

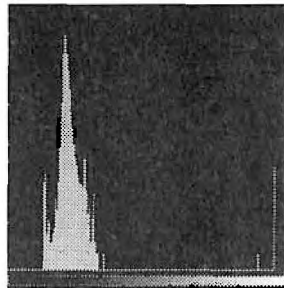


CCD technika

CCD alapismeretek IV.

A kamerából kiolvasott kép első megjelenése a monitoron általában nagyon lehangoló. A „nyers” képből azonban viszonylag egyszerű módszerekkel előcsalogatható az információ, sőt, bizonyos szempontokból fontos részletek tetszés szerint kihangsúlyozhatók, vagy elnyomhatók.

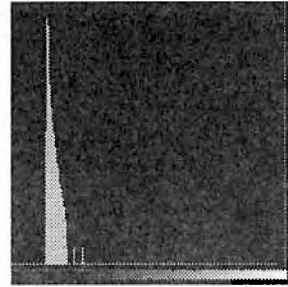
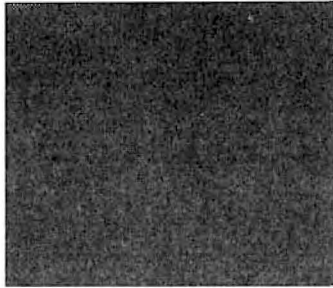
Az egyes eljárások könnyebb értelmezése végett használjunk egy segédeszközt. A *hisztogram* egy olyan grafikon, melynek vízszintes tengelyén a fényességértékek szerepelnek (pl. 12 bites kép esetén 0–4095 értékek között), a függőleges tengelyen pedig a pixelek száma. Vagyis a hisztogramról egyszerűen megállapítható, hogy egy adott fényességértékkel hány db képpont rendelkezik.



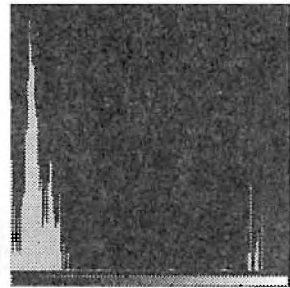
1. ábra. 60 s integrációs idővel készült „nyers” CCD kép az M1-ről

Az 1. ábrán egy, az M1-ről készült kép látható, mellette a kép hisztogramja. Utóbbin jól látszik a fényes csillagok okozta néhány vonás a jobb oldalon, míg a legtöbb pixel 1000 körüli intenzitással rendelkezik. (A kép 12 bites, azaz 4096 szürkeárnyalatot lehet rajta megkülönböztetni.) Egy hasonló körülmények (azonos integrációs idő, hőmérséklet) között készült sötétkép és hisztogramját mutatja a 2. ábra. Ennél a felvételnél nem érte fény a CCD chipet, a jól látható jel — 700 körüli intenzitással — a már sokat enlegetett sötétáram eredménye.

Ha az utóbbi képet levonjuk a nyers képből, vagyis kivonjuk a két képen az egymásnak megfelelő pixelek intenzitását egymásból, akkor már előtűnnek a Rák-kód körvonalai (l. 3. ábra). A hisztogramokon jól látható, hogy így a sötétáramból a képhez adódott intenzitás eltűnt, „tisztán” az objektum fénye által rajzolt kép látszik (bár még elég gyengén).



2. ábra. 60 s integrációs idővel készült sötétkép



3. ábra. Az 1. ábrán látható kép a sötétkép levonása után

Ezt az eljárást nevezzük *sötétkép-korrekciónak*. Formalizálva, a kész kép minden egyes pixelének $I(x,y)$ intenzitásából levonva a sötétkép megfelelő pixelének $D(x,y)$ intenzitását kapjuk a korrigált kép pontjainak $I'(x,y)$ intenzitásértékeit:

$$I'(x,y) = I(x,y) - D(x,y).$$

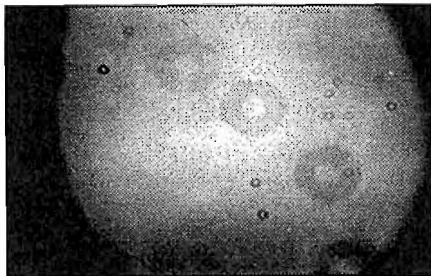
Mivel a sötétzaj eloszlása véletlenszerű, ezért a nyers kép egy adott pixeléhez az integrálás alatt hozzáadódó sötétáram nagysága mindig más és más, illetve két sötétkép sem lesz egyforma. Így egyetlen sötétkép levonása nem jelenthet teljes korrekciót. Sokkal jobb eredményre jutunk, ha egy olyan képpel korrigálunk, ami több, N db sötétkép átlagából készült. Vagyis az átlagolt sötétkép egy pixelének intenzitását a

$$D(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^N D_i(x,y)}{N}$$

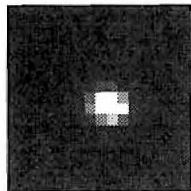
formula adja. Fontos, hogy a sötétképeket az objektumról készült képekkel azonos körülmények között készítsük, lehetőleg közvetlen azok előtt vagy után!

Már volt róla szó, hogy az egyes pixelek érzékenysége különböző lehet, illetve a chipre került porszemek, az optika hibái is zavarják a pontos képpalkotást. Az ebből

adódó fényességkülönbségek, furcsa alakzatok nemcsak esztétikailag rontják a képet, de a pontos méréseket is lehetetlenné teszik.



4. ábra. Egy jellegzetes flat-field kép



5. ábra. Egy csillag alakja a CCD képen

Ezen a problémán segít az ún. *flat-field korrekció*. Ehhez egy egyenletesen megvilágított felületről kell egy képet készíteni, illetve többet, és ezeket a sötétképhez hasonlóan átlagolni. (Megfelelő célpont lehet a szürkületi ég, vagy egy sűrűn szótt selyem egy lámpával megvilágítva.) Célszerű nem túl rövid integrációs időt alkalmazni, ugyanis ekkor a pixelek tényleges érzékenység-különbségét kevésbé „nyomja el” a sötétáram véletlenszerű eloszlásából adódó egyenetlenség (utóbbi ugyanis hosszabb idő alatt kiátlagolóódik). Fontos továbbá, hogy a legfényesebb képpontok intenzitása nem lehet nagyobb, mint a dinamikai tartomány, azaz ne „égjen be” egyetlen képpont sem. Figyelniünk kell arra is, hogy ha bármi változás történt (pl. elmozdítottuk a kamerát, más optikát használunk, megtisztítottuk az optikát stb.), akkor münidig készítsünk új flat-field képeket, amiket felhasználás előtt szintén korrigálni kell az azonos körülmények között készült sötétképekkel!

A flat-field képek egy pixelének intenzitását $F(x,y)$ -nal jelölve, a már sötétképpel redukált kép egy pixelének intenzitását pedig $I'(x,y)$ -nal jelölve a teljesen korrigált kép egy pontjának fényessége:

$$I''(x,y) = \frac{I'(x,y)}{F(x,y)} K,$$

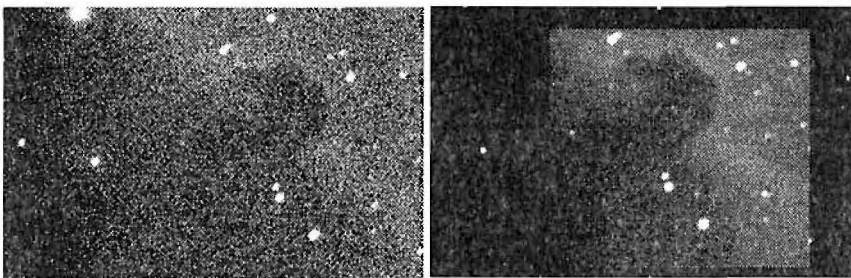
ahol K a flat-field kép átlagos fényességértéke (K = az összes pixel intenzitásának összege osztva a pixelek számával). Tehát minden képpont fényességét elosztjuk a flat-field kép megfelelő pontjának fényességével, s megszorozzuk az így kapott értéket egy K állandóval, amit az előbb megadott módon számolhatunk ki. Így azok a képpontok, amelyek valamilyen hiba folytán halványabbak a nyers, még feldolgozatlan képen, azok intenzitása megnő. Ezekhez a pontokhoz ugyanis a flat-fielden is kisebb intenzitás tartozik, s így kisebb számmal osztunk, a fényesebb képpontoknál pedig pont fordítva.

