

# A környezetvédelem színes képei

## Color pictures of the environmental protection

**Dr. WENZEL Klára** egyetemi magántanár; **Dr. Samu Krisztián** egyetemi adjunktus

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Műszertechnika Tanszék  
Hungary, Budapest, 1111. Egry J. u. 1-3 E épület, 305. Tel: 463-3792 Fax: 463-3787, Web: www.mom.bme.hu  
wenzel@mom.bme.hu; samuk@mom.bme.hu  
Department of Mechatronics, Optics and Instrumentation Technology, Budapest University of Technology and  
Economics Hungary, Budapest, 1111. Egry J. u. 1-3 E . 305.  
Tel: 463-3792 Fax: 463-3787, Web: www.mom.bme.hu; wenzel@mom.bme.hu; samuk@mom.bme.hu

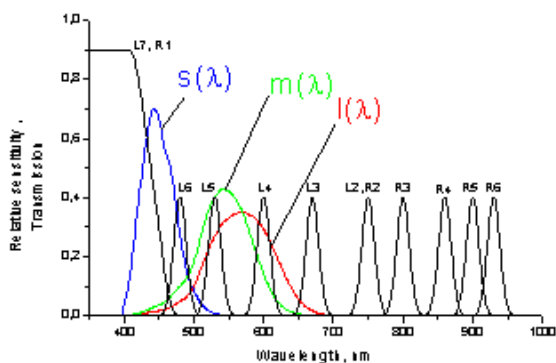
*Abstract: The environmental protection uses space photographs very often. One of the most important sensors of the spacecrafts is the digital camera. The space cameras are able to take photographs in the visible, the near UV and the near infrared area of the electromagnetic spectrum. The photos are taken through 6, 8 or more narrowband interference filters in black and white. Hidden spectral properties of the surface on the picture can be shown on these photographs and different composites can be made from them. But the narrowband interference filters are not suitable to take true color pictures. It will be shown in the article a new digital image processing method to make quasi true color composites from the pictures of the space cameras.*

*Összefoglaló: A környezetvédelemben gyakran alkalmaznak a Földről készített űrfelvételeket. Az űrszondák egyik legfontosabb érzékelője az erre a célra kifejlesztett speciális digitális fényképezőgép. Ezek a fényképező gépek alkalmasak arra, hogy a spektrum közeli-UV, látható és közeli-infravörös tartományában is készítsenek felvételeket. A felvételek 6, 8 vagy még több keskenysávú interferenciaszűrőn keresztül fekete-fehér kivitelben készülnek. Ezek a felvételeken és a belőlük készült kompozitokon kiemelhetők az ábrázolt kép eddig rejtve maradt spektrális jellemzői. Azonban ezek a keskenysávú szűrők nem alkalmasak arra, hogy segítségével az emberi szem számára színhelyes képeket hozzunk létre. A cikkben egy új eljárás kerül bemutatásra, amely lehetővé teszi színhelyes képek készítését a színekivonatok alapján.*

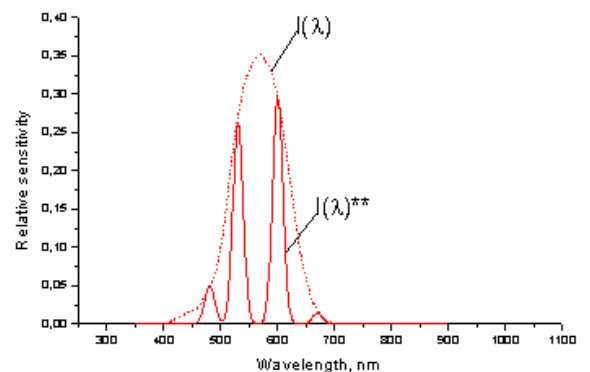
*Kulcsszavak: környezetvédelem, űrkutatás, távérzékelés, színes képfeldolgozás*

## 1. Bevezetés

A sávszűrőzött felvételek 6-8 különböző hullámhosszú, keskenysávú színszűrővel készült fényképfelvételek, amelyeket színekivonatoknak neveznek. A színekivonat spektrális információt tartalmaznak a kép minden képpontjáról. Ha a színekivonat közül hármat kiválasztunk, és egy színes monitor egy-egy alapszínével jelenítjük meg, hamