forgalmazását időközben beszüntette. A TouCam kamerákba szerelt chippel dolgozik a Scopium Hold- és bolygó valamint Celestron NexImage kamera, így jelenleg ezek jelentik a belépő szintet.

Igényesebbek a The Imaging Source cég kínálatában találnak bolygófotózásra kifejlesztett kamerákat, melyek az olcsó webkameráknál jobb minőségű felvételek elkészítését teszik lehetővé.

A fentebb említett kamerák mellett érdemes digitális kompakt fényképezőgéppel is próbálkozni, meglepően jó képeket készíthetünk ezzel a technikával is.

Mély-ég fotózás

A mély-ég fotózás megint más igényeket támaszt a kamera felé: képesnek kell lennie több perc idejű expozícióra minimális zaj mellett. A dedikált csillagászati

A digitális mély-ég fotózás alapjai

CCD kamerák a zajt a CCD chip hűtésével töredékére tudják csökkenteni. DSLR kamerák szintén előnyösek asztrofotózásra amennyiben eleve alacsony zajjal rendelkeznek.

Amatőr körökben leggyakrabban Canon, ritkábban Nikon fényképezőgépeket használnak mély-ég fotózásra. Ennek oka egyrészt az, hogy a Canon chipek kevésbé zajosodnak a felvétel során (bár manapság a Nikonok minősége ilyen szempontból megközelíti a Canonokét) másrészt a Nikon kamerák már a nyers kép elkészítésekor is valamiféle zajcsökkentést alkalmaznak, ezáltal akaratlanul eltüntetik a legfinomabb részleteket.

2. Távcső kiválasztása

Az asztrofotós műszerpark összeállítása során fordítsunk különös gondot a távcső és mechanika kiválasztására. Vásárlás előtt érdemes eldönteni, hogy a műszert a Hold, esetleg a bolygók fotózására vagy inkább a mély-ég objektumok megörökítését kívánjuk használni.

A bolygók megörökítése során kiemelkedően fontos a távcső minősége valamint a minél nagyobb átmérő, mindezekon túl azonban légköri nyugodtság jelenti legtöbb esetben a korlátot a felbontás növelésében. A hosszú fókuszos előnyös, de rövid fókuszos távcsővel is szép sikereket érhetünk el amennyiben kellő fókusznújtást tudunk elérni.

A bolygók fotózása némileg megengedőbb a mechanika és a pólusra állás pontosságával szemben. Mivel egy-egy képkocka rögzítése mindössze néhány tized másodpercig tart, sokkal nagyobb gondot fog okozni a légköri turbulencia, mint a nem kellően pontos követés. Az sem jelent problémát (sőt segít is a kamera hotpicleinek kiszűrésében), hogy a rögzítés ideje alatt az objektum elmozdul a látómezőben - a képfeldolgozó programok ragyogóan képesek ezt a hibát korrigálni.

Mély-ég felvételek készítésére a rövid és hosszú fókuszos rendszerek egyaránt alkalmasak. A fényerős, rövid fókuszos eszközök különösen jól használhatóak nagylátómezős objektumok megörökítésére. Ebből a szempontból előnyös választást jelentenek a kereskedelemben kapható jó minőségű fotó objektívek, a 150-200 mm-es átmérőjű, 750-1000 mm fókuszos tükrös- vagy 80-120 mm-es átmérőjű és 400-800 mm hosszú lencsés távcsövek. Természetesen a hosszú fókuszos (pl. SC) távcsövek is használhatóak: látómezejük ugyan jóval kisebb, mint egy rövid fókuszos newton, vagy apokromatikus távcsőé, felbontásuk azonban meghaladja azokét. A kompakt planetáris ködök, galaxisok jól "feksznek" ezeknek a műszereknek.

A digitális mély-ég fotózás alapjai

A távcső kiválasztásakor érdemes azonban szem előtt tartani, hogy a hosszú fókuszú modellek pontosabb követést igényelnek, ellenkező esetben a felvételek hamarabb "csíkhúzósa" lesznek. Másik "probléma", hogy az általuk leképzett látómező kisebb, ami különösen kis méretű érzékelővel rendelkező kamerák esetén teszi macerássá az objektum érzékelőre történő állítását és rajta tartását. További hátrányukra írható, hogy hosszabb expozíciós időket kell alkalmaznunk az asztrofotózás során amennyiben kis fényerejűek. Kezdsnek emiatt mindenféleképpen fotó objektívet vagy rövid (600-800 esetleg 1000 mm) fókuszú távcsövet javaslunk. Mély-ég fotózás során kevésbé lényeges a távcső optikájának pontossága, relatíve gyengébb minőségű műszerekkel is szép sikereket érhetünk el.

Az alábbiakban áttekintjük, hogy az egyes távcső típusok asztrofotózás szempontjából milyen előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek.

Lencsés távcsövek

A lencsés távcsövek leggyakrabban két "altípusra" oszthatóak: akromatikus és apokromatikus változatokra, bár számos esetben a besorolás nem egyértelmű. A különbség - nagyon leegyszerűsítve - az, hogy az akromátok színeznek, az apokromátok (gyakorlatilag) nem. A két típus között az ún. semi-apokromatikus optikák jelentik az átmenetet, melyek kicsi, de észrevehető színezéssel rendelkeznek. A színi hiba oka, hogy a lencsék a különböző hullámhosszú fénysugarakat más és más mértékben törlik meg így tulajdonképpen nem egyetlen közös fókuszpontot kapunk. Amennyiben az akromatikus refraktorokban látott képet megörökítjük, akkor a képen a fényesebb csillagok körül kék vagy lila halót figyelhetünk meg: ultraibolya fényt ugyanis nem fókuszálják kellőképpen. Kisebb fényerő esetén a színi hiba is csökken, ekkor azonban a megnövekedett fókusz miatt a fentebb leírt hátrányokkal szembesülünk.

Az elmúlt néhány évben az apokromatikus és semi-apokromatikus refraktorok egyre kedvezőbb árúknak köszönhetően igen közkedveltek lettek. Speciális

A digitális mély-ég fotózás alapjai

üveganyaguknak köszönhetően mentesek az akromatikus lencsékre jellemző (nagyértékű) színi hibától, így mind vizuális, mind fotografikus megfigyelés esetén képminőségük más típusok által felülmúlhatatlan. Találkozhatunk kettő és háromtagú (triplet) apokromátokkal is, melyek jobb színkorrigáltsággal rendelkezhetnek, ezen túlmenően "síkbabb" látómezőt adnak, azaz a szélek felé haladva kisebb mértékű a látómező-görbületük (kevésbé "húz el" a képük). Ez az optikai hiba [képsíkkorrektor](#) használatával megszüntethető, különösen a fényerősebb, kéttagú lencsénél javallott a használata.

Az apokromatikus és semi-apokromatikus távcsövek megnevezésében szereplő ED, FD jelzés jobbára marketing célokat szolgál. Színkorrekciójuk mértéke nagyban függ az objektív felépítésétől, fényerejüktől, ill. a felhasznált üveganyagok pontos katalógus számától (pl. FPL-53). Az apokromatikus refraktorok átmérője általában 6-13 cm, fényerejük leggyakrabban f/6 - f/8 körüli. Ajánlott típus asztrofotósok számára, annak ellenére, hogy a nagyobb átmérőjű változatok ára meglehetősen magas.

Aki komolyabban belegószol az asztrofotózásba előbb-utóbb beszerez magának egy (semi)apokromatikus refraktort. Megfizethető, de kiváló minőségű alternatívát jelentenek a SkyWatcher 80/600-as apokromátjai

Newton távcsövek

Az amatőrcsillagászok által használt távcsövek egyik igen elterjedt típusa a tükrös távcső, vagy reflektor. Képkalkotásuk - mint ahogy nevük is sejteti - tükrök általi fényvisszaverődésen alapul, ezáltal mentesek a lencsés távcsöveket jellemző színi hibáktól. A fényútjukban található segédtükör (szakzsargonban központi kitakarás) azonban csökkenti az okulárban látott kép kontrasztját - a fotókon szerencsére ez kevésbé érvényesül, képfeldolgozási technikákkal ugyanis mesterségesen ellensúlyozni lehet.

Fotózásra jól használhatóak a 15-20 cm-es, f/4 - f/6 körüli változataik. Ekkora fényerő esetén azonban már szembetűnő a látómező szélén fellépő kóma hiba

A digitális mély-ég fotózás alapjai

(a csillagok üstökös alakúvá torzulnak), melyet [kómakorrektorral](#) kiiktathatunk teljesen. Bolygófotózásra kifejezetten előnyösek a hosszú fókuszu és kis fényerejű modellek mivel kicsi segédtükörnek köszönhetően megközelítik a hasonló méretű apokromatikus refraktorok által adott képet.

Szintén probléma lehet, hogy a kép sarkainál kisebb-nagyobb mértékű vignettációt figyelhetünk meg, mivel a kamera érzékelője ezeken a részeken nincs teljes mértékben megvilágítva. Ez a jelenség a nagyobb méretű érzékelők esetén jelentkezik hangsúlyozottan: a segédtükör méretének növelésével és/vagy utólagos képkorrekcióval kezelhető. A newton távcsövek másik kellemetlen velejárója a segédtükör tartólábai által okozott diffrakciós tüskék, mely jól megfigyelhetőek a fényesebb csillagok esetében. Erre a hibára nem létezik (egyszerű) megoldás, akit ez zavar, válasszon a Schmidt-Newton vagy Makszutov-Newton távcsövet.

Ugyan kevésbé elterjedtek, de érdemes megemlíteni a Schmidt-Newton ill. a Makszutov-Newton távcsöveket. Amint nevük mutatja alapvetően newton távcsövekről van szó, azonban a tubus legelején korrekciós lemezt találunk mely segít a főtükör kómahibájának csökkentésében.

Schmidt-newton távcsöveket egyedül a Meade kínálatában találunk 15-20-25 cm-es változatban. Előnyük, hogy a látómező szélén fellő kómahiba feleakkora, mint a hagyományos newton távcsövek esetében – emiatt a tökéletes leképezéshez kómakorrektor továbbra is javasolt. Hátrányuk a gyenge mechanikai kivitelezés valamint nem túl kedvező ár.

Makszutov-Newton távcsöveket eredetileg orosz cégek (Intes, Intes Micro) készítették, mára azonban leginkább a SkyWatcher kínálatában találunk 190/1000 valamint a Bressertől 150/740-es méretben. Előnyük a (kómakorrektor nélkül is) szinte tökéletes leképezés, hátrányuk a meglehetősen magas ár.

(Nem csak) kezdő asztrofotósok számára különösen ajánljuk a SkyWatcher Black 150/750 valamint 200/1000-es newton távcsöveket, melyek kedvező árúknak és precíz, 2"-es Crayford kihuzatuk köszönhetően rendkívül jó választást jelentenek.

Cassegrain távcsövek

A Cassegrain távcsövek közül a legismertebbek a Schmidt-Cassegrain modellek, melyeket a Celestron tett az amatőrök számára elérhetővé az 1970-es évek elején. Noha a tengerentúlon "néptávcsőnek" számítanak, az itthoni amatőrcsillagász körökben messze nem olyan elterjedtek.

Mind a Celestron, mind a Meade SC távcsövek esetében tipikusnak mondható az f/10-es fényerő, az "összehajtogatott" fényútnak köszönhetően azonban a nagy átmérő ellenére is rendkívül rövidek a tubusok így kisebb mechanikán is stabilabban használhatóak. Minden bizonnyal ez is közrejátszik abban, hogy igen kitűnő bolygófelvételek készülnek ezekkel a műszerekkel, érdemes egy pillantást vetni Damian Peach (<http://www.damianpeach.com>) oldalára.

A kompakt tubus adta előny mellett sajnos gyenge pontjai is vannak ennek a rendszernek. A hosszú fókuszból adódó látómezejük viszonylag szűk, bár megfelelő fókuszureduktórral ez megnövelhető. Szintén problémát jelenthet az ún. image-shift (vagyis a fókuszból adódó iránykor fellépő képmozdulás), mely külső fókusztávcsővel kiiktatható. Fotografikus megfigyelésnél kevésbé jelentkezik, de érdemes megemlíteni, hogy a nagy központi kitakarás (segédgyűrű) miatt a távcsőben látott kép kevésbé kontrasztos, valamint némi fényvesztéssel is számolni kell.

Kezdők számára kevésbé ajánljuk ezeket a modelleket, mivel a kis fényerejük valamint hosszú fókuszból adódó hosszantartó és pontos vezetést követel meg.

Egyéb műszerek

A fentiekén túl léteznek egyéb speciális, kifejezetten asztrófotózásra kifejlesztett rendszerek (pl. Ritchey-Chretien) melyek azonban meghaladják az itthoni amatőrök lehetőségeit, így kevésbé elterjedtek. Emiatt nem térünk ki részletesen ezen típusokra.

Egyéb jellemzők

A távcső kiválasztása során különösen fontos szempont a fókuszírozó: legfontosabb, hogy kotyogástól mentes legyen és elbírja a fényképezőgép súlyát. Ezen túlmenően számos egyéb jellemzőjét is vegyük számításba.

Mély-ég fotózás esetén kerüljük az 1.25"-es változatokat mivel vignettációt okozhatnak. Emiatt - valamint azért mert sok képkorrektor 2"-es kihuzatot igényel - legalább a 2"-es kihuzattal rendelkező műszerek ajánlottak.

A "profibb" távcsövek kétsebességes fókuszírozóval szereltek: a "normál" sebesség mellett rendelkeznek áttétellel (rendszerint 1:10 körüli mértékűvel). Ez a megoldás nemcsak a kényelmet szolgálja, hanem a fókuszálás pontosságát is nagyban megnöveli ami a minőségi bolygó felvételek készítésénél szinte elengedhetetlen. Fókuszmotor használata helyettesítheti a kétsebességes fókuszírozót, sőt annál előnyösebb is: egyrésztől még finomabb állítást tesz lehetővé, másrésztől anélkül állíthatunk élességet, hogy kezünkkel beráznánk a távcsövet. További előnye, hogy távoli (akár számítógépes) vezérlést is lehetővé tesz.

Néhány éve hódították meg a piacot és az asztrófotósok szívét a Crayford kihuzatok: ezek általában precízebben fókuszálhatóak, mint a hagyományos fogasléces változatok, bár a csúcsmínőségű modelleknek nincs ilyen téren szégyenkeznivalójuk.

3. A mechanika szerepe a képalkotásban

Egy jó mechanika fontosabb az asztrofotózás során, mint maga a távcső: hiába vesszük a legjobb optikával szerelt műszert, ha a mechanika alatta nem kellően pontos és nem rendelkezik a fotózáshoz szükséges funkciókkal, az eredmény bizony csalódást keltő lesz.

A csillagos égbolt megörökítése során olyan problémákkal szembesülünk, melyek nem jelentkeznek a hétköznapi életben. Mivel a Holdat és a bolygókat leszámítva roppant halványak az égitestek, hosszú (akár több perces, esetleg tízegynéhány-perces) felvételeket kell készítenünk. Ez azonban további problémát is felvet: mivel a Föld forog tengelye körül az égitestek is elmozdulni látszanak. Az égbolt követése nélkül tehát a csillagok "kimásznak" a távcső látómezejéből. Ebből következően folyamatosan és a lehető legpontosabban a távcsövet a célponton kell tartani ellenkező esetben a felvételeken a csillagok nem lesznek pontszerűek.

Mindez azt jelenti, hogy motoros követés nélkül gyakorlatilag nem tudunk asztrofotózni, legyen szó azimutális (pl. dobson) vagy ekvatoriális szerelésről. Legfeljebb a Hold ill. a Nap megörökítésére számíthatunk ebben az esetben, bár ekkor is kellően sok küzdelemnek nézünk elébe. Sajnos egy motoros vezérléssel rendelkező mechanika nem lesz "automatikusan" alkalmas (komolyabb) asztrofotózásra, ennek okáról pár bekezdéssel lentebb szó lesz. Amennyiben motoros vezérléssel ellátott azimutális mechanikával rendelkezünk (ilyenek a népszerű és egyre kedvezőbb árú villás és "félvillás" távcsövek) rövid úton szembesülni foguk az ún. látómező-elfordulás jelenségével. Ekkor a látómező közepe körül a csillagok elfordulni látszanak, így kifele haladva egyre nagyobb körívként látszódnak. Megoldást az ún. ekvatoriális ék jelenti, mellyel a villát megdönthetjük a Föld forgástengelyével párhuzamosan. Ez azonban nem jelent megoldást arra, hogy különösen a félvillás szerelés nem kellően stabil és precíz céljainkra.

A digitális mély-ég fotózás alapjai

Még ha ekvatoriális mechanikával is rendelkezünk némi számolással rájöhetünk (de a tapasztalat is megmutatja), hogy annyira pontosan kell az égboltot követni, hogy ezt "önmagukban" még a legdrágább változatok sem képesek sokáig megtenni. Minden mechanikának van úgynevezett periodikus hibája, mely konstrukciójukból, ill. megmunkálásuk pontatlanságaiból ered. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a mechanika a csillagokhoz képest időnként picit "lemarad" időnként előre siet, vagyis csak kisebb-nagyobb pontossággal képes az égbolt követésére. Az, hogy mekkora időt tudunk exponálni bemozdulás nélkül sokmindentől függ: az adott mechanika periodikus hibájától, a távcső fókuszától, a kamera pixeleinek méretétől és az égitest deklinációs értékétől.

A legjobb minőségű mechanikák periodikus hibája $\pm 5''$ nagyságrendben mozog (vagyis aktuális helyzete legfeljebb ennyivel tér el az ideálistól), de az (ittthoni) amatőrök által leggyakrabban használt változatok esetében a $\pm 15-30''$ mondható átlagosnak. (Ez utóbbi érték kb. a Jupiter látszó átmérőjének felel meg...) Amennyiben növeljük a távcső fókuszát és/vagy csökkentjük a kamera pixelméretét a felvételek annál könnyebben bemozdulnak. Ebből is látszik, hogy az olcsóbb mechanikák esetében különösen fontos a felvételek vezetése, de még a drágább modellek esetében sem felesleges - különösen hosszabb (pár perces) expozíciókat alkalmazva. Gyakorlatban megfigyelhető, hogy jelentősebb hibával terhelt mechanika esetén is a képek kisebb-nagyobb hányadán a csillagok pontszerűek maradnak - mindez a periodikus hiba "fázisától" függ.

A mechanikák esetében nem mellékes, mennyire fejlett elektronikával rendelkezik. A pontos munkához sokszor fontos lehet a minél kisebb (akár 1x-es, vagy kisebb) korrekciós sebesség. Lényeges szempont az autoguider bemenet vagy PEC (periodikushiba-korrekció). Ezen túlmenően a vezérlés számos segédfunckióval rendelkezhet, pl a Celestron NexStar esetében a pólusraállítás pontosító funkció mely segít a pontosabb beállítás megtalálásában.

A digitális mély-ég fotózás alapjai

Fotózás esetén kiemelkedő jelentőséggel bír a stabil mechanika: élességállításkor, korrekciók alkalmával lényeges, hogy remegésmentesen tartsa a rászert távcső és kiegészítők súlyát, esetleg a kisebb légmozgásoknak is "ellenálljon".

A legolcsóbb távcsövekkel szállított EQ-1/EQ-2 mechanikákat legfeljebb alapobjektíves felvételek elkészítésére javasoljuk - órágéppel természetesen. Igazából az EQ-5 kategóriájú mechanikák jelentik a belépőt a asztrofotózásba: ezekkel már kb 30 másodperces expozíciós idő is elérhető vezetés nélkül rövid fókusztávcsövet alkalmazva. Belépő szinten különösen ajánlott a SkyWatcher vagy Celestron EQ-5 goto mechanika. A nagyobb teherbírású HEQ-5/EQ-6 goto mechanikák akár 1 percre is képesek kellően pontosan követni az égboltot. Ennél hosszabb expozíciók esetében a vezetés (guiding) gyakorlatilag elengedhetetlen. Ne feledjük, ezek az értékek hozzávetőlegesek, hosszabb fókusznál (> 1 m) lerövidülnek.

4. Korrektorok, szűrők

Korrektorok, reduktorok

Az égbolt lehető legtökéletesebb követése esetén is előfordulhat, hogy a csillagok a látómező sarkaiban nem tökéletesen pontszerűek. Ennek oka a távcsövek optikai felépítésében keresendő.

A tükrös távcsövek (beleértve a SC rendszereket) ún. kómahibával terheltek, azaz a látómező szélei haladva a csillagok "üstökös-formát" öltenek. Minél nagyobb a távcső fényereje és/vagy a kamera érzékelőjének mérete annál nagyobb mértékű ez a hiba. Az ún. kómakorrektorok használatával ez a jelenség teljesen kiküszöbölhető, gyárt ilyen eszközt a SkyWatcher, a Baader és a Televue is. Mivel a kómahiba mértékét csak az optika fényereje befolyásolja tetszőleges távcsőhöz használhatóak ezek a korrektorok.

Lencsés távcsövek esetében másfajta optikai hibával találkozunk, ez a látómező-görbület: középen a csillagok élesek, a szélek felé haladva nem és vice versa. A látómező görbület mértéke az objektív fényerején túl függ annak felépítésétől: kétagú optikák esetében nagyobb, háromtagúak esetében kisebb. A képsík-korrektorok ezt a hibát hivatottak kiküszöbölni: ezeket általában az objektívhez tervezi a gyártó, így más távcsövek esetében nem biztos, hogy optimálisan használhatóak. Különösen fontos ui. a korrektor és a ccd chip közötti távolság a lehető legjobb teljesítmény eléréshez, melyet csak így lehet garantálni.

Az asztrofotók elkészítése során - leginkább a nagykiterjedésű mély-ég objektumok (pl. diffúz-ködök) esetében - fontos tényező lehet a látómező mérete. Különösen SC távcsövek és refraktorokhoz esetén elterjedt a fókusz reduktorok használata, mellyel a fókusztávolság csökkenthető s vele párhuzamosan a leképzett látómező mérete növelhető. Ezek az eszközök képkorrektorként is funkcionálnak, ezért plusz ilyen eszközre nincs már szükség. Hátrányukra írható, hogy használatukkor megnövekedhet a látómező

szélén a vignettáció. Ez utóbbi hiba korrigálható flat-field felvételek készítésével, melyről későbbiekben szót ejtettünk.

Szűrők

Tükörreflexes gépek esetében amennyiben szűrőt kívánunk használni, érdemes szem előtt tartani azok felépítését. Mivel színes képek készítése a cél, ezért érzékelőjük pixelei elé vörös, zöld és kék "szűrőket" építenek mátrix-szerűen (ez az ún. Bayer-maszk). A kamera bonyolult matematikai algoritmusok segítségével állítja elő a végső színes képet.

Amennyiben keskenysávú szűrőt használunk, mely a fénynek csak szűk tartományát engedi át, akkor nem minden pixel kap fényt. Például H-Alfa szűrő használatakor mindössze a vörös pixelek "dolgoznak", amik az érzékelőnek csak negyedét teszik ki. Emiatt a kapott kép minősége elmarad a monokrom kamerák mögött, ahol az érzékelő teljes felülete kihasznál.

A másik problémát a chip elé épített IR (infravörös) szűrő okozza, mely a H-alfa hullámhossz környékét túlnyomórészt kiszűri. Galaxisok, gömb- és nyílthalmazok esetében ez nem okoz problémát, ugyanis ezen objektumok nemcsak ebben a tartományban sugároznak. Számos csillagközi köd azonban jelentős mértékben aktív H-alfa tartományban, melyek esetében a kamera teljesítménye visszafogott lesz.

Canon EOS gépek esetében erre a problémára szerencsére van megoldás: a gyári IR szűrő eltávolításával majd kicserélésével jelentősen megnövelhető a chip érzékenysége H-alfa hullámhossz tartományban. A megoldás hátránya, hogy nappali használat során manuális fehéregyensúly állítás (vagy külső szűrő használata) szükséges a színhelyes(hez közeli) képek elkészítése érdekében.

A fentiek miatt a különböző (keskenysávú) szűrők használata kevésbé terjedt el DSLR kamerák esetében. Leginkább a gyári IR szűrő cseréje javasolt amennyiben el szeretnénk mélyedni a mély-ég fotózás területén.

5. Vezetett felvételek

Mindazok, akik valamennyire foglalkoztak a csillagos égbolt fotózásával előbb-utóbb megtapasztalták, hogy a lehető leggondosabb pólusraállítás mellett is a hosszabb expozíciós idejű felvételeik bemozdulnak, azaz a csillagok képe nem pontszerű, hanem kis csík. Gyakorlatilag minden mechanika ún. periodikus hibával terhelt (mely abból adódik, hogy alkatrészeinek megmunkálása csak bizonyos toleranciával lehetséges) vagyis nem követik pontosan a kiválasztott célpontot. A legprofibb mechanikák periodikus hibája a $\pm 5''$ nagyságrendben mozog, ám a kínai társaik ennél nagyságrenddel pontatlanabbak. Ezen túlmenően egy csillag követésének pontosságát befolyásolja a pólusra állás pontatlansága, a légköri refrakció ill. a távcső és egyes részegységeinek mechanikai deformációja is.

Ebből következően a hosszabb (akár már a 30-60 másodperces) expozíciós idejű felvételek elkészítése során nagy szükség van a távcső vezetésére (szaknyelven guiding), vagyis hogy korrigáljuk a fenti problémák miatt fellépő hibákat. A feladathoz szükség van egy ún. vezetőcsillagra melynek "rögzített" helyzetétől való eltérése alapján kismértékben módosítunk a mechanika pozícióján. A vezetőcsillag "figyelése" alapvetően kétféle módon történhet:

a) Vezetőtávcső használatakor szükség van a főtávcsőhöz stabilan, de állíthatóan rögzített vezetőtávcsőre. A vezetőtávcső nem más, mint többnyire egy kisméretű (7-8 cm-es) lencsés távcső esetleg egy 50 mm-es keresőtávcső. Ez a megoldás lehetővé teszi, hogy a fényképezendő objektum tágabb környezetében keressünk vezetőcsillagot, vagyis nagyobb eséllyel találunk kellően fényes csillagot amennyiben a vezetésre használt kamera nem túl érzékeny (ld. webkamera). A megoldás hátránya viszont, hogy vezetési hibákat okozhat a főtávcső és/vagy a vezetőtávcső esetleges mechanikai deformációja.

Vezetőcsillag keresését először szemmel tegyük meg, azaz a vezetőtávcső kihuzatába egy kis nagyítást adó okulárt tegyünk. A tubusgyűrűkön levő állító

A digitális mély-ég fotózás alapjai

csavarok segítségével a látómező legfényesebb csillagát állítsuk középre, majd cseréljük ki az okulárt a vezetőkamerára. Ekkor a chip látómezejében kell lennie a vezetőcsillagnak. Problémát jelenthet, hogy a csillag nincs fókuszban, ezért használjunk parfokalizált okulárt esetleg a fókuszírozóra ragasszunk egy centimétert és jegyezzük meg hol van fókuszban az okulár ill. a kamera: a legközelebbi váltáskor egyszerű lesz visszatalálni az élességhez. Amennyiben szemmel vezetünk, a kamera helyett nagy nagyítást adó szálkeresztes okulárt használjunk.

b) off-axis guider használatakor nincs szükség plusz távcsőre, csak arra, hogy a főtávcsőre szerelt kamera előtt egy kis fényt "lopjunk" el beépített tükör/prizma segítségével. Ekkor kizárólag az objektum közvetlen környezetéből tudunk vezetőcsillagot választani, ahol nem biztos, hogy találunk fényeset. Emiatt különösen fontos, hogy érzékeny legyen a vezetőkamera, így a webkamerák nem igazán jöhetnek szóba. A megoldás előnye viszont, hogy a főtávcső mechanikai deformációit is ki lehet küszöbölni emellett meg lehet spórolni a vezetőtávcső súlyát. Off-axis guider választásakor figyeljünk oda, hogy newton távcsövek esetén meglehetősen korlátozott a fókusz-állítási lehetőség, ezért az off-axis guider minél kevesebb fényutat használjon fel.

A fentieket elolvasva nyilvánvalóvá válik, hogy a vezetőcsillag megfigyelése milyen megoldással történhet. A másik fele a vezetésnek - vagyis az, hogy a mechanika milyen módon kapja meg a visszajelzést a szükséges korrekciók elvégzésére - sokkal több megoldást tartogat számunkra. Az alábbiakban nem teszünk különbséget, hogy a vezetőcsillagot vezetőtávcsövön, vagy off-axis guideren keresztül figyeljük meg.

Sajnos lehetőségeink az olcsó megoldásra nagyban csökkentek, mivel a Philips beszüntette az amatőr csillagászok között népszerű webkameráinak (TouCam, SPC900NC, SPC890NC) gyártását, így jelenleg nincs a piacon olyan kifejezetten olcsó webkamera amely alkalmas lenne céljainkra.

Kézi vezetés

A vezetés egyik legegyszerűbb módja, mikor a vezetőtávcső kihuzatába egy dupla szálkeresztes okulárt teszünk, majd annak közepére állítjuk a vezetőcsillagot. A vezetőcsillag elmozdulását pusztán szemmel nézzük, majd ez alapján a mechanika kézivezérlő gombjainak segítségével korrigáljuk a pontatlanságokat. A vezetőtávcső fókusztávolsága ez esetben igen kritikus. Általános szabály, legyen minél hosszabb fókuszu - akár barlow lencsét is használhatunk - de addig növeljük a nagyítást míg használható, határozott a vezető csillag.

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- [barlow 2x](#) (ajánlott)
- [dupla szálkeresztes okulár](#)

A manuális vezetés kényelmesebb megoldása, mikor a szálkeresztes okulár helyére egy ccd kamerát (pl. webkamera) helyezünk melynek képét számítógépen jelenítjük meg. Ekkor nincs szükségünk extra hosszú fókuszu vezetőtávcsőre - 500-600 mm-es fókuszu elégséges - úgyis a chip mérete határozza meg a vezetőcsillag méretét. A számítógép előtt ülve és a kijelzőt figyelve tudjuk észrevenni a követési hibákat melyeket a távcső kézivezérlőjét nyomogatva lehet korrigálni.

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- [ccd kamera](#)
- számítógép

Automatikus vezetés

Hosszabb idő után a fenti két megoldás meglehetősen fárasztó lehet, vagyis felmerül az igény a korrekciók automatikussá tételére azaz az autoguiding-ra. Autoguiding esetén a korrekciós döntéseket meghozhatja maga a kamera is, de akár egy PC-n futó program is. Utóbbi esetben - magától értetődően - szükség van egy számítógépre valamint a tényleges vezetést végző szoftverre. (Az internetről számos szoftver letölthető ingyen, hazai felhasználók között a GuideMaster és a PHD Guiding a legelterjedtebb.) A visszajelzés a mechanika felé történhet annak autoguiding portján vagy kézivezérlőjén keresztül. Az alábbiakban mindkét módszerre találunk leírást.

Amint a későbbiekben kiderül autoguidingra gyakorlatilag csak a goto vezérléssel ellátott mechanikák jöhetnek szóba, mivel ezek rendelkeznek guide port-tal és/vagy pc-re köthető kézivezérlővel.

Autoguiding PC segítségével

a) vezetés a kézivezérlőn keresztül

ez a megoldás nem igényel mást, mint egy kábelt, mely a kézivezérlőt összeköti a számítógép soros (másnéven RS-232) portjával. Amennyiben nem áll ez a csatlakozás rendelkezésre egy USB/soros port adapter is nélkülözhetetlen. Tekintettel arra, hogy a vezetést végző szoftvereknek nincs tudomásuk arról milyen mechanikát vezérelnek, szükség van még egy köztes programra (ez az ún. ASCOM programcsomag) mely "elrejt" a mechanika különbözőségeit. Jól használható ez a megoldás a Celestron EQ-5 Goto, Meade LXD 55/75 ill. a SkyWatcher EQ-3/EQ-5/HEQ-5/EQ-6 mechanikákkal. (Utóbbiak esetében a SynScan kézivezérlő legalább 3.x-es változata szükséges.)

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- [ccd kamera](#)

A digitális mély-ég fotózás alapjai

- számítógép
- [USB/soros adapter](#) (amennyiben a számítógépen nincs)
- [soros kábel](#) a kézivezérlőhöz
- [ASCOM programcsomag](#)

A SkyWatcher HEQ-5 és EQ-6 SynTrek mechanikák esetében nincs lehetőség kézivezérlőn keresztüli vezetésre, mivel az alap kézivezérlő nem csatlakoztatható számítógépre. Lehetőség van azonban arra, hogy egy számítógép átvegye a kézivezérlő funkcióit, ekkor az ún. EQ-MOD elektronikára van szükség, mely megteremti a számítógép és a mechanika közvetlen kapcsolatát. Ekkor természetesen a guider programok ASCOM driveren keresztül képesek kommunikálni a mechanikával. Ez esetben is szükség lehet egy plusz USB/soros port átalakítóra.

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- [ccd kamera](#)
- számítógép
- [USB/soros adapter](#) (amennyiben a számítógépen nincs)
- [EQ-MOD adapter](#)
- [ASCOM programcsomag](#)

b) vezetés a guide porton keresztül

Amennyiben számítógépünket a mechanika guide portjára kívánjuk csatlakoztatni, akkor szükség van egy USB (esetleg párhuzamos) porti illesztőre melyen keresztül a vezetést végző programok kommunikálni tudnak a mechanikával. Ekkor a kommunikáció a kézivezérlő kihagyásával történik és az ASCOM programcsomagra sincs szükség.

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- [ccd kamera](#)

A digitális mély-ég fotózás alapjai

- számítógép
- [USB vagy soros porti AutoGuider adapter](#)

A piacon nemrég megjelentek olyan guider kamerák (pl. QHY5 Guider, Orion Starshoot guider, ALCCD5) melyek esetében a számítógép és a mechanika közötti kapcsolat a kamerán keresztül zajlik. A számítógépre továbbra is szükség van - hiszen a kamera által adott képet ez dolgozza fel.

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- számítógép
- [guider kamera](#)

Ez a megoldás gyakorlatilag minden ST-4 kompatibilis guide porttal rendelkező mechanikával használható, többek között a Celestron EQ-5 Goto, ill. a SkyWatcher EQ-3/EQ-5/HEQ-5/EQ-6 SynScan és SynTrek mechanikákkal.

Noteszgéppel történő vezetés során javasolt a Készenléti üzemmód kikapcsolása a Vezérlőpult > Energiagazdálkodási lehetőségek alkalmazás futtatásával, ellenkező esetben ha egy bizonyos ideig nem használjuk a billentyűzetet vagy az egeret, a Windows felfüggeszti a futását beleértve az éppen vezetést végző programot.

Autoguiding dedikált kamerával

Az automatikus vezetés talán legegyszerűbb megoldása, mikor egy erre a célra kifejlesztett kamerát alkalmazunk, mely azon kívül, hogy rögzíti a vezetőtávcső képét képes a korrekcióhoz szükséges döntések meghozatalára is. (Ez az ún. standalone guiding.)

A standalone guiding során nincs más teendő mint a vezetőtávcső vagy off-axis guider kihuzatába helyezni a kamerát és összekötni a mechanika guide

A digitális mély-ég fotózás alapjai

portjával. Ezt követően a kamera néhány egyszerű beállítást követően máris képes önmagától korigálni a vezetés pontatlanságait.

Szükséges kiegészítők:

- [vezetőtávcső](#) és [vezetőtávcső-gyűrűpár](#) vagy off-axis guider
- standalone guider (Lacerta-Mgen, SkyWatcher SynGuider)

Ez a megoldás gyakorlatilag minden ST-4 kompatibilis guide porttal rendelkező mechanikával használható, így a Celestron EQ-5 Goto, ill. a SkyWatcher EQ-3/EQ-5/HEQ-5/EQ-6 SynScan és SynTrek mechanikákkal.

6. Kamera rögzítése a távcsőre

Az asztrofotózás izgalmasabb része azzal kezdődik, hogy fényképezőgépünket a távcső végére erősítjük. Ezt többféleképpen is megtehetjük attól függően, hogy milyen módszerrel kívánjuk az égboltot megörökíteni.

Primer fókuszban történő fotózás

Primer fókuszban történő fotózáskor a távcső által fókuszált kép közvetlenül a kamera érzékelőjén képeződik le.

A fényútban nincs okulár ill. kamera objektív - barlow lencsével vagy fókuszreduktórral azonban növelhető vagy csökkenthető a távcső fókusza. Primer fókuszban történő fotózáskor a távcső hatalmas teleobjektívként funkcionál, melynek a fókusza megegyezik a kamerához vásárolható hasonló fókuszu teleobjektívével. Ez a leginkább ajánlott és leggyakrabban bevett megoldás asztrofotózása. Jól használható módszer tükröreflexes kamerák, webkamerák ill. az "igazi" ccd kamerák esetében. Kompakt kamerák esetében nem, mivel ott az objektív nem eltávolítható.

Primer fókuszban történő fényképezés esetén érdemes tisztában lenni néhány számítással. Az egyik a látómező mérete, mely a távcső fókusztávolságán túl függ a chip mm-ben vett méretétől is. Egyszerű trigonometriai függvényel megkaphatjuk az eredményt, de az interneten számos szoftver létezik, mellyel kiszámíthatjuk. A másik amit érdemes tudni, az a felbontóképesség, melyet legtöbb esetben a chip pixel mérete szab meg. (Természetesen ne feledkezzünk el a légkörről ami sok esetben elmossa a részleteket, tehát messze nem lesz olyan a képminőség, mint amit a távcső / kamera megengedne.)

A fényképezőgép távcsőre rögzítésére az ún. T2-es (M42x0.75) csatlakozási felület terjedt el, vagyis mind a távcsőnek, mind a fényképezőnek ezzel a

A digitális mély-ég fotózás alapjai

menettel kell rendelkeznie. A kamera felől szükség van egy T2-es adaptergyűrűre, melyet az objektív eltávolítása után annak helyére csavarozhatunk be. A népszerű SkyWatcher és Celestron márkájú lencsés-, tükrös (és egyes Makszutov-Cassegrain) távcsövek kihuzatán ott találjuk a szükséges T2 menetet, így máris a távcsőre erősíthető a kamera a megfelelő T2 gyűrű segítségével. Schmidt-Cassegrain műszerek esetében szükség van még egy további SC/T2 adapterre is. Előfordulhat azonban, hogy távcsövünk nem rendelkezik T2-es menettel a kihuzat végén, esetleg a zenittükrön és/vagy barlow lencsén keresztül szeretnénk fotózni. Ebben az esetben szükség van 1.25"/T2 vagy 2"/T2 adapterre (esetleg 1.25"/2"-es szűkítő-adapterre T2 feltéttel), melyet az 1.25"-es vagy 2"-es kihuzatba helyezve megkapjuk a T2-es csatlakozási felületet.

Mély-ég fotózás során messzemenően ajánlott a primer fókuszban történő fotózásra törekedni.

Afokális fényképezés

Afokális fényképezés esetén mind a távcső okulárja, mind a kamera objektívje a helyén van, a képeket tehát az okuláron keresztül készítjük.

Alapvetően

"szükségmegoldásnak"

tekinthető olyan

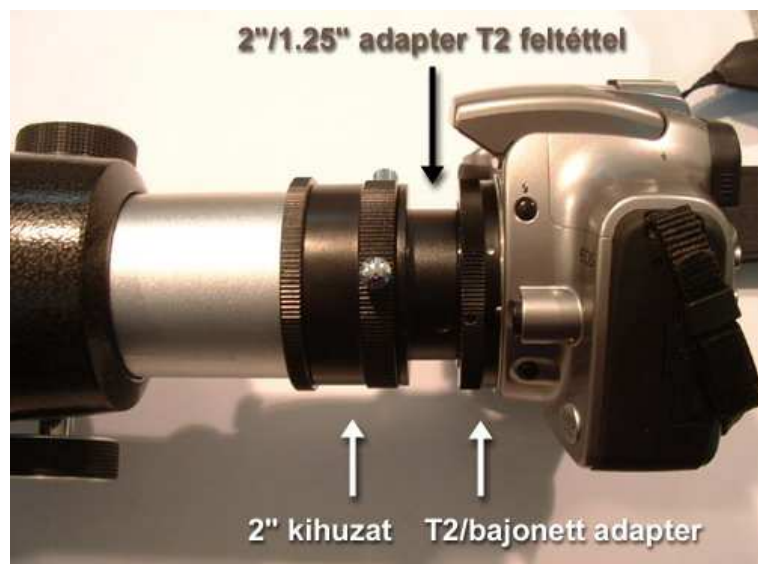
kamerák számára ahol

az objektív nem

eltávolítható (pl.

kompakt

fényképezőgépek).



Problémát jelenthet, hogy jelentős vignettációval kell szembesülnünk: vagyis csak a képmező közepe megvilágított, a sarkok feketék lesznek. Ennek

A digitális mély-ég fotózás alapjai

mértéke változik: minél nagyobb az objektív mérete az okulár szemlencséjéhez képest annál jelentősebb lesz. A vignettáció csökkenthető a kamera optikai zoom funkciójának használatával, ekkor azonban a kapott nagyítás jelentősen megnő. A kapott nagyítást, képméretet stb. elég nehéz kiszámolni, mivel függ az okulártól, a kamera objektívjétől és zoom beállításától.

A legtöbb kompakt fényképezőgép ún. digiscoping adapterrel erősíthető a távcső okulárjának végére majd a megfelelő állítócsavarok segítségével mozgathatjuk az objektívjét az okulár szemlencséjéhez a megfelelő pozícióba.

Régebbi kamerák rendelkeznek szűrőcsatlakozási lehetőséggel külön megvásárolható adaptergyűrű vagy -tubus formájában, ritkábban közvetlenül az objektívre erősíthető módon. Ez esetben fotógyűrű használatával erősíthető az okulár tetejére a kamera: a megoldás előnye, hogy az előbb ismertetettnél pontosabban optikai tengelyre tudunk állni, a hátránya azonban az, hogy az okulárok eltérő átmérőjű csatlakozási felülete valamint a különböző előtétiszűrő menetek miatt meglehetősen specifikus megoldás.

Projekciós fényképezés

Okulárprojekciós fotózás az előbb ismertetett két módszert ötvözi abban a tekintetben, hogy okuláron (vagy barlow lencsén) keresztül örökítjük meg az égboltot, de egyúttal a kamera objektívjét is eltávolítjuk. Fix vagy változtatható hosszúságú projekciós adaptert helyezve az okulár (barlow lencse) és a kamera közé beállíthatjuk a köztük levő távolságot s ezáltal nagyítást. Mivel az eredő fókuszt meglehetősen nagy lesz, bolygófotózásra ajánlott megoldás.

7. Pólusraállási megoldások

A pólusra állás lehet egyszerű, de összetett feladat is, attól függően, milyen pontosságot kíván meg az általunk meghatározott észlelési program. Ha csak alkalmi megfigyelők vagyunk, egy közelítőleges pólusraállás is megteszi. Ha nagy nagyítást alkalmazva szeretnénk követni a kiszemelt objektumot (akár motoros vezérléssel, akár manuálisan elvégezve a vezetést) akkor precízebb beállítás szükséges. A legszigorúbb követelményeket azonban az asztrofotográfia támasztja.

A pólusraállási eljárás alapelve egyszerű: a távcső rektaszcenziós tengelyének párhuzamosnak kell lennie a Föld forgástengelyével, azaz az északi égi pólusra kell, hogy mutasson. (Az északi égi pólus az a pont az égen, mely körül a csillagok elfordulni látszanak.) Ha ez teljesül, az égbolt látszólagos elmozdulását egyszerűen kiküszöbölhetjük azzal, hogy - kézi finommozgatással vagy motoros meghajtással - elforgatjuk a rektatengelyt, mégpedig ugyanazzal a sebességgel, ahogy a Föld elfordul, csak épp az ellenkező irányba. Jóllehet az északi félteke lakóit az égbolt elkényezteti azzal, hogy a Polaris (Sarkcsillag) kevesebb, mint egy foknyira található az égi pólustól, ennek a pontnak a megtalálása nem is olyan könnyű feladat.

Amennyiben hosszabb expozíciós idejű felvételeket szeretnék készíteni nagyon ajánlott minél pontosabban elvégezni a pólusraállást. Többféle megoldás létezik, próbáljunk ki többet is, nem kizárt hogy saját technikát dolgozunk ki.

A Celestron Advanced EQ-5 goto mechanika rendelkezik pólusraállás pontosító funkcióval is. Ekkor az első betanítást követően le tudjuk kérdezni milyen távol állunk a valódi pólustól és a kézivezérlő segítségével tovább pontosíthatjuk a beállást.

Durva pólusraállítás

Amennyiben nincs kedvünk hosszabb időt a műveletre szánni, vizuális megfigyelésre a lehető legegyszerűbb módszer is megfelelő lehet. Ekkor nem kell mást tennünk, mint a pólustávcső közepére (melyet rendszerint szátkereszt jelöl) állítjuk a Polarist. Amennyiben a pólustávcsőnek csak a helye van a mechanikában, akkor távolabbról nézzünk át a lyukon úgy, hogy annak közepén a Sarkcsillagot lássuk. A legkisebb mechanikák esetében nincs lehetőség pólustávcsövet használni, ezért csak annyit tudunk tenni, hogy a rektaszcenziós tengellyel párhuzamosan nézve a mechanikát a lehető legpontosabban a Sarkcsillagra állítjuk, vagy bonyolultabb módszereket használunk.

Pontos pólusraállítás

Még mielőtt nekiállnánk a pontos pólusraállításnak, meg kell győződnünk, hogy a pólustávcső optikai tengelye egybeesik a mechanika rektatengelyével. (Az alábbi műveletet elég egyszer elvégezni, nem kell minden pólusraállítás alkalmával.)

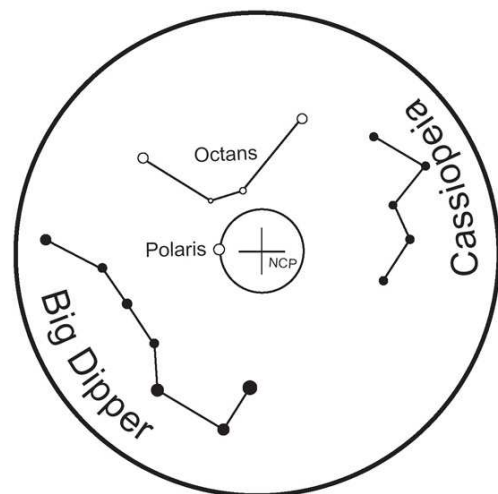
Szereljük össze az állványunkat majd forgassuk úgy, hogy az ellensúly-tengely vízszintes legyen. Állítsuk a pólustávcső látómezejének közepébe valamilyen tereptárgyat. A pólustávcsőbe nézve tekerjük el a rektatengely mentén a mechanikát 180 fokkal (azaz 12 órával), míg az ellensúly tengely az ellentétes oldalon nem kerül vízszintesbe. Amennyiben a pólustávcső optikai tengelye párhuzamos a rektatengellyel, a tereptárgy nem fog elmozdulni az elforgatás során, hanem ott marad a szátkereszten. Amennyiben mégis elmozdul, úgy a rektatengelyhez képest a pólustávcső optikai tengelye ferde. Ebben az esetben figyeljük meg, hogy a tereptárgy egy félkör mentén mozdul el, melynek a középpontja ott van, amerre a rektatengely mutat. Jegyezzük meg, milyen irányban és milyen messze mozdukt el.

A digitális mély-ég fotózás alapjai

A pólustávcső szállemezállító-csavarjainak segítségével a szállemezét mozdítsuk el úgy, hogy a szálkereszt közepe félúton legyen a tereptárgy a mechanika két átellenes helyzetében megfigyelt pozíciója közt. Amint megvan, mozgassuk a mechanikát függőleges és vízszintes tengely mentén úgy, hogy az objektum ismét a szálkereszt közepén legyen. Ismételjük meg az eljárást a fentiek alapján és szükség esetén pontosítsunk a szállemez pozícióján. Minden egyes állítással az a távolság (félkör), melyet a tereptárgy megtesz, egyre kisebb és kisebb lesz. Addig folytassuk mindezt, míg egy helyben nem marad a 180 fokkal történő átfordítás során. Amikor ezzel megvagyunk a pólustávcső optikai tengelye pontosan párhuzamos lesz a rektatengellyel.

Az alábbiakban leírjuk, hogy a népszerű Celestron és SkyWatcher mechanikákat milyen megoldással tudjuk gyorsan viszonylag pontosan pólusra állítani. Pólustávcsövük szállemezére gravírozva megtalálhatjuk - többek között - a jellegzetes, W alakú Kassziopéját, valamint a közismert Göncölszekeret (Big Dipper). Ezen túlmenően középen egy szálkereszt található NCP (North Celestial Pole - Északi Pólus) jelöléssel, körülötte egy nagyobb körrel azon pedig egy kisebb, Polaris feliratú köröcskével. (Az Octans alakzatot hagyjuk figyelmen kívül, mivel ez a déli féltekén történő beállítást segíti.) Pólusra állást az alábbiak szerint végezzük el:

1. állítsuk nagyjából a Sarkcsillagot a pólustávcső látómezőjének közepébe.
2. tekintsünk fel az égre, keressük meg a Kassziopéja valamint a Göncölszekér alakzatokat.
3. forgassuk el a mechanika rekta tengelyét úgy, hogy a szállemezen levő csillag alakzatok ugyanúgy álljanak, mint a valóságban. Tehát ha a



A digitális mély-ég fotózás alapjai

Göncölszekér fenn látható, a Kassziopéja meg lenn, akkor a szállemezen is így álljanak. A csillagok nem lesznek a pólustávcső látómezejében, ez teljesen normális.

4. rögzítsük a rekta tengelyt.
5. a mechanika magasság- és azimut állító csavarjai segítségével mozgassuk a Sarkcsillagot a Polaris feliratú kis körbe.

A fenti lépéseket elvégezve meglehetősen pontosan pólusra álltunk, legtöbb esetben ajánlott módszer. A kisebb mértékű pontatlanság miatt ne aggódjunk, ezt a felvételek vezetésével korigálni lehet. Erre a mechanika periodikus hibája miatt amúgy is rákényszerülünk.

Scheiner-módszer

A Scheiner-módszer egy közismert megoldás a Föld forgástengelyének kiemelkedően pontos beállításához. Használatát leginkább fix felállítású távcsövek számára javasoljuk mivel meglehetősen időigényes módszer. Az eljárás lényege, hogy a kiválasztott csillag deklinációs irányban történő elmozdulását kell figyelni. Ez az elmozdulás megmutatja, milyen messze és milyen irányban van az égi pólustól az a pont, melyre a rektatengely mutat. Jóllehet a módszer egyszerű és alapos, első alkalommal rengeteg türelmet és időt igényel. Akkor célszerű alkalmazni, amikor a korábban tárgyalt módszerekkel már elvégeztük a munka dandárját.

Mindenekelőtt válasszunk két fényes csillagot. Egyik a keleti horizont felé essen, a másik déli irányba, közel a meridiánhoz, és mindkettő legyen közel az égi egyenlítőhöz (azaz a 0 fokhoz deklinációban.) Egyszerre kell megfigyelni a két csillag elmozdulását, de csak deklinációban. A meridiánhoz közeli csillag mozgásának figyelemmel kísérése minden kelet-nyugati irányú beállítási hibára fényt derít. Ami a módszer eszközigényét illeti, szükségünk lesz egy megvilágítható szátkeresztes okulárra, hogy könnyebben észrevegyük az elmozdulást. A még pontosabb beállítás érdekében barlow-lencse használata is

A digitális mély-ég fotózás alapjai

ajánlott, mellyel megnövelhetjük a nagyítást, így minden elmozdulás hamarabb láthatóvá válik. Amikor déli irányba nézünk, zenittükröt használjunk, így kényelmesebb az okulárba tekintés, ha az felfelé néz. Tegyük be szátkeresztes okulárt, majd forgassuk el azt úgy, hogy az egyik szál a szélességi, a másik a hosszúsági körrel legyen párhuzamos. Kézzel elmozdítva a mechanikát RA-ban és D-ban ellenőrizhetjük, hogy jó a szátkereszt elhelyezkedése.

Vegyük először azt a csillagot, mely az egyenlítő és a meridián metszéspontjának közelében van. Lehetőleg ne legyen távolabb a meridiántól fél órával, illetve az egyenlítőtől 5 fokkal. Állítsuk középre a csillagot, és figyeljük meg, merre mozdul el deklinációban. - Ha déli irányba, akkor a rektatengely kelet felé mutat. - Ha északi irányba, akkor nyugati irányba mutat.

Ekkor az egész mechanikát távcsövestül az állvány függőleges tengelye mentén forgassuk el a megfelelő irányba. Ha ezzel kiküszöböltünk minden elmozdulást, fordítsuk a kelet felé eső csillag irányába a teleszkópot. A csillagnak legalább 20 fokkal kell a horizont fölött lennie, és legfeljebb 5 fokra legyen az egyenlítőtől. - Ha a csillag dél felé mozdul el, a rektatengely lejjebb van, mint a pólus. - Ha északi irányba mozdul, akkor a rektatengely feljebb van, mint a pólus.

Ezúttal a rektatengely dőlésszögén kell állítanunk, hogy kiküszöböljünk minden elmozdulását a csillagnak. Ismételjük meg a műveletet újra és újra, míg el nem érjük a lehető legnagyobb pontosságot. Amikor minden elmozdulás megszűnt, a távcső nagyon pontosan pólusra van állítva. Ezután bátran nekiláthatunk primer fókuszban hosszabb expozíciós idejű mély-ég fotók készítésének is.

(megjegyzés: ha a keleti horizont nem látszik, a nyugati horizont felé eső csillagot is lehet választani, csak ügyelni kell arra, hogy a beállítási hiba (feljebb-lejjebb) épp fordítva jelentkezik. Ugyanígy, ha a déli féltekén alkalmazzuk a módszert, az elmozdulások irányát megfelelően fel kell cserélni.)

8. Fókuszálás

Az asztrofotózás során az egyik legkritikusabb feladat a pontos fókusz megtalálása. Annak ellenére, hogy ez meglepően egyszerűnek hangzik, sok buktatót rejt magában. Amennyiben egy csillagra fókuszálunk, akkor érjük el a legjobb élességet, amikor a legkisebb területen koncentrálódik a fény. Legjobb fókuszálás mellett is lesz valamekkora kiterjedése, sosem lesz pontszerű. Ennek oka egyrészt a DSLR kamerák érzékelőjének felépítéséből következik, másrészt a légköri turbulenciák kisebb-nagyobb mértékben szinte mindig elmosják a képet, megnehezítve ezáltal a pontos élességállítást.

Mindegy milyen távcsövet és kamerát használunk, az alábbiakat vegyük figyelembe a pontos fókuszálás érdekében:

Az optikai elemek lehűlésük során kissé "eldeformálódnak" emiatt nem adnak optimális képet. Ahhoz, hogy a távcső a lehető legjobb teljesítményt nyújtsa, át kell vennie környezetének hőmérsékletét. Ez a folyamat különösen télen tart sokáig amikor szobahőmérsékletről kivisszük a műszert a hidegbe - nagyobb és zárt tubussal rendelkező műszerek esetében akár 1-2 óráig is eltarthat. Ez lerövidíthető, amennyiben pl. fűtetlen helyen tároljuk a műszert és/vagy ventilátort alkalmazunk a hőmérséklet kiegyenlítésére.

Fókuszálás szempontjából további problémát jelent, hogy a közkedvelt alumínium tubusok lehűlésük során összehúzódnak, megváltoztatva a fókuszpont helyzetét. Ezt a jelenséget szénszálalású tubusokkal minimalizálni lehet. Az éjszaka során - különösen a hosszú fókuszú rendszerek esetében (SC, MC) - javasolt tehát az élesség rendszeres ellenőrzése és szükség esetén korrigálása.

A fentiekén túl gondoskodjunk a távcső optimális kollimációjáról, ellenőrizzük ezt minden alkalommal és ha szükséges pontosítsunk.

Motoros élességállítás nagyban megkönnyíti a dolgunkat, ezzel elkerülhető, hogy kézzel a fókuszírozóhoz hozzá kelljen nyúlni és ezáltal berázni a távcsövet.

Élességállítási megoldások

Fókuszálásnál gyakori probléma, hogy a fényképezendő (mély-ég) objektummal egy látómezőben nincs fényes csillag, amin élességet lehet állítani. Ez esetben keressünk a közelben egyet, állítsuk be rajta az élességet, majd anélkül, hogy a kamerát levennénk álljunk vissza az objektumra. DSLR kamera átnézeti keresőjében látott kép alapján legtöbbször csak közelítő eredményre juthatunk. Újabb gépeken már megtalálható az ún. LiveView (élőkép) üzemmód, mellyel a hátsó LCD kijelzőn folyamatosan nyomon követhetjük az élességállítás menetét. Célszerű ekkor is a lehető legnagyobb zoom érték mellett élesre állni.

Amennyiben rendelkezünk számítógéppel, használjuk fel az élességállításhoz: ha a kamera rendelkezik élőkép (ún. LiveView) funkcióval, a számítógép monitorán "valós időben" tudunk élességet állítani. Ellenkező esetben egymás után folyamatosan készítsünk rövid expozíciós idővel felvételeket, majd számítógépre rögtön letöltve kis késleltetéssel látjuk az élességállítást eredményét. Erre a célra használhatjuk fényképezőgépek gyári szoftverét, vagy más kereskedelmi programokat: DSLRFocus, DSLR Remote, vagy pl. MaxDSLR. Léteznek olyan fókuszírozók (Moonlite, Robofocus, JMI) melyek számítógépről vezérelhetőek, ezáltal a számítógépes szoftverük képes automatikusan beállítani a legjobb képélességet.

Mivel a fókuszálás kritikus pont a jóminőségű csillagászati felvételek elkészítése során, a szemre történő fókuszálást több megoldással is segíthetjük.

Parfokalizálás

Parfokalizálással elérhetjük, hogy az okulár és a kamera fókuszsíkja megegyezzen, vagyis amennyiben az okulárral élesre állunk, a kép a kamera számára is éles lesz. Ehhez legelőször a kamerát kell a lehető legpontosabban fókuszálni valami más megoldással. Ezt



követően a fókuszírozót rögzítjük majd egy nagy nagyítást adó, rövid fókuszu okulárt teszünk a fókuszírozóba a kamera helyett. Az okulár kihuzatára egy ún. parfokalizáló gyűrűt helyezünk. Az okulárt ki- és becsúsztatva megkeressük az élességet, majd a parfokalizáló gyűrűt úgy rögzítjük, hogy az okulár ne tudjon beljebb csúszni. Legközelebbi alkalommal elég az okulárt a kihuzatba helyezni, majd vele élesre állni és ezáltal a kamera is fókuszbba kerül.

Schmidt-Cassegrain valamint lencsés távcsöveknél lehetőség van billenőtükör használatára: ekkor nem szükséges az okulárt ill. a kamerát cserélni, egy beépített tükör segítségével válthatunk a fényutak között.

Hartmann-maszk és Bahtinov-maszk

A Hartmann-maszk és a Bahtinov-maszk egyszerűen és jól használható kiegészítő fókuszáláshoz. Hartmann-maszkkal történő fókuszálás alkalmával a távcső elejére egy sapkát helyezünk, melybe 2 vagy 3 kör - újabban háromszög - alakú nyílást vágunk. Amennyiben a csillag nincs fókuszbba egy helyett három csillagot fogunk látni. Élességállításkor a három csillag egyre közelebb kerül egymáshoz, mikor pontosan egybeolvadnak, akkor kapjuk a legjobb a fókuszbba.

A Bahtinov-maszk a Hartmann-maszk egy érdekes változata: a kör, vagy háromszög alakú kivágások helyett téglalap alakú lyukakat kell készíteni, egymáshoz képest eltérő szögben kivágva. Az okulárban ekkor 3 pár diffrakciós

A digitális mély-ég fotózás alapjai

tüskét láthatunk, melyek közül a középső a fókuszállítás során elmozdul. Amikor ez a többi diffrakciós tüske között pontosan középen figyelhető meg, akkor ideális az élesség.

Mindkét megoldásnak van azonban hátránya is: mivel kevesebb fény jut a távcsőbe halványabb csillagokra nehezebb lesz a fókuszálás. Ezen túlmenően a kisebb fényerő miatt nagyobb lesz kép mélység-élessége, vagyis előfordulhat, hogy a sapka levétele után a kép nem lesz pontosan fókuszban.

Miután végeztünk a fókuszálással, célszerű tesztfelvételt készíteni, majd a számítógép vagy fényképezőgép kijelzőjén kinagyított képen ellenőrizni a beállítást. Ha nem vagyunk elégedettek az eredménnyel, állítsunk az élességen valamelyik irányba. Ezután megint csináljunk tesztfelvételeket és ellenőrizzük, hogy javul-e az élesség, jó irányba állítunk-e stb. Így próbálgatva néhány perc alatt beállíthatjuk a fókuszt.

9. A digitális képalkotás menete

A felvételek megtervezése

A felvételek elkészítése előtt fordítsunk gondot az éjszakai munka megtervezésére. Előre válasszuk ki a cél objektumokat, de tartsuk szem előtt, hogy 1-2-nél többet ne zsúfoljunk be. Ellenőrizzük, hogy helyzete megfigyelésre kedvező: azaz a horizont felett kellő magasságban látható, valamint elkerüljük-e az esetlegesen zavaró városfények irányát. Szintén érdemes figyelembe venni ekvatoriális mechanikák esetén azt a problémát, hogy a meridiánon túl csak bizonyos ideig képesek követni az égboltot ellenkező esetben a távcső tubusa beakadhat a mechanikába. A SkyWatcher EQ-x mechanikai nem "figyelik" ezt, azaz nekünk kell résen lenni és manuálisan átfordítani a tengelyeket. A Celestron EQ-5 Goto mechanika leáll, ha tubus túlságosan megközelíti a mechanikát.

Ismerve a távcső által leképzett látómező méretét, felbontását érdemes átgondolni mekkora lesz az objektum a képen: egy apró planetáris ködöt nem célszerű rövid fókusznál mellett fotózni, mert alig pár tucat pixel méretű lesz. Ugyanígy a nagy kiterjedésű ködök ki fognak lógni egy hosszú fókusznál SC távcső látómezőjéből. A barlow lencse alkalmazásával növelhető a távcső fókusza, ezáltal a kép felbontása, míg a fókuszureduktorok megnövelik a leképzett látómezőt.

A kamera beállításai

Közvetlenül az asztrófotók elkészítése előtt érdemes ellenőrizni a fényképezőgép beállításait melyek közül az alábbiakra külön hívjuk fel a figyelmet.

A fehéregyensúlynál válasszuk a nappali fény (Daylight) opciót. Amennyiben sok a fényszennyezés akkor érdemes lehet a Halogén (Tungsten) beállítással

A digitális mély-ég fotózás alapjai

próbálkozni. A felvételeket általában ISO 800 esetleg 1600 értékek mellett célszerű elkészíteni, így válasszunk ezek közül. A beállítások között találhatunk tükörfelcsapás-késleltetést (Mirror lock-up) opciót ekkor a tényleges expozíció a fényképezőgép tükrének felcsapása után kezdődik x másodperccel. Ez idő alatt lecsillapodhatnak a rezgések, melyet a tükörfelcsapás kelt.

A fényképezőgépek alapértelmezésben jpg formátumban mentik a képeket, de a DSLR kamerák mindig képesek nyers formátumban (RAW) is rögzíteni. Kezdsnek megfelel a jpg változat is, ehhez azonban a legjobb minőséget adó, legkisebb tömörítési fokot válasszuk. Haladó szinten érdemes áttérni a RAW formátumra hiszen így színenként 4096 (12 bit) vagy az újabb gépeken már 16 384 árnyalat (14 bit) áll a rendelkezésünkre, a jpeg 256 szín árnyalatával szemben. A nagyobb színmélység egyrésztől finomabb "színátmenetek" megörökítését teszi lehetővé, másrésztől a jpg fájlok tömörítése során fellépő információ-vesztést is elkerüljük. (Jpg tömörítés során ugyanis a szem számára észrevehetetlennek gondolt apró részletek elvesznek.)

Amennyiben gépünk rendelkezik hosszabb expozíciós idők esetére automatikus zajcsökkentő funkcióval, akkor kapcsoljuk ki. Ekkor ui. a kamera automatikusan készít egy ún. sötétképet melyet levon a felvételtől. Ez egyrésztől gyakorlatilag megduplázza a felvételek elkészítési idejét, másrésztől a későbbiekben mi is el fogjuk ezt a műveletet végezni, csak sokkal kifinomultabb módon.

A felvételek elkészítése

A halvány mély-ég objektumok fotózása során kézenfekvő megoldásnak tűnik, ha azokat minél hosszabb expozíciós idővel örökítjük meg. A gyakorlatban azonban inkább több, rövidebb expozíciós idővel készült felvételt készítsünk, melyeket utólagosan feldolgozunk. Egy-egy rövid idejű felvételt kisebb valószínűséggel csúszik hiba (pl. bemozdul), másrésztől amennyiben ez megtörténik nem az egész munkánk vesz kárba.

A digitális mély-ég fotózás alapjai

Természetesen ez sem "csodaszer", ne számítsunk arra, hogy pl. 10 db 5 perces felvétel összeadása helyettesít egy 50 perceset! Több kép összeadásakor a halvány részletek intenzitása sokkal jobban nő, mint a zajé, ezáltal kiemelkednek a háttérből. Az egyes képek összeadása után is tehát csak azok a részletek lesznek rajta a végső képen, amik az egyes képeken is rajta vannak, azokon pusztán azért nem látszanak, mert "elvesznek a zajban".

Másik ok a jel/zaj aránnyal függ össze: az expozíció során nemcsak az objektumról érkező fényt "örökítjük meg", de egyéb jeleket is, pl. magával a ccd chip által keltett zajt. A zaj mértéke chipenként eltérő, ezen túlmenően annak hőmérsékletével valamint az alkalmazott ISO értékkel párhuzamosan nő. Megfelelő technikával lehetőség van a zaj levonására a képből, erről a későbbiekben szólni fogunk

Az, hogy mekkora legyen egy felvétel hossza, viszonylag egyszerűen megállapítható: vezetés nélküli legtöbb esetben az szab határt mennyi ideig tudja a mechanika bemozdulás nélkül követni az égboltot. Vezetett felvételek során a korlátot inkább a kép háttérének beégése (kivilágosodása) jelenti: ennek ideje függ attól, hogy városi vagy sötét ég alól fotózunk, milyen ISO érzékenységgel dolgozunk stb. Akkor tekinthető megfelelően exponálnak a felvétel, ha a hisztogram csúcserőke (égi háttér) az alsó harmadban-negyedben található. A képkockák darabszámára nincs korlát, minél több



1. kép

4. kép

16. kép

A digitális mély-ég fotózás alapjai

képkockát rögzítünk és dolgozunk fel, annál jobb lesz a jel/zaj arány. A mellékelt képen láthatjuk, hogy a felvételek növekedésével egyre jobban kiemelkednek a köd finom szálai a háttérből.

Az ég alatti munka nagy része tehát abból áll, hogy készítünk például 10 db egyenként 5 perces expozíciót. Ezt a némileg manuális munkát számos eszközzel segíthetjük. Léteznek programozható távkioldók a fényképezőgépekhez, amelyek automatikusan elvégzik ezt a munkát, de több számítógépes szoftvert is futtathatunk, melyek helyettünk vezérlik a sorozatfelvételek elkészítését (DSLR Remote, DSLR Shutter). Itt jegyezzük meg, hogy régebbi DSLR kamerák legfeljebb 30 másodperces expozíciókra voltak képesek USB kábelen keresztül, ezért plusz soros porti kábel szükségeltetik amennyiben ennél hosszabb expozíciót kívánunk alkalmazni. Az újabb kamerák már képesek USB kábelen keresztül is B időre.

Fontos megjegyezni, hogy amennyiben számos képkockát készítünk egymás után, akkor célszerű a felvételek elkészítése között néhány pixellel odébb mozgatni a képet (ezt az eljárást ditheringnek vagy magyarul bolygatásnak hívják). Ennek az az oka, hogy a pixel hibák, ill. az érzékelőn levő porszemek máshová esnek a felvételen ezáltal képfeldolgozáskor könnyebben korrigálhatóak lesznek. Vezetés nélküli felvételek alkalmával a kép rendszerint "magától" odébbcsúszik, ezért a fenti eljárásra vezetett felvételek esetén van leginkább szükség.

Az asztrofotós munka nemcsak abból áll, hogy magáról az objektumról elkészítjük a felvételeket, vagy ahogy szakzsargonban hívják light(frame)-eket, magyarul világosképeket. Az utólagos képkorrekciók megkövetelik más képek elkészítését is. Ezek az ún. korrekciós képek arra szolgálnak, hogy a fényképezőgép, valamint a távcső által hozzáadott bizonyos hibákat eltávolítsunk a végső képről, de azt nem teszi lehetővé, hogy az egyes optikai hibákat (pl. kómahiba) eltávolítsuk a képről. Elsőre természetesen lehet

A digitális mély-ég fotózás alapjai

boldogulni korrekciós képek nélkül is, azonban érdemes tudni róla, hogy a lehető legjobb eredmény ezek elkészítésével és feldolgozásával érhető el.

A feldolgozás során két fajta korrekciós kép elkészítése különösen lényeges: az egyik a darkframe (sötétkép) a másik a flatfield. Léteznek másfajta korrekciós felvételek is, ezek jelentősége azonban kisebb.

Darkframe: A felvételek elkészítése során a fényképezőgép által keltett zajt távolíthatjuk el a képekről a sötétképek segítségével. Ezek a felvételek tartalmazzák a kiolvasási zajt, a hibás pixeleket, az egyes pixelek eltérő érzékenységből adódó hibákat, valamint az elektronika által keltett zajt is. Ezek a képek feldolgozás során átlagolásra kerülnek (ebből lesz az ún. master darkframe), az egyes felvételekből tehát a master darkframe kerül levonásra. Mivel ezek hőmérséklet és expozíciós idő függőek ezért a darkframe-eket lehetőleg a lightframeekkel megegyező a hőmérsékleten és ugyanazokkal az expozíciós idővel és ISO értéken rögzítsük. Készítése meglehetősen egyszerű: takarjuk le a távcső elejét, vagy tegyük rá fényképezőgép-vázra a sapkát, majd készítsünk 5-10 db felvételt letakart fényúttal.

Flatfield: A flatfield az optikán lévő szennyeződés (porszemek), és a vignettálódás okozta eltérések korrigálására szolgál. A képek expozíciós idejét a hisztogramm alapján állapíthatjuk meg, a csúcs a hisztogramm felénél, vagy azon egy kicsit túl hegyen, alacsony ISO értéknél. A képek száma ezeknél is öt-tíz. Mivel ezek a képek egy optikai beállításhoz érvényesek, a képek elkészítése után már ne szereljük le a fényképezőgépet, mert nem tudjuk ugyanolyan pozícióba visszaállítani és nemhogy korrigálna, hanem még több hibával terheli a képet. A darkkal ellentétben itt nem lényeges, hogy ugyanolyan körülmények között készítsük a képeket, viszont fontos, hogy ugyanazzal az objektívvel, ugyanolyan blendével készüljön a felvétel. A porszemek miatt lehetőleg ne sokkal később, vagy korábban készült flat-et használjunk a kalibrációnál.

Éjszakai fotózás során magától értetődően nincs világos háttér a flat képek elkészítéséhez ezért más megoldást kell alkalmazni. A reggelt kivárva a világos

A digitális mély-ég fotózás alapjai

égi háttérrel használhatjuk erre a célra, de készíthetünk lightboxot is. A lightbox egy távcső elejére szerelt doboz, melyet megvilágítunk belülről, úgy hogy a távcsőbe már egyenletes, szórt fény érkezzon. (Az interneten számtalan megoldást találunk lightbox készítésére). Ha mindezekre nincs lehetőség, akkor esetleg világos felületről (pl. falfelület, LCD monitor) készítsünk képet, vagy a feldolgozás során nem végzünk flatfield korrekciót. Bizonyos esetekben segíthet a mesterséges flatfield levonás, ilyenkor a feldolgozóprogrammal tudjuk a háttér egyenetlenségeit korrigálni.

10. A digitális képfeldolgozás alapjai

Egy látványos asztrofotó elkészítésének csak egyik felét jelenti az ég alatt eltöltött munka. A másik - hasonló hosszúságú, de nem ritkán hosszabb - időt a képfeldolgozás jelenti. Ahogy korábban említettük, ennek során lehetőség van a képek összegzésére, a kamera és az optikai rendszer különböző "hibáinak" korrigálására, a színek felerősítésére, vagy éppen a kontrasztviszonyok növelésére. A különböző lépésekben más és más szoftvereket vehetünk igénybe, igényeinknek megfelelően.

Az alábbiakban a rendkívül felhasználóbarát Deep Sky Stacker ill. az igen kiterjedt tudású Iris programon keresztül mutatjuk meg a képfeldolgozás egy **lehetséges** módját. A Deep Sky Stacker képes a jpg képek feldolgozására, az Iris csak a nyersképeket kezeli. Mindkettő program szabadon letölthető az internetről. Az utómunkákra a népszerű Photoshopot használjuk, de más – ingyenes – programok is használhatóak.

Képfeldolgozás során felmerülhet a kérdés, hogyan "kell" kinéznie az objektumnak. A válasz egyszerű: olyannak ami számunkra szépnek, látványosnak tűnik. Különösen igaz ez a színvilágra: a szemünk ugyanis nem elég kifinomult, hogy - néhány kivételtől eltekintve - mindenféle képrögzítő eszköz nélkül lássa az égitestek valós színeit, így tehát nem tudjuk meg megítélni mi a valós és mi nem. Ebből következően a képfeldolgozás eredménye igen szubjektív: ugyanazokból a nyers képekből két különböző személy valószínűleg eltérő képeket fog előállítani. De még mi magunk is különböző eredményt fogunk elérni, ahogy a munka során a különböző beállításokkal játszozunk.

Képfeldolgozás során legyünk mértéktartóak, azaz ha nem feltétlenül szükséges, ne legyenek a képek "túldolgozva". Ekkor lehet, hogy a részletek markánsabbak lesznek, ám a kép könnyen elvesztheti "természetes" jellegét.

Deep Sky Stacker

A képfájlok betöltése

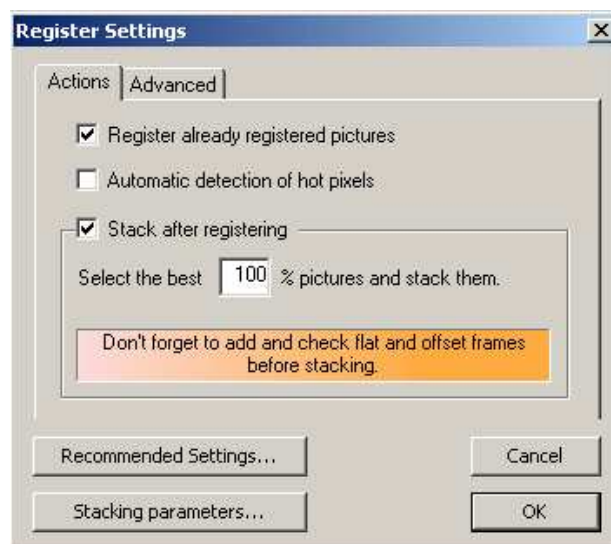
Válasszuk ki az 'Open picture files' menüt, majd a megjelenő ablakban válasszuk ki a light frame-eket.

Válasszuk ki a 'Open dark files' menüt, majd a megjelenő ablakban válasszuk ki a dark frame-eket (ha vannak).

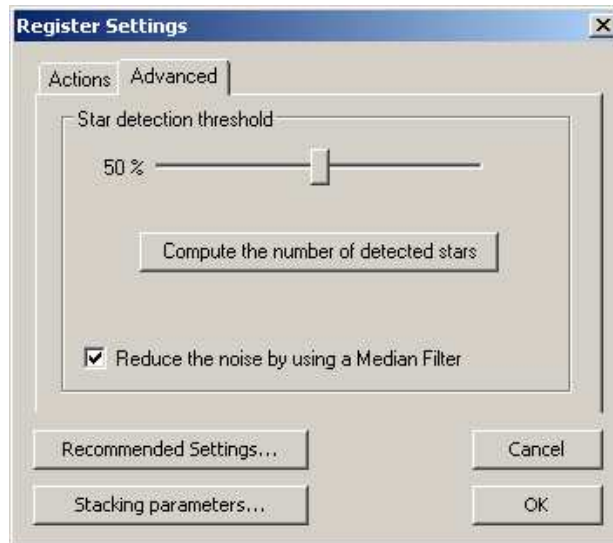
Válasszuk ki az összes képet a 'Check All' menüre való kattintással. Ezzel a művelettel kijelöltük, hogy az összes bejelölt kép részt vesz a feldolgozásban.