Ez a két eljárás könnyen megoldható egy kisebb teljesítményű számítógéppel is, és elvégzésük szinte minden képnél elengedhetetlen. Kivétel a rövid integrációs idejű (néhány másodperc, néhány tizedmásodperc) hold- és bolygóképek, ahol a sötétképek levonására nincs szükség. A flat-field korrekciót azonban itt is ajánlott elvégezni! Abban az esetben, ha felvételeinket pontos mérésekhez (pl. fotometria) akarjuk használni, akkor semmilyen más további „beavatkozást” nem szabad elvé-

geznünk a későbbiekben ismertetésre kerülő módszerek közül, ugyanis ezek már hamis információkat szolgáltathatnak!

A CCD technikában a digitális képfeldolgozás rengeteg eljárása használatos. Ezek közül most megismerkedünk néhány alapvető és hasznos „trükkel”. A főnti korrekciók még általában a kamerát vezérlő szoftverrel elvégezhetők, de a többi eljáráshoz szükség van ún. *képfeldolgozó programokra*. Több, kimondottan csillagászati célokra kifejlesztett képfeldolgozó program is forgalomban van, az egyszerűbbektől a komplex, majdnem mindent tudó programcsomagokig. Itt elsősorban olyan eljárásokkal foglalkozunk, amiket más, „földi” célokra készült szoftverek is képesek megoldani (pl. a sokak által jól ismert Photoshop és társai), de röviden érintjük azokat is, amelyek már komolyabb számításgéniyek és csak speciális szoftverekkel végezhetők el.

Előfordul, hogy valamilyen oknál fogva (vezetési hiba, a sötétáram egy idő után telítésbe viszi a pixeleket stb.) nem tudunk egy bizonyos időnél hosszabban integrálni egy képet. Ezen a képen viszont csak alig látszik a kívánt objektum. Ilyenkor segít, ha több képet készítünk, és ezeket összeadjuk. Az összeadásnál figyelmünk kell arra, hogy pozícióhelyesen illesszük össze a képeket. És ez most nem azt jelenti, hogy az egymásnak „sorszám” szerint megfelelő pixeleket kell összeadni, hanem arra kell figyelni, hogy a megfelelő objektumok, a megfelelő csillagok kerüljenek fedésbe egymással. Ha pontos a vezetés, és több kép készítése után is minden csillag a „helyén maradt”, akkor a képeket egymáshoz képesti elcsúsztatás nélkül is összeadhatjuk. Gyakran előfordul azonban, hogy szükség van a képek kis mértékű „tologatására” (pl. ha a képek készítése közben meglöktük a távcsövet, hosszabb távon nem pontos a vezetés stb.). Ilyenkor legegyszerűbb, ha kiválasztunk egy minden képen szereplő csillagot, és megkeressük az ahhoz tartozó legfényesebb pixelt (a CCD képeken egy csillag alakja nem pontszerű, l. 5. ábra), és meghatározzuk ennek pozícióját. Ugyanezt meg tesszük a többi képnél is, majd az összeadásnál annyival csúsztatjuk el a képeket, hogy a kiválasztott csillag legfényesebb pontja mindig fedésbe kerüljön. Az eredményt jól mutatja a 6. ábra.



6. ábra. A Lófej-ködről készült 60 s-os kép a sötétkép- és flat-field korrekció után, illetve 17 hasonló kép összeadásának eredménye

Ha a képek készítése során jelentősen „elcsúszik” az objektum a CCD „látómezijében”, akkor az összeadások után csak az a rész lesz használható, amít minden kép tartalmazott. S ha nem vagyunk elég ügyesek, könnyen lecsökkenhet a chip kis felülete miatt már amúgy is kicsi látómező, mint az a mellékelt képpárnál is jól látszik.

Folytatás a 35. oldalon!