



CCD technika

AmaKam-facsaró

Sok szép éjszaka eltelt azóta, hogy első CCD-kamerás élményeimről, tapasztalataimról beszámoltam a Meteor hasábjain. Akkor azt írtam: „vezetett felvételeket pedig nem akarok készíteni”. Töredelmesen be kell vallanom, hogy ez nem így történt. Ahogy készültek sorra a felvételek, ott motoszkált a kíváncsiság, hogy mennyivel több, illetve halványabb részletet lehetne meglátni a felvételeken, ha nemcsak több, hanem hosszabb integrációjú képet rakosgatnék össze. Ugyebár az közismert, hogy több felvétel összeadásával az elérhető határmagnitúdó is növekszik. Sajnos az összeadásra kerülő felvételek számával ez nem lineáris, hanem inkább négyzetes összefüggésben áll. Persze így nemcsak a hmg szempontjából tudunk értékesebb képet nyerni, de a kész kép is simább lesz, a zajunk csökkeni fog.

Nem kívánok tudományosan belemerülni a témába, inkább a saját tapasztalataimat, észrevételeimet és persze az élményeimet osztanám meg az olvasókkal.

A technikai feltétel részben adott volt, hiszen a 10 cm-es objektív mellett ott van felszerelve az addig keresésre használt 5 cm-es Zeiss-lencse is. Szálkeresztes okulárral ezt lehet vezetésre is használni. Furcsa helyzetet talán csak az teremtet, hogy műszaki okokból a távcsöveket hordozó platformon a vezetőknek a felfogatása fix, míg a főtávcső kapott helyet az állíthatóságot biztosító háromcsavaros gyűrűkben. A két távcső egymáshoz képest történő elállítására azért van szükség, mert a legritkább esetben van a rögzíteni kívánt objektum szűk környezetében olyan fényességű csillag, amely vezetésre alkalmas. Így a főtávcső a célobjektumra van állítva, míg a vezető egy a közelében (pár fokos) található fényesebb csillagra. Ezt a módszert az asztrofotósok jól ismerik, bár ott a nagyobb látómező miatt a helyzet kevésbé kiélezett.

Ha valaki esetleg nem tudná, a vezetésre azért van szükség, mert hosszabb integráció alatt az óragépes követés általában nem tudja a szükséges, néhány ívmásodpercen belüli pontosságot biztosítani. A vezetőtávcső (fókusznyújtással 160x-os) nagyítása elégséges a jó vezetéshez, ennél a nagyításnál a vezetőcsillag a légkör nyugtalansága miatt már gyakran végez rendezetlen ugrándozást.

A szerkezet továbbra is a Dán András által készített mechanikán van elhelyezve, mely óragépes, továbbá mindkét tengelyen elektronikus finommozgatással van ellátva, a vezetési korrekció lehetőségével. A mechanika jelen összeállításban kissé túl van terhelve. Ez, valamint az intenzív (sok-sok össze- és szétzereléssel járó) használat kopásokat okoz, ami a vezetésnél kellemetlen tud lenni. Pl. ellentétes korrigáló műveletnél a holtjáték legyőzése egyrészt megnöveli a követési „reakcióidőt”, másrészt a „biccenés” meg fog látszani a készülő képen. Ez a deklinációs tengelyen jelent igazán gondot, hiszen a rektaszcenzióban történő korrigálás csak sebesség-változással jár az állandóan működő óragép miatt. Ennek hatásait úgy tudom kivédeni, hogy a

pólusraálláskor kissé a pólus mellé célzok (néhány ívpercnnyire), így a szükséges korrekció mindig egyirányú, vagyis a „holtjáték” nem tud érvényesülni. Emiatt ugyan kismértékű képmezőforgás lép fel, de ez az alkalmazott rövid, 600 mm-es fókuszm miatt, valamint a max. 15 perc integráció alatt még nem látszik meg a képen. Részben az előbbieket miatt a mechanika precíz kiegyensúlyozását sem veszem túl komolyan. A kábelek, vezetékek nincsenek tengelytől tengelyig végigvezetve a szerkezeten, hanem lelőgnak a saját „esésüknek” megfelelően, persze annyi plusszal, ami a várható vezetés ideje alatt még nem okoz „fennakadást”. Így mindkét tengely mentén szinte csak egyirányú korrekciókat kell végezni, leegyszerűsítve a sötétben való ténykedést. Tehát esetemben a kismértékű egyensúlyhiba inkább előny, mint hátrány.

Az objektumok beállításához, vezetősillag kereséshez saját készítésű térképeket alkalmazok. Ezeket számítógépes programok segítségével lehet nyomtatni. Sajnos a kereskedelemben kapható térképek sem határmagnitúdó, sem részletesség szempontjából nem felelnek meg. Először a keresőtávcső segítségével, kis nagyítással (csillagról csillagra) megkeresem a kiválasztott „vezetősillagot”. Általában 8^m - 9^m -ig alkalmasak a csillagok vezetésre, de az utóbbi esetben igencsak erőltetni kell a szemet. A megtalált csillagot okulárcsere után beállítom a megvilágított szálkereszt oklár szálkeresztjére.

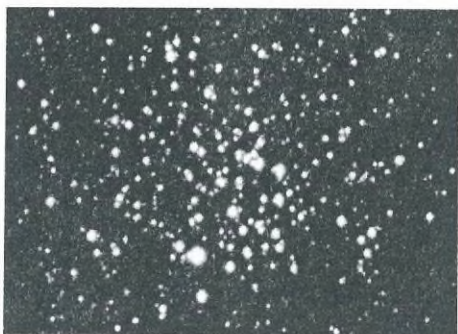
Ezután a CCD kamera helyére egy prizma közbeiktatásával okulárt téve, a főtávcsőben megkereshető és középre állítható a megörökíteni kívánt objektum. Ehhez az állítócsavarokat használom, amelyek a főtávcsövet a tartógyűrűkben rögzíteni is tudják. Ilyenkor figyelembe kell venni, hogy a nehéz kamera jobban lehajlítja a kihuzatot, mint az okulár. Ezután visszatéve a kamerát általában lehet kezdeni a képek letöltését. Ilyenkor már az objektumnak, vagy egy részének látszania kell a képen. Az eltervezett „kép kivágás” további finomállításokkal elérhető, bár itt könnyű rossz irányban állítani a csavarokat. Meg kell tanulni, melyik csavar milyen irányban hat a képre. Az első időben ez kissé nyűgös volt, de a későbbiekben teljesen automatikussá vált. Nem szabad elfelejteni, hogy időnként ránézzek a szálkeresztre. Ott van-e még a vezetősillag. Ha esetleg nincs, akkor az elektronikus finommozgatással utánállítom, majd folytatom az objektum beállítását. Az általam használt kihuzat fókuszlálás után rögzíthető, ezért az egyszeri alapos élesreállítás után, a kamera le-, ill. felszerelése nem igényli az újbóli fókuszlálást, amire én az objektív elé helyezett kétfuratú takarólemezt használom. Ha mindennel készen vagyunk, kezdődhet a felvétel. A vezetősillag a szálkeresztben van, vagy „el van dugva” a szálkereszt mögé. Ha valamelyik irányban kibukkan, akkor ellentétes irányú korrekcióval visszabújtatjuk. Itt rövid gombnyomások kellene, ne szaladjunk túl. Meg kell különböztetni a követésből adódó hibát, a légkör nyugtalansága miatti csillagmozgástól. Ez utóbbi gyors ugrabugrálásban nyilvánul meg. Ezt úgysem lehet „lekövetni”, ne is foglalkozzunk vele. Vezetés közben, időnként a monitoron lehet ellenőrizni az integrációs idő múlását, valamint a hőfok változásait.

A CCD-kamera bizonyos szempontból hasonlóan működik, mint a hagyományos film. A távcső fényerejének változása, az integrációs idő növekedése a chip erősebb megvilágítását eredményezi, vagyis a hmg növekedni fog. Lehet számolgatni, bár a távcső adott, az idővel tudunk játszani. Ha az eddig általában használt 1 perces integrációs időt elkezdjük növelni 2,5; 6,25; vagy 100 percre, (a csillagászati fényrend fényesség-értékeinek megfelelően) az elért határfényesség is 1; 2; vagy 5 magnitúdóval fog változni. Ez szép is lenne, a valóság persze ennél prózaibb. A zaj, a hőmérséklet,

vagy egünk határfényessége egymással összedolgozva, de mindenképpen ténykedésünk ellen hatnak. Hogyhogy az egünk határfényessége? Hiszen olvashattuk számtalanszor, hogy a CCD a városi emberek technikája, városi ég mellett is lehet szép felvételeket készíteni. Az égi háttér (a háttér fényességét) csak le kell vonni a képből. Valóban ez igaz is, az általában megszokott rövid integrációk esetén. Városi ég-falusi ég, mindkettőnek van egy jellemző értéke, melyet mint egy falat nem lehet átörönni. Hiába növeljük a képeink darabszámát, ill. az integrációs időt, hiszen egyszer be fognak telni a hasznos jelet befogadó pixelek, főleg a képre kerülő fényesebb csillagok által megvilágítottak, sőt túl is csordulnak, míg az égi háttér okozta jelek összeadása miatt a többi pixel is egyre inkább telítődik. Le fog csökkenni a képünk dinamikája, a háttér pedig — mint a fotózásnál a fátyol — kezd a nyakunkra nőni. Hiába vonjuk itt már le az égi háttérrel, ha nem marad hasznos jel sem, mivel ez a levonás minden pixelre azonos mértékben hat. Ez azt is jelenti, hogy nem lehet a végtelenségig növelni az időt, vagy az összeadandó képek darabszámát.

Ez ellen csak passzívan tudunk tenni. Ki kell várnunk a legjobb átlátszóságú eget az észlelőhelyünk felett, hogy a maximumot ki tudjuk belőle és technikánkból facsarni. Persze az sem árt, ha a légkör nyugodtsága is kiváló, hogy minél kevesebb pixelre „kenődjön szét” egy-egy halvány csillagról, vagy a célobjektumról érkező gyenge fényesség. E két utóbbi feltétel persze igen ritkán tud egyszerre teljesülni.

Az égi háttér jellemző határfényessége magnitúdó/négyzetív másodpercben kifejezhető. Távcsoátmérő növelésével az elérhető hmg-növekedés kiszámolható, de függ a távcso fényerejétől is.



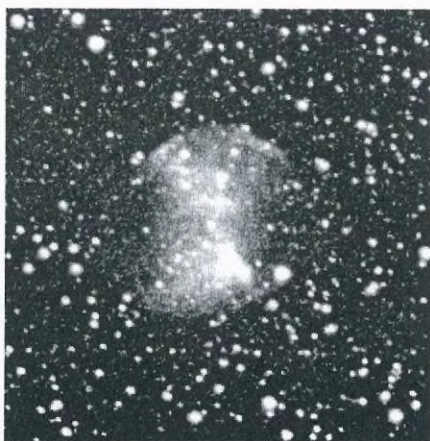
Az M52 nyílthalmaz (balra)
és az M101 galaxis (jobbra)



Zaj: Felvételünk szempontjából az égi háttér okozta jel is zajnak minősíthető, hiszen kitévő ellen hatva, a hasznos információt igyekszik előlünk „elrejtteni”. Fizikailag persze nem zaj, mivel valódi fény érkezik a chipre, így jogosan kelt jelinformációt. Az más kérdés, hogy nemigen van rá szükség. A valódi zaj magában a chipben és a feldolgozó elektronikában termelődik. Mivel túlnyomórészt termikus eredetű,

így a hőfokkal fordított arányban áll. E zaj(ok) csökkentése végett szokás a csillagászati CCD-ket hűteni. Az AmaKam egyfokozatú Peltier-elemes hűtéssel rendelkezik. A „vállalt” 25 °C hőfokkülönbséget (külső környezethez viszonyítva) a kamera „tudja”, sőt néhány fokkal túl is teljesíti. Normál esetben 1–2 perces integrációknál ez elégséges. Nyári éjszakákon is -10 °C körüli chiphőmérséklettel lehet képeket készíteni. De ha hosszabb integrációk felé kacsingatunk, nem árt tudni, hogy a termikus zaj is (esetleg már néhány perc után) „elviszi” a képet. A chip a saját zajába „fullad”. Nem képet kapunk, hanem függőleges csíkokat. A tervezett integráció meghatározásakor mindenképpen tekintettel kell lenni a külső környezet hőfokára is. Ilyen szempontból előnyt élvez a zord téli időszak, amikor az ember nem szívesen görnyed a vezetőtávcső okulárja fölé. Persze valamit, valamiért. Ez az időszak alkalmas a hosszabb integrációjú vezetések készítésére.

Persze a hőfokot és az égbolt fényességét itt együtt kell figyelembe venni. Én maximum 12 perces (sikeres) vezetéseket készítettem, ehhez -25 °C, vagy ez alatti chiphőmérséklet kellett. E fölé csak egy-két esetben sikerült jutnom, de ez már bizonytalan. Persze ehhez a külső, esetenkénti -10 °C-os hőmérsékletet itt el kell tudni viselni. 10 perces integrációhoz -17 °C elég, 5 perceshez -13 °C, míg 3 perceshez -8 °C.



Az NGC 4565 galaxis (balra) és az M27 planetáris köd (jobbra)

Volt olyan helyzet, hogy az elérendő leghalványabb részlet miatt kellett 3–4 perces felvételek, de a külső hőmérséklet ezt nem tette volna lehetővé. Ilyenkor meg kellett oldani a kamera hűtésének „második” fokozatát. Ez egyszerűbb esetben a kameratest legyezésével is megoldható volt. Más kérdés a helyzet komikus és farsztó mivolta. Egy szemmel a vezetőcsillag rezdüléseit lesve, a fülem mellett levő kameratestet egy kartondoboz fedelével (amely a sötétkép készítés segédeszköze) úgy legyeztetni, hogy véletlenül se üsse meg. Szóval a sötétség leple alatt ez megoldható volt, de egyben abszurd is. A későbbiekben a „jégkockás” megoldás dominált. A kameratestet műanyag tasakba pakolt jégkockákkal, végül egy törölközővel körbecsavarva 1–2 üdvös °C-t lehetett nyerni, ami már elég volt a kívánt feladathoz. Persze ez csak átmeneti megoldás. A profi és drága kameráknál a többfokozatú hűtés a fenti kínlódást kiváltja.

