

# Fotografikus asztrometria rövid fókuszú objektívekkel

## Bevezetés

A hivatásos csillagászok gyakran használják a fényképezést csillagok, kisbolygók, üstökösök és más égi objektumok pontos pozíciójának meghatározására. Ez az eljárás a fénykép precíz kimérését igényli, egy mikroszkópos leolvasási lemezkimérő berendezéssel, tipikusan  $\pm 0,001$  mm leolvasási pontossággal. A felvételek csaknem mindig üveglemez alapú emulzióra készülnek, a kép mérettartása végett. A megfelelően nagy lépték elérése céljából viszonylag hosszú fókuszú (5–20 m) asztrofotografikus refraktorok használatosak.

Habár alkalmanként kisebb távcsöveket — például nagy látómezejű Schmidt-kamérákat — is alkalmaznak pozíciómérésre, egyelőre nagyon kevés amatőr próbálkozott az asztrometriával. Ez a helyzet a közeljövőben várhatóan meg fog változni, mégpedig a következő okok miatt:

- új, jobb minőségű filmek megjelenése, mint pl. a Kodak Technical Pan 2415;
- A pozíciómérések redukciójához mikroszámítógépekre kifejlesztett programok alkalmazása;
- Hozzáértő amatőrök által készített, számítógéphez csatlakoztatható léptetőmotoros kimérőeszközök elterjedése.

A BAA (British Astronomical Association = Brit Csillagászati Egyesület) Kisbolygó Szekciója annak lehetőségét vizsgálta, hogy végezhető-e asztrometria 35 mm-es Kodak 2415 film és 300 mm-es fókuszú objektív alkalmazásával. A tapasztalatok két okból is különösen érdekesek lehetnek az amatőrök számára: először is, mert az ilyen rövid gyújtótávolságú lencsék könnyebben hozzáférhetőek számukra, másrészt, mert a normál, kazettázott tekercsfilm környen beszerezhető és egyszerűbben kezelhető, kidolgozható, mint az üveglemez. Ha kisebb műszerekkel is jóminőségű negatív készíthető, akkor mind több amatőr járulhat hozzá felvételeivel a 13–14 magnitúdós vagy fényesebb kisbolygók pályaelemeinek tökéletesítéséhez.

## Fényképezés

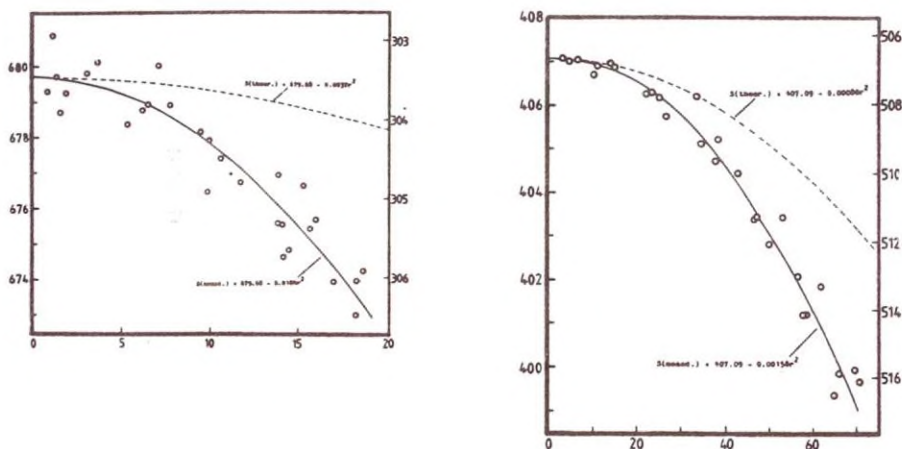
Az újonnan kifejlesztett nagyfelbontású fekete-fehér, 35 mm-es Kodak Technical Pan 2415 film új lehetőségeket nyitott a mély-ég fotózás terén. Ennek a pankromatikus negatívnak több tulajdonsága ideális asztrometriai célokra. Különösen nagy felbontóképességgel rendelkezik, amely kontrasztos objektumokra — mint amilyenek a lényegében pontszerűnek tekinthető csillagok — eléri a 400 vonal/mm-t. Továbbá a speciális ESTAR-AH filmhordozó nemcsak jó mérettartó, de úgy tervezték, hogy a kifejlődött csillagkép mérete minimális legyen. Ez azért lehetséges, mert a hordozó csak 0,1 mm vastag (ez fele a szokásos filmekének), és mert beépített 0,1-es háttérintenzitással, valamint festett gél fényudvarmentesítő réteggel rendelkezik.

Az elvégzett kísérlet során 4 felvéteit használtunk, amelyek a 15 Eunomia kisbolygóról készültek egy 4/300-as Taylor, Taylor and Hobson

lencsével. A fényképezőgép egy szovjet Zenit B volt, masszív ekvatoriális állványra szerelve. A film hiperszenzibilizálatlan Kodak 2415 volt, az expozíciós idő 15 perc. Ezen kívül egy ötödik fénykép is készült egy 6,3/500-as Ross Xpres objektívvel, Kodak 103a-F lemezre.

### A felvételek kimérése

A negatívokat diakeretbe szereltük a kényelmes kimérhetőség céljából. A 15 Eumonia kisbolygó derékszögű koordinátáinak meghatározásához a SAO csillagatlasz referenciacsillagait használtuk fel. A csillagok által a filmen létrehozott kép mérete tipikusan 20–50 mikron volt, a mikroszkópos leolvasású kimérőberendezés pedig 1 mikronos pontosságot tett lehetővé.



1–2. ábra. Egy 4/300-as Taylor, Taylor and Hobson lencse (balra), ill. egy 6,3/500-as Ross Xpres lencse (jobbra) leképezésének változása az optikai tengelyen kívül (hővebben l. a szövegben!)

A gyakorlatban a mérési pontosság a leképezett objektum természetétől függ. Általában nehéz megállapítani a fényes csillagok helyzetét, mert túlexponált képük meglehetősen nagy. A halványabb égitestek (különösen a film érzékenységhatárát 1–3 magnitúdóra megközelítők) viszont parányi, kompakt feketedést okoznak, ennek középpontja könnyen azonosítható. A Kodak 2415 filmre rögzített csillagok képei különösen könnyen kimérhetőek voltak, mert a kialakult feketedés egy rendkívül piciny, kondenzált magból és egy azt körülvevő halványabb halóból áll. Más negatívok — mint például a Kodak Tri-X vagy kisebb mértékben a 103a-F — sokkal szemcsésebbek, és a csillagokról kiterjedtebb, elmosódottabb képet produkálnak, nehezen azonosítható középponttal, lényegesen csökkentve így a precíz kimérés esélyeit.

## A kép léptéke

Minden síkba kifestített filmre készített fénykép bizonyos fokú torzítással rendelkezik, melynek oka részben geometriai (perspektivikus), részben pedig az objektív leképezéséből ered. A legtöbb fotografiai lencse hordós torzítást hoz létre, ami azt jelenti, hogy a fénykép léptéke (pl. ívmásodperc/mm-ben kifejezve) az optikai tengelytől távolodva növekszik. Minél rövidebb a lencse fókusza, annál jelentősebb a torzítás mértéke, ez is gondot okozhat, ha egy kis objektívet asztrometriára akarunk használni. A fényerős lencsék szintén jobban torzítanak, mivel viszonylag több optikai komponensből állnak. Meg kell itt jegyeznünk, hogy egy ilyen lencsén ebből a szempontból semmit nem segít, ha "leblendezzük".

A negatívtól származó torzítás elegendően kicsiny, így elhanyagolható a perspektivikus és az optikai torzítás mellett. Kísérleteink célja a kép léptékének meghatározása volt az optikai tengelytől való távolság függvényében. Erre a célra 32 db SA0-csillagot használtunk fel, amelyek elszórtan helyezkedtek el a 24x36 mm-es negatívon. Az 1. ábra mutatja a kapott eredményt egy 4/300-as Taylor, Taylor and Ross teleobjektív esetében: az ívmásodperc/mm-ben mért lépték (S) függését az optikai tengelytől mm-ben számított távolságtól (r). A szaggatott vonal az elméletileg, csak a perspektivikus hatás alapján számított görbe, a folytonos vonal pedig az optikai kép kimérésével kapott függvény. Ez empirikusan egy négyzetes összefüggéssel közelíthető:

$$S = 679,7(+0,2) - 0,018(+0,001) \cdot r^2.$$

A méréshez egymáshoz átlagosan 45 ívpercre lévő csillagpárokat használtunk fel. A látható szórás oka részben a csillagpozíciók bizonytalansága. A valószínűsége mért torzítás csaknem ötszöröse az elméletileg (geometriailag) számítottnak. A többlettorzítást a Taylor, Taylor and Hobson objektív konstrukciója okozza: az azt alkotó lencsék három csoportban helyezkednek el, melyek közül az egyik negatív fókuszu, ami lecsökkenti az objektív fizikai hosszát a gyújtótávolsághoz képest. A torzítás a látómező közepén a legkisebb, a belső 3,2 fokos tartományban a kép léptéke 0,1%-nál kevesebbet ingadozik. Kísérleteket végeztünk egy másik optikával, egy 6,3/500 mm-es Ross-objektívvel is, 102x127 mm-es 103a-F lemez felhasználásával. Hasonló jellegű összefüggés adódott a torzításra (2. ábra), mint az előző esetben:

$$S = 407,09(+0,1) - 0,00158(+0,00005) \cdot r^2.$$

A mért léptékváltozás most csak kétszerese az elméletileg számítottnak, vagyis ez a lencse kisebb hibát okoz. Ennek oka az objektív jobb konstrukciója (két egymástól távoli lencsecsoportból áll) és hosszabb fókusza. Ez az optika nagyobb szögtartományon ( $5,6^\circ$ ) belül biztosítja a lépték 0,1%-on belüli állandóságát. Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy mindkét objektív használható asztrometriára, feltéve, hogy a mérendő objektum az optikai tengelyhez képest  $1^\circ$ -on belül van, és ha több referenciacsillag is rendelkezésre áll annak 1-2 fokos környezetében. Ellenkező esetben bonyolult matematikai eljárásokra van szükség, hogy a kép nemlineáris torzításait figyelembe vegyük.

A csillagászati koordináták (RA, D) meghatározása a kimért fényképfelvételekből viszonylag könnyen elvégezhető feladat egy számítógép vagy egy programozható kalkulátor segítségével. Kísérletünkhöz négy fotót vettünk ala-

pul, melyek a már említett 300 mm-es objektívvel, különböző napokon készültek a 15 Eumonia kisbolygóról. A használt film 35 mm-es Kodak 2415 volt, a méréshez a SAO-katalógus csillagai szolgáltak referenciaként. A megfelelő adatredukció után kapott koordinátaértékeket elküldtük B. G. Marsdernek a Smithsonian Asztrofizikai Observatóriumba. (Ez az intézet foglalkozik a kisbolygóészlelések gyűjtésével és publikálásával.) Ő meghatározta mérésünk hibáját, erre átlagban 1,4 ívmásodpercet kapott. Ez kisebb mértékben a referenciaként használt csillagok helyzetének bizonytalanságából ered. Ezt úgy igyekeztünk csökkenteni, hogy minden méréshez a minimálisan szükségesnél több SAO-csillagot használtunk, így ezek pozícióhibái kiejtik egymást. A hiba nagyobb része a fényképkimérő-berendezés leolvasási pontatlanságából (+2 mikron) származik.

Megjegyezzük, hogy a pontosság tovább növelhető hosszabb fókuszú objektívek alkalmazásával. Asztrometriai célokra az optimális érték 800—1200 mm. Egy ilyen távcső amatőrök által még viszonylag masszívan megszerelhető. Látómezeje — normál 24x36 mm-es film esetén — 2,5x1,7, illetve 1,8x1,2 fok. Egy ekkora égtartományban átlagosan 12—25 SAO-csillag található, ez elegendő megfelelő pontosságú (kb. 0,5 ívmásodperc) pozícióméréshez.

Összefoglalva megállapítható, hogy egy jól felszerelt amatőr, közepes méretű (300—1200 mm) objektívvel eredményesen próbálkozhat asztrometriával, a következő feltételek szem előtt tartásával:

- Nagy felbontású film (pl. 2415) alkalmazása
- A negatívak 0,002 mm pontossággal kimérhetők
- Legalább négy vagy öt (ha lehet, még több) referenciacsillag áll rendelkezésre
- Csak jó minőségű, vezetési hibától mentes felvétel használata.

A. HOLLIS, D. MCADAM, R. MILES  
(J. Brit. astron. Assoc 1986, 96, 3 — ford. Spányi P.)

## Könyvajánlat

Clyde W. Tombaugh—Patrick Moore:  
A sötétség bolygója.  
Budapest, 1989. Gondolat, 169 o.,  
85 Ft.

Ismét egy jó csillagászati könyvvel örvendeztette meg a Gondolat Kiadó az amatőröket és a csillagászat kedvelőit. Az amatőröként indult Tombaugh érzékletesen írja le az "X bolygó" utáni kutatás hallatlan nehézségeit, technikai részleteit és a Lowell Observatórium 30-as évekbeli állapotát. A műszerek ismertetése amatőr szempontból különösen érdekes, bizonyára sokakat meglep, hogy eleinte milyen sok problémát jelentett a pontos vezetés egy olyan híres intézményben, mint a Lowell Observatórium. A blink-komparátorral folyó munka leírása el-

sősorban azok számára érdekes, akik az égbolt rendszeres átvizsgálásával foglalkoznak.

A Plútó felfedezésének történelmi háttéréről Patrick Moore ír, számos korabeli dokumentumot felhasználva. Különösen hasznos James W. Christy, a Charon felfedezőjének előszava. (Nyilván a hosszú nyomdai átfutás miatt nem eshetett szó a könyvben a Plútó múlt évben felfedezett atmoszférájáról.)

Kár, hogy nagyon kevés ábra, fénykép színesíti a kötetet. A magyar olvasó számára sovány vigasz, hogy az eredeti, gazdagon illusztrált kiadásban minden fontosabb szereplő arcképe szerepel, s láthatjuk Tombaugh első házi készítésű távcsövet csakúgy, mint azt a 33 cm-es asztrográfot, mellyel világraszóló felfedezését tette...