A képek összeadása, sötétkép levonás

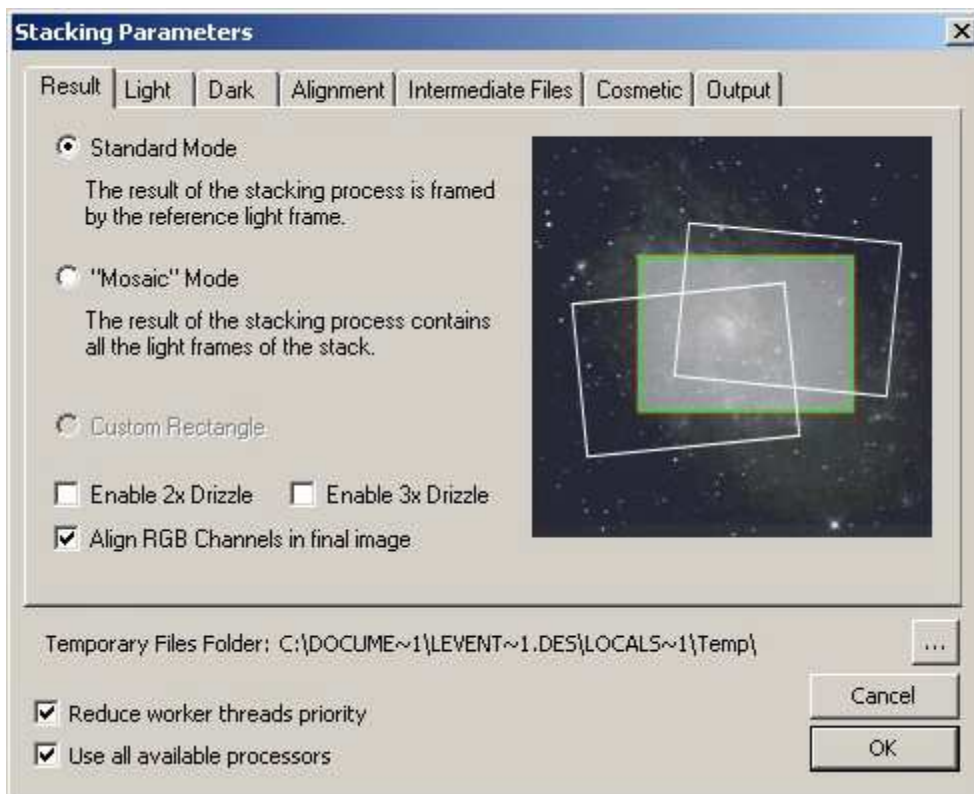
Kattintsunk a 'Register checked pictures' menüre. Regisztrálás során a szoftver a képek illesztését hajtja végre: amennyiben elkészítésük között elcsúszott volna a látómező, akkor azt a csillagok alapján képes felismerni és figyelembe venni az összeadásuk során. A megjelenő ablakban válasszuk ki az alábbi beállításokat.



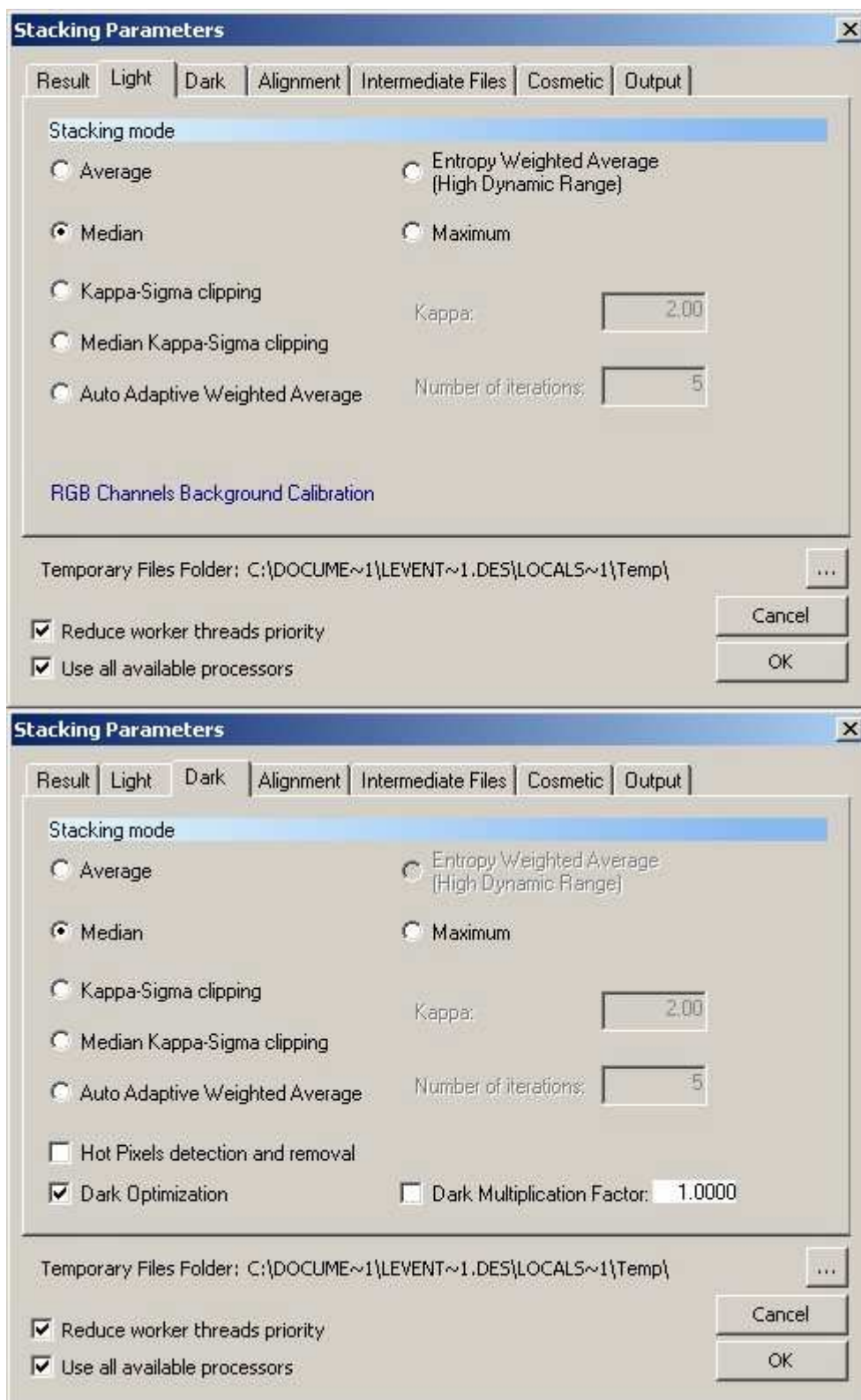
A digitális mély-ég fotózás alapjai



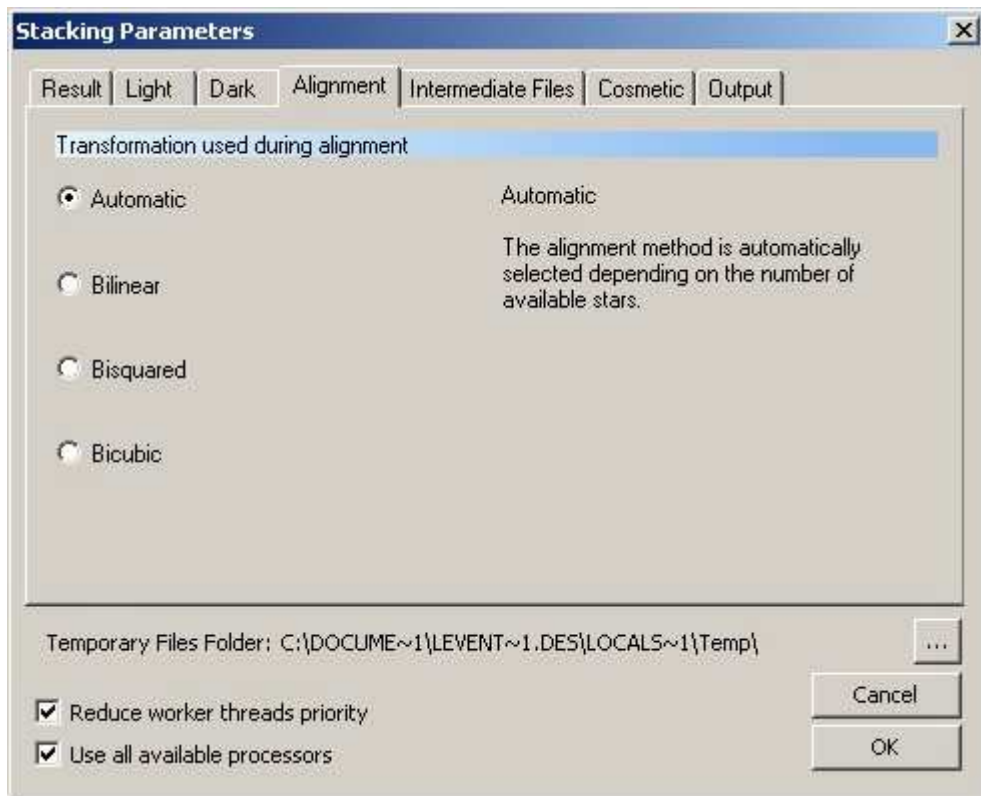
Kattintsunk a 'Stacking parameters' gombra. Itt a képek összeadást valamint a sötétkép-levonást végezhetjük el. Válasszuk ki az alábbi beállításokat.



A digitális mély-ég fotózás alapjai



A digitális mély-ég fotózás alapjai



Kattintsunk az OK gombra. A képfeldolgozás elkezdődik, a gép sebességétől és a képkockák számától függően rövidebb-hosszabb időt vesz igénybe.

Mentsük el a képet a 'Save picture to file' menüre kattintva.

A képfeldolgozási munkánknak még messze van a vége. A későbbiekben a Photoshop segítségével fogunk képeinken javítani.

Iris

Az előző részben a felhasználóbarát Deep Sky Stacker programmal ismerkedtünk meg. Az alábbiak a sokkal nagyobb tudású [Iris](#)-en keresztül mutatjuk be a képfeldolgozás alapjait.

IRIS beállítása

Az IRIS-t elindítva megjelenik a program nyitóképernyője. Fent a lenyíló menüket láthatjuk, alatta egy gombsort, majd legalul a Treshold ablakot,

A digitális mély-ég fotózás alapjai

melynek segítségével a fekete, és a fehér pixelek értékét lehet beállítani - később ennek nagy hasznát fogjuk venni.

Keressük meg a 'File > Settings' menüpontot. A megjelenő 'Settings' ablakban, a 'Working path' sorban adjuk meg hol lesz az Iris munkamappája. Tartsuk szem előtt, hogy legalább 4-6GB szabad hely legyen a meghajtón! Próbáljunk olyan elérési utat választani, hogy ne kelljen több mappányi mélységben dolgoznia a programnak, mert nem előnyös. Pl: 'D:\iris\' megfelelő. Ezután a 'File type'-ot állítsuk 'Pic'-re. Ha ezekkel készen vagyunk, az OK gombra kattintva elmenthetjük a beállításokat.

Ezután kattintsunk a gombsoron jobbról a harmadik gombra (egy fényképezőgép ábrája látható rajta), hogy előhozzuk a 'Camera settings' ablakot. Itt annyi a dolgunk, hogy állítsuk a 'Digital Camera' résznél, a 'Model'-t a saját gépünkre, a 'RAW interpolation method'-ot, pedig 'Gradient'-re.

Hozzuk elő a parancssor ablakot, ehhez a fényképezőgép ikon mellett baloldalt helyezkedik el. Ha készen vagyunk, elkezdhetjük a feldolgozást.

Képfeldolgozás

Amint a későbbiekben látni fogjuk, az Iris igen hatékony a parancssoros képfeldolgozásban. Elsőre kissé "kényelmetlennek" tűnik, hogy nem a megszokott menürendszeren keresztül "dolgozunk", azonban a parancssoros megoldásnak nagy előnye, hogy a későbbiekben automatikusan feldolgozhatjuk a felvételeket amíg pl. alszunk.

A parancsok szintaktikáját nem részletezzük, érdemes az Iris bőséges leírását tanulmányozni vagy a rövidített magyar nyelvű kivonatot elolvasni.

RAW fájlok CFA-ba kódolása

Első lépésként, a RAW formátumú képeket kell átkonvertálni az Iris belső, pic formátumára. Ezt a 'Digital Photo->Decode RAW files' menüpont kiválasztását

A digitális mély-ég fotózás alapjai

követően tehetjük meg. A gomb megnyomásakor az IRIS minimalizálódik és a képernyőn megjelenik a 'Decode RAW file' feliratú ablak. Valamilyen file kezelő programmal (pl. Windows Intéző, Total Commander stb.) keressük meg a darkframe-eket, majd húzzuk őket át az ablakba. Adjunk nevet a kimeneti fájloknak (pl. d), majd a '->CFA...' feliratú gombra történő kattintás után az IRIS átkonvertálja ezeket PIC formátumba. Miután az IRIS végzett, nyomjuk meg az 'Erase List' gombot. A darkframe-ekhez hasonlóan "dobjuk be" az ablakba a lightframe-eket, nevezzük el őket pl. l-nek. Nyomjuk meg ismét a '->CFA...' feliratú gombot. Amint az IRIS végzett, kattintsunk a 'Done' gombra. A munkamappában megjelent a l1.pic, l2.pic ... és d1.pic, d2.pic ... file.

Master dark készítése

A master dark frame az egyes dark képek összeadásával készíthető, ehhez a parancssorban gépeljük be az alábbiakat:

> *smedian d [N]* (*N a dark képek száma*)

Mentsük el az összegzett darkframe-et (master darkframe):

> *save md* (*md a kimeneti fájlnev*)

A master dark kivonása a light framekből

A kész master dark kép kivonásával eltüntethetjük a sötétáramot és az állandó hotpixeleket a lightframekről. Gépeljük be a következő parancsot:

> *opt3 l md ld [N]* (*N a light képek száma*)

CFA - RGB kódolás

Ha készen van a program, gépeljük be a következő parancsot:

> *cfa2pic ld rgb [N]* (*N a light dark képek száma*)

Ez eltarthat egy ideig, a képek számától, és méretétől függően. Amint készen van a program, megláthatjuk az eredményt. A furcsa színvilág ne ijesszen meg senkit, a fehéregyensúlyt később állítjuk be.

A képek illesztése

Ezután a képek illesztése, melynek során az egyes felvételek közötti elcsúszást, elforgást számítja ki a program. A következő parancsokkal lehet elvégezni:

```
> setspline 1
```

```
> coregister2 rgb reg [N] (N a képek száma)
```

Az illesztés hosszú időt is igénybe vehet, géptől, és a képek számától függően. Ha nem írt ki az IRIS hibaüzenetet, akkor következhet a képek méretre vágása.

Ha azonban hibaüzenettel megszakadt a feladat, akkor próbáljuk meg a háromzónás illesztést::

```
> setspline 1
```

```
> coregister4 rgb reg 512 [N] (N a képek száma)
```

Ha esetleg ez is hibával ér véget, akkor állítanunk kell az IRIS csillagkereső algoritmusát:

```
> setfindstar [sigma] (N a képek száma)
```

Ahol a sigma értéke függ a csillagok számától a képen. Az alap beállítás 7.0. Csillagokkal teli, Tejút közeli képeknél a sigmát 8.0-10.0 környékére kell állítani, míg kevés csillagot tartalmazó képnél, 5.0 környékére le kell vinni az értékét. A setfindstar parancs minden futtatása után használjuk a coregister2 vagy coregister4 parancsot is.

Méretre vágás

A képeket összeadása előtt méretre kell vágni, hogy az illesztés során a közös területről esetlegesen lelógó képszeleket eltüntessük. Ezért a célunk most az, hogy a sorozat összes képéből kivágjuk a közös, teljesen átfedő részt. Ehhez először gyorsan összegeznünk kell a képeket, hogy lássuk mi lóg ki:

```
> add_norm reg [N] (N a képek száma)
```

A digitális mély-ég fotózás alapjai

Az összegzés után a Treshold ablakban nyomjuk meg az Auto gombot, hogy jobban látszódjon a képek szélénél hol kezdődik a közös terület és hogy mennyi a felesleg. Kattintsunk a bal alsó sarokba, lehető legközelebb a közös terület széléhez, de maradjunk azon belül! Ekkor megjelenik a pont koordinátája (x1, y1) az Output ablakban. Ezután kattintsunk a jobb felső sarokban, ugyanígy (x2, y2). Ez a koordináta is megjelenik. Ha megvagyunk, gépeljük be a következő parancsot:

```
> window2 reg crop [x1] [y1] [x2] [y2] [N] (N a képek száma)
```

Normalizálás

Méretre vágás után már normalizálhatjuk a képeket. Erre azért van szükség, mivel az egyes felvételek fényessége eltérő lehet: a Hold állásától, az objektum horizont feletti magassága valamint az esetleges fényszennyezés, pára stb. mind befolyásolja. A műveletet az alábbi paranccsal végezhetjük el:

```
> noffset2 crop no 0 [N] (N a képek száma)
```

A képek összeadása

Ezt követi a képek „összeadása” (stack), melynek során az egyes képkockákat egyesítjük. Erre többféle algoritmus is létezik, az alábbiakban az ún. Kappa-Sigma algoritmust használjuk. A képek összeadását a következő paranccsal végezhetjük el:

```
> composit no [Kappa] [Iterations] [Normalize] [N] (N a képek száma)
```

Általában a Kappa értéke 3, az Iterációk száma 1, a Normalizálás értéke 1. Ha a kész képen mégis megjelenne egy repülő vagy műhold, akkor vegyük vissza a Kappa értékét 2-re, vagy növeljük az iteráció értékét 2-re vagy többre. A normalizálás kapcsoló megakadályozza, hogy a fényes területek beégjenek a képen. Ha mégis úgy döntünk hogy hagyjuk őket beégni és inkább a halványabb részeket emeljük ki, akkor állítsuk a kapcsolót 0-ra.

Mentsük el a képet:

```
> save stack
```

Háttér egyenletessé tétele

Az egyszerűség kedvéért korábban nem végeztünk flat kivonást a vignettáció eltüntetésére emiatt nagy valószínűséggel a háttér egyenetlen lesz (középen világosabb, a szélek felé haladva sötétebb).

A háttér egyenletes színének beállításához az alábbi lépéseket hajtsuk végre: töltsük be az összeadott felvételt:

```
>load stack
```

majd a Threshold ablakban a csúszkákat állítsuk úgy, hogy a háttér tisztán látható. Az Auto gomb megnyomása is sok esetben működik. Célszerű a zoom értéket úgy állítani, hogy a teljes kép látszódjon a monitoron.

A háttér egyenletessé tételéhez az alábbi parancsot futtassuk:

```
> setsubsky [sigma] [poly_order]
> subsky
```

Kezdsnek a sigma értékét állítsuk 4-re, a poly_order-t 1-re. Ha nem kapjuk meg a kívánt eredményt, a poly_order-t 3, 4-re, esetleg még magasabbra kell venni. Próbáljuk meg a sigma értéket is változtatni. Minden változtatás előtt azonban ne felejtjük el betölteni a korábban összeadott felvételt, hogy „tisztá lappal” induljunk. Ha megfelelőnek találjuk az eredményt, mentsük el a képet:

```
> save subsky
```

Fehéregyensúly beállítása

Állítsuk a Treshold ablak csúszkáit addig, amíg a kép részletei is jól láthatóak nem lesznek (esetleg nyomjuk le az Auto gombot). Ezután jelöljük ki egy olyan területet a képen, ahol csak az égi háttér látszódik (nincs csillag, vagy maga az objektum), majd gépeljük be a következő parancsokat:

```
> black
> rgbbalance [R] [G] [B]
```

A digitális mély-ég fotózás alapjai

A fehéregyensúly értékei gépenként változóak, a gyári fényképezőgépek esetében a lenti táblázatból keressük ki a megfelelő értéket vagy kísérletezgetéssel állapítsuk meg. A szűrőcserén átesett Canon gépek esetén R=1.38, G=1.0, B=1.23.

	R	G	B
Canon EOS 300D	1.91	1	1.23
Canon EOS 350D	2.23	1	1.54
Canon EOS 400D	2	1	1.58
Canon EOS 450D	2.08	1	1.44
Canon EOS 1000D	2.51	1	1.37
Canon EOS 40D	2.07	1	1.49
Nikon D90	2.1	1	1.21
Nikon D80	2.2	1	1.19
Nikon D60	1.79	1	1.38
Nikon D50	2.08	1	1.5
Nikon D300	1.56	1	1.28

Mentsük el a képet:

> save rgbbalance

A részletek láthatóságának beállítása

A feldolgozással már majdnem végeztünk, érdemes azonban az objektum fényességét átskálázni. Ezt az *asinh* paranccsal végezhetjük el:

>asinh alpha intensity

>visu 32767 -5000

Kezdésnek az próbáljuk $\alpha=0.005$ és $\text{intensity}=30$ értékeket. A beállításokkal kísérletezni kell. Az α értékét nagyon kis lépésekben változtassuk, 0.010 már nagyon magas érték. A *visu* parancs esetében az alsó határértéket lehet emelni -5000 -ról -4000 -re vagy még feljebb. Amennyiben a kapott beállítással nem vagyunk elégedettek próbáljunk ki új értéket, de előtte töltsük be a korábban elmentett képet:

> load rgbbalance

A digitális mély-ég fotózás alapjai

A munka egy újabb szakaszával végeztünk, azonban némi finomhangolás még szükséges lehet. Ehhez használjuk a Photoshopot akárcsak a Deep Sky Stacker esetében. Mentsük el a képet a „File > Save” menü segítségével .jpg formátumban vagy psd formátumban:

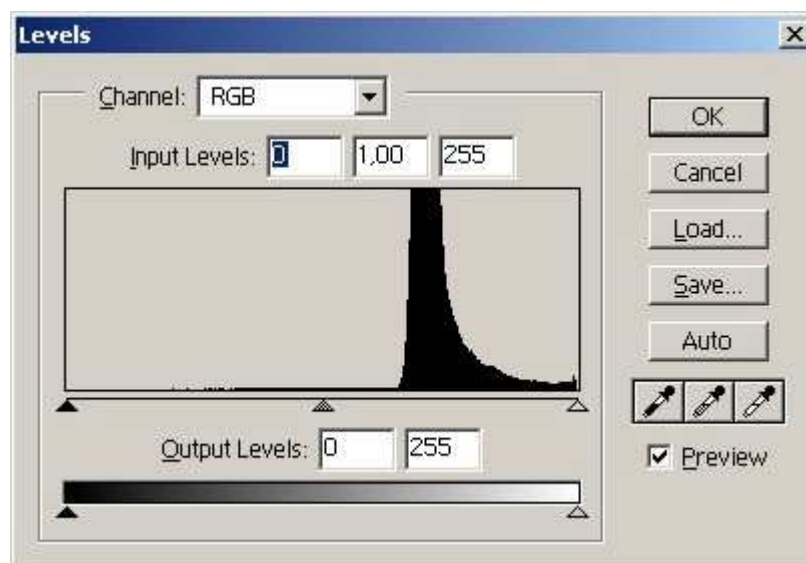
> *savepsd2 képnév*

Photoshopban a psd formátumú file „érdekesen” nézhet ki, ez annak köszönhető, hogy az Iris és a Photoshop máshol kezeli a fekete színt. A Levels parancs segítségével ezt korrigálni lehet.

Photoshop

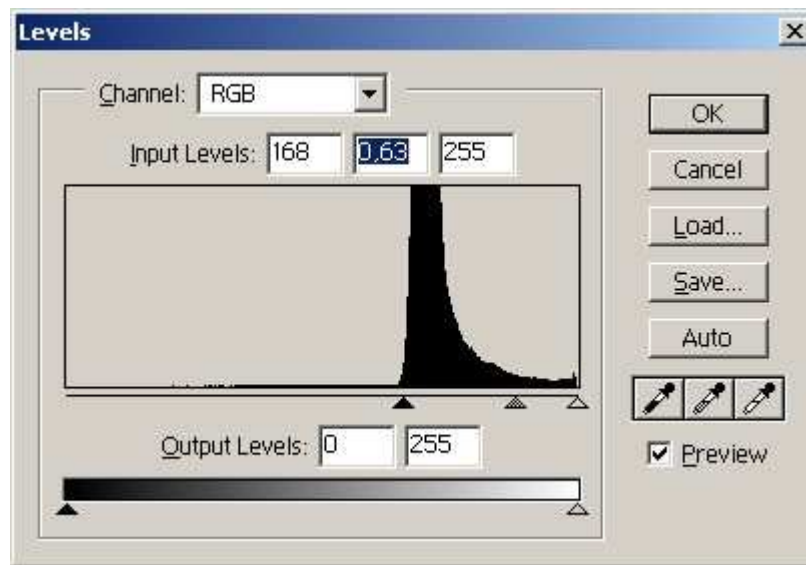
A képek összeadása és sötétkép levonás után még nincs vége a feldolgozásnak. Az előállított kép további korrekciókra szorul. Mindezt a népszerű Adobe PhotoShop segítségével mutatjuk be, de természetesen más programok is használhatóak (akár a Deep Sky Stacker). A lentebb leírt elnevezések csak tájékoztatásul szolgálnak, más verziókban másképp nézhetnek ki a menüpontok.

Töltsük be az Iris-sel vagy Deep Sky Stacker-rel feldolgozott képet, majd az Image > Adjust > Levels menüben tekintsük meg a hisztogramját.



A digitális mély-ég fotózás alapjai

A hisztogram alatti kicsi csúszkákat állítsuk a lentiek szerint. Játszadozzunk bátran a beállításokkal, azonnal látni fogjuk a beállítások eredményét. Észrevehetjük, hogy a háttér sötétítésével a finomabb részletek is elvesznek: meg kell találni azt a kompromisszumot, ahol kellően sötét a háttér, de még látszanak a finom részletek. Több felvétel feldolgozásával és/vagy hosszabb expozíciókkal lehet javítani ezek kontrasztját.



További "játéklehetőségünk" is adott a kép módosítására: keressük meg az 'Image > Adjust > Hue/Saturation' beállítást, itt a színtónust ill. a színtelítettséget szabályozhatjuk. Az 'Image > Adjust > Color Balance' menüben a színegyensúlyt módosíthatjuk: pl. hozzáadhatunk/elvehetünk a kék színekből. Az 'Image > Adjust > Brightness/Contrast' beállítást is érdemes kipróbálni. Látható, hogy a Photoshop a képmanipulálás széles tárházát biztosítja, kísérletezzünk bátran! Felmerül a kérdés, mikor kész a kép. A válasz erre egyszerű: akkor amikor elnyeri tetszésünket.

A könnyebb kezelhetőség érdekében célszerű átméretezni a képet, mondjuk 1024x768-as felbontásúra, majd elmenteni jpg formátumra. (Ne felejtjük el ehhez előtte az 'Image > Mode > 8 bits/channel' opciót kiválasztani.) Az eredeti tiff formátumú filet is tartsuk meg, ha legközelebb szeretnénk képkorrekciót végezni, nem kell legelőlről kezdeni a feldolgozást.

A digitális mély-ég fotózás alapjai

Asztrofotózással foglalkozó leírásunknak ezennel végére értünk. Bízunk benne, hogy sikerült hasznos és új információkkal szolgálni.