Sötétkép: Míg egyszerű felvételeknél elég néhány képenként egy-egy sötétképet készíteni, a vezetett felvételeknél bonyolultabb a helyzet. Mivel a hűtés nem rendelkezik hőfokszabályozással, felvétel és sötétkép készítésekor a hőmérséklet egy kép alatt is jelentősen (>1 °C) változhat. Ezért folyamatosan figyelni kell a chip hőfokváltozását-, ill. a változás tendenciáját, hogy megfelelő sötétkép is készüljön hozzá. Kéresekre István megoldotta, hogy az integráció alatt is kijelzésre kerüljön a hőfok, ami nagy segítség volt. Persze minden egyes felvételnél a hőfokértékek és a változásaik is feljegyzésre kerültek, ami a szobai munkánál segített megfelelő sötétkép párosításnál. A kamerát vezérlő program lehetővé teszi az előzőleg készített sötétkép kivonását a későbbi képekből. Az általában este megkezdett kamerázásra a hőmérséklet fokozatos és jelentős mértékű csökkenése a jellemző. Viszont a kivonandó sötétképnek vagy azonos, vagy kissé hidegebb hőmérsékletűnek kell lennie, mint a tényleges képnek. Különben a „többet akarnánk kivonni, mint ami van” alapon rossz képet kapunk. Ezért az a furcsa helyzet áll elő, hogy minden képből az időben utána felvett sötétképet kell kivonni, ami csak utólag, a szobai munkánál lehetséges. Ha mégis kíváncsiak vagyunk az ég alatt a produktumunkra, a legyezgetős „póthűtést” kell segítségül hívni. A kamerát túlhűtve kell egy sötétképet felvenni és eltenni, majd néhány percet várva (a hőfok visszaálltáig) lehet a „nézendő” képet elkészíteni.

Néhány mondat az elérhető határmagnitúdóról is essék. Mivel a képeimet nem fotometráltam, így a közölt értékek csak tájékoztató jellegűek. Viszont az összehasonlítás céljának megfelelnek. Az USNO katalógus V fényességértékeinek felhasználásával, a leghalványabb, még azonosítható csillagok magnitúdóját adom meg.

1db 1 perces integrációval $15^m,5$, míg 10 db 1 perces kép összeadásával $16^m,5$, amit elértem. Vezetésnél 1 db 3 perces kép $17^m,2$; 1 db 5 perces kép $17^m,5$; 1db 10 perces kép $18^m,2$ -t eredményezett. Több kép összeadásával (egyenként 3–10 perc közötti integrációk) 1 órányi összidő $18^m,8$; míg 5 órányi összidő $19^m,2$ -t jelzett.

Egyértelműen látszik, hogy bizonyos idők után a kezdeti jelentős változás lelassul, a befektetett többletmunka szinte alig okoz változást. Ez egyrészt azt jelenti, hogy gazdaságosan 30–40 perc összidőnek van reális értelme, másrészt pedig azt, hogy a sok órás összeintegráció nem igazán hoz többletet, hiszen elértük azt a határt, amit észlelőhelyünk átlátszósága, nyugodtsága, távcsövünk, valamint kameránk adottságai megengednek. Ez nagyjából az ég határfényességének felel meg.

A fenti módszerrel, bár sok időt töltöttem el, csak kevés objektumot sikerült kameravégre kapni. Ezek főleg az aktuális időszak szupernóvái, melyekről már jelentek meg képek a Meteor korábbi számaiban. A jelen cikkben bemutatott képek közül az M52 még a hagyományos módon, 1 perces expozícióval készült. A másik végletet a 10 perces vezetésekből összerakott képek jelentik, ezek 4–4 felvétel összegei (ilyen pl. az NGC 4565), az utóbbinál az alsó-, és a felső rész is 4×10 perc, melyek később lettek összemontírozva.

A fenti leírás alapját 46 különböző este végzett vezetés tapasztalata képezi. Ez idő alatt közel 50 órányi vezetett kép és a hozzá tartozó 25 órányi sötétkép készült. Ez a teljes 1999-es évben végzett CCD-s ténykedésem. Ha a leírásból valaki számára nem is derült ki, ez kedvcsináló kívánt lenni, hiszen így sikerült ezzel a kis számmal az inkább csak a szakcsillagászok által elérhető, 17^m alatti „szférákba” bejutnom.

Remélem, sikerült azok számára is hasznos információt adni, akik csak most kacérkodnak a CCD-s technika kipróbálásával. Az esetleges kérdésekre szívesen válaszolok.

BERKÓ ERNŐ