



# CCD technika

## Színhelyes CCD-képek készítése

### A színhelyesség problémája

Az emberi szem színérzékelése a szem–agy rendszer összetett, nemlineáris működésének eredménye. Még normál körülmények között is az egyes emberek valamelyest különbözőképpen látják a színeket. Mindemellett, mivel a szem vörös, zöld és kék receptorainak különböző az érzékküszöbük, a színérzékelés a megvilágítottságtól is nagyban függ. A legtöbb csillagászati objektum megfigyelése esetén a rendkívül alacsony megvilágítottság miatt az emberi szem szinte egyáltalán nem lát színeket. Ennek következtében a mély-ég objektumoknak a Földön, nappali fénynél megszokott látványhoz hasonló megjelenése szokatlan számunkra. Noha egyes objektumok valóban színesek, mi nem látjuk ezeket színekkel telieknek.

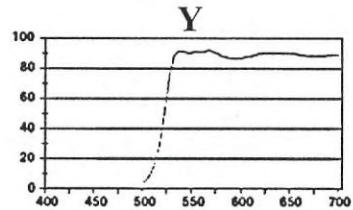
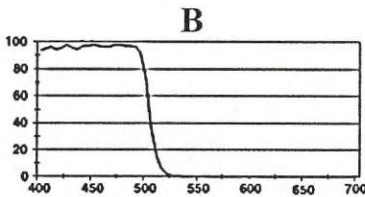
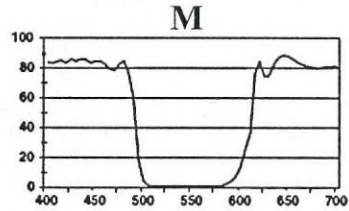
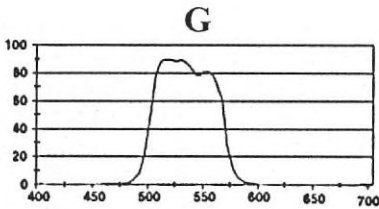
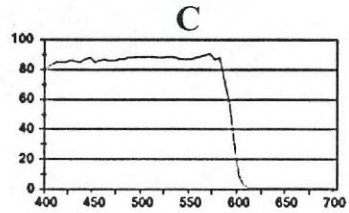
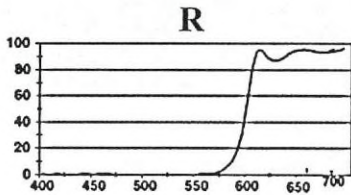
A mély ég objektumok színeinek „észleléséhez” színes fotóemulzióra készített, hosszú expozíciójú fotókra vagy színszűrőkön keresztül integrált CCD-felvételekből összekombinált képekre van szükségünk. Ez utóbbi módszer, mivel a felvételek szokványos személyi számítógépeken is feldolgozhatók, az utóbbi években rendkívül népszerűvé vált. Mindazonáltal, a hagyományos színes kép készítés régi problémája ugyanúgy felmerül, nevezetesen: a vörös, zöld és kék felvételek milyen arányú kombinációja produkálja a legpontosabb színeket?

A hagyományos RGB (vörös, zöld, kék) szűrőkészlet a fényt megközelítőleg a szem színérzékelésének megfelelő három hullámhossz-tartományra osztja. Ezek általában: 6000–7000 angström a vörös, 5000–6000 angström a zöld és 4000–5000 angström a kék színeket jelentik. Az ilyen szűrőrendszer nagyon jól működik a folytonos színképű napfény által megvilágított témák esetén. Azonban a csillagászati felvételek készítése során a földi témáknál ritkán előforduló kihívásokkal találjuk szembe magunkat. A fényforrások gyakran diszkrét színképvonalakból állnak, pl. a csillagászati felvételek legizgalmasabb célpontjait jelentő emissziós és planetáris ködök fényének nagyobb része néhány színképvonalra koncentrálódik.

Amennyiben az RGB szűrőrendszer „áteresztő ablakai” nem érnek össze, fontos színképvonalak veszhetnek el a köztük lévő résekben. Egy figyelemre méltó példa a csillagászatban különösen fontos, kétszeresen ionizált oxigén [OIII] 5007 angströmös vonala, ami az RGB szűrőrendszer kék és zöld szűrői közötti, alig fedett osztásba esik.

A fenti problémára a CMY (encián, bíbor, sárga) szűrőrendszer kínál megoldást, mivel e rendszer tagjainak áteresztő ablakai éppen az RGB rendszer áteresztő ablakaiból képzett párokból állanak. Ezeknek az áteresztő ablakoknak *lényegesen nagyobb az átfedése*, mint az RGB rendszer esetében. Az encián szűrő például áteresztí az RGB

rendszer kék és zöld szűrője által átengedett hullámhosszokat, a bíbor a kék és vörös, míg a sárga a zöld és vörös sávokat.



Az RGB rendszer szűrőinek áteresztése százalékban megadva, a hullámhossz (nm) függvényében (balra) és a CMY rendszer szűrőinek áteresztése százalékban megadva, a hullámhossz (nm) függvényében (jobbra)

Mivel a CMY szűrőrendszer minden egyes tagja az RGB szűrőkénél nagyobb szeletét engedi át a színeknek, azaz több fényt bocsát át, így az RGB rendszer tagjainál alkalmazottnál lényegesen rövidebb integrációs időket tesz lehetővé. Mindemellert az [OIII] vonal közel esik az encián szűrő áteresztési csúcsához, aminek nagy jelentősége van a helyes színábrázolás szempontjából!

Felmerül az az alapkérdés, hogy mikor tekinthető egy színes kép színhelyesnek? A továbbiakban fogadjuk el azt a meghatározást, hogy a helyes színreprodukció azt a látványt tükrözi, amit az emberi szem akkor látna, ha az égi objektumról érkező fény minden színére egyformán lenne érzékeny. Mindemellert szükséges az égi háttér fényszennyezés okozta csúnya zöldes vagy barnás színének eltüntetése is. Persze az „amit akkor látnánk, ha” megközelítés elég nyilvánvalónak hangzik, míg a „színhelyes” kifejezés eléggé megfoghatatlan.

A fentiek alapján négy témakört kell körbejárjunk:

**A CMY-beli színinformációk RGB-be való konverziója.** Elméletileg a két színrendszer között egyszerű kapcsolat áll fenn. Mivel a CMY rendszer szűrői elzárják az

RGB rendszer egyes szűrőinek áteresztő szeleteit, a CMY szűrőket kivonó szűrőknek nevezik. Az encián a vöröset blokkolja, a bíbor a zöldet, míg a sárga a kéket. A gyakorlatban persze az egyes színsávokban a kapcsolat összetettebb. Például a vörös szűrő által átengedett fény tartománya nem pontosan azonos a CMY rendszer encián szűrője által elfedett hullámhosszakkal.

**A CCD-k spektrális érzékenysége.** Az amatőrcsillagászok által használt CCD csipek általában a vörös tartományban érzékenyebbek, mint a kékben vagy a zöldben. A színek összekombinálásakor a pontos reprodukció érdekében az egyes szűrőkön keresztül készített képeket megfelelő módon súlyozni kell.

**A légköri fényelnyelés korrekciója.** A földi légkör nem egyenletesen engedi át az RGB egyes hullámhosszait. A 4000–7000 angströmös hullámhossz-tartomány közel egyenletesen esik be a zenitben, ám amint közelítünk a látóhatár felé, a kék fények jobban tompulnak, mint a vörösek, míg a zöldek a kettő közötti mértékben nyelődnek el. A színek helyes reprodukálása során ezt a hatást is figyelembe kell venni!

**Az égi háttér színének korrekciója.** Az észlelőhelytől függően, az éjszakai égbolt fénye torzítja a rajta keresztül látható objektumok színeit. Fényszennyezett környezetben a helyes színreprodukálás szempontjából ez a legjelentősebb befolyásoló tényező. Városok közelében az ég színe gyakran piszkos-zöldeskék vagy sárgás. Még a sötét hegytetőn is az égbolt vöröses árnyalatot ad az objektumok színéhez.

A kérdéskörökre adandó válaszok egyben módszert is adnak a képek készítésére, integrációs idők meghatározására, illetve bizonyos feldolgozási lépésekre vonatkozóan.

## A CMY-beli színinformációk RGB-be való konverziója

A fentebb közölt áteresztési görbéket figyelmesen szemlélve egyszerűen adódnak az 1. táblázatban szereplő lineáris összefüggések együtthatói.

1. táblázat. A CMY-ből RGB-be történő transzformáció

	encián (C)	bíbor (M)	sárga (Y)	azaz
vörös (R)	-1	+1	+1	vörös (R) = sárga (Y) + bíbor (M) - encián (C)
zöld (G)	+1	-1	+1	zöld (G) = sárga (Y) + encián (C) - bíbor (M)
kék (B)	+1	+1	-1	kék (B) = encián (C) + bíbor (M) - sárga (Y)

## A CCD-k spektrális érzékenysége

A csillagászati képek készítésére használt CCD csipek érzékenysége a különböző színekre általában eltér az emberi szem színérzékenységétől.

A színhelyes képek készítésének egyik alapfeladata az egyes szűrőkkel készített képek megfelelő súlyozása. Elméletben a használni kívánt CCD csip spektrális érzékenységét leíró görbe, valamint az egyes szűrők áteresztési görbéjének szorzataként előálló „színérzékenységi görbék” integrálja mondana valamit a „keverési arányokról”. A gyakorlatban azonban a következő módszer érdemes alkalmazni:

A 2. táblázat 21, az égen egyenletes eloszlású, a Nap színképehez közeli, fényes csillag koordinátáit tünteti fel. Ezeket a minden csillagterképen könnyen azonosít-

ható csillagokat használhatjuk színkalibrálásra. Egy színhelyes képen ezeket a csillagokat fehér színűként kell vizsontlátnunk!

2. táblázat. Nap színképtípusú csillagok színkalibrálásához

Név	Koordináták (2000,0)		m
	RA	D	
SAO 128690	0 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup>	-8°03,2'	6,5
9 Cet	0 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	-12°12,6'	6,4
SAO 37434	1 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup>	+42°36,8'	5,0
SAO 110202	1 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup>	+0°23,2'	9,7
SAO 130415	3 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	-2°50,6'	7,1
SAO 93936	4 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup>	+16°44,8'	8,1
SAO 171711	6 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup>	-28°46,8'	6,4
SAO 136389	8 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	-5°26,1'	6,0
20 Lmi	10 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 01 <sup>s</sup>	+31°55,4'	5,4
ξ UMa B	11 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup>	+31°31,8'	4,8
SAO 139464	13 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup>	-1°14,2'	10,0
SAO 121093	15 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup>	-0°09,8'	8,4
SAO 121152	15 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup>	+2°30,9'	5,9
39 Ser	15 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	+13°11,8'	6,1
SAO 159706	16 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	-14°04,3'	6,3
18 Sco	16 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup>	-8°22,2'	5,5
16 Cyg A	19 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup>	+50°31,5'	6,0
16 Cyg B	19 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	+50°31,0'	6,2
SAO 126133	20 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup>	+0°26,2'	10,0
SAO 127005	21 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>	+0°26,4'	9,1
SAO 128034	23 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup>	+2°41,2'	7,7

## Színkalibrálás

A szokásos berendezések mellett, ha a szűretlen felvételen egy Nap színképű csillag 100 egységnyi (itt csak képzeletbeli, értelemszerűen a kép redukálása utáni) értéket produkál, akkor a vörös, zöld és kék szűrőkön keresztül rendre 40, 30 és 20 értéket kapunk. Figyeljük meg, hogy az utóbbi számok, amiket a szűrők átérésztésének és a CCD csip érzékenységének együttes hatása eredményez, nem adják ki a 100 értéket. A megfelelő encián, bíbor, sárga értékek: 40, 50 illetve 70. Természetesen egy konkrét CCD csip – szűrőrendszer esetén ezek az értékek ettől eltérőek lehetnek, fontos, hogy minél pontosabban legyenek meghatározva.

Ezek után a szűrőkhöz súlyokat rendelhetünk. A vörös súlya 100/40 avagy 2,50, a zöldé 100/30, azaz 3,33, a kéké pedig 100/20, vagyis 5,00. Ez azt jelenti, hogy ha ezen a szűrőkön keresztül egyenlő expozíciós idővel készítettünk felvételeket, akkor annak érdekében, hogy a Nap színképű csillagok fehéreként jelenjenek meg, a képek pixelértékeit 2,50, 3,33 illetve 5,00-tal kell megszoroznunk.

Az encián, bíbor, sárga szűrők és a vörös, zöld és kék szűrők áteresztett fénymenyiségei között a fent leírt összefüggés áll fenn, így a megfelelő encián, bíbor, sárga súlyok (a legkisebb sárgára normálva) 1,56, 1,28 illetve 1,00.

Mint ismeretes, a légkör a különböző színű fényt különböző mértékben nyeli el, illetve engedi át. A precíz színkezelés megkívánja, hogy ezt az effektust is korrigáljuk. A 3. táblázat a vörös, zöld és kék szűrőkre vonatkozó integrációs idő, illetve pixelérték szorzótényezőket tartalmazza (a levegőtömeg jó közelítéssel a zenittávolság szekánsa).

Végezetül ne feledkezzünk meg az égi háttér szerinti korrekcióról. Mivel az egyes szűrőkön keresztül készült képek háttérszintjei különböznek (ebből adódik a hagyományos fényképekről ismerős barnás, néha zöldes háttér), a képpont értékek eltolásával, azonos háttér érték beállításával fekete vagy legalábbis sötétszürke árnyalatú hátteret érhetünk el.

Az említett módszer alkalmazására egy szép példa a mellékletben látható M27 felvétel.

3. táblázat. A légköri elnyelés színfüggésének korrekciója

Magasság	Levegőtömeg	Elnyelési faktor		
		vörös	zöld	kék
90°	1,000	1,000	1,000	1,000
80°	1,015	1,001	1,002	1,003
70°	1,064	1,005	1,010	1,014
60°	1,115	1,013	1,025	1,035
55°	1,221	1,018	1,036	1,050
50°	1,305	1,025	1,050	1,070
45°	1,414	1,034	1,068	1,097
40°	1,556	1,046	1,092	1,132
35°	1,743	1,063	1,125	1,180
30°	2,000	1,085	1,172	1,249
25°	2,366	1,118	1,242	1,356
20°	2,924	1,170	1,356	1,535
15°	3,864	1,263	1,574	1,892

BERINGER PÁL

Forrás: Al Kally, Richard Berry, Ed Grafton és Chuck Shaw cikke (Sky & Telescope 1998. december).

Jelen cikk internetes változata – számos más információval együtt – szerzőnk honlapján olvasható: <http://www.arcinfo.hu/AstroGallery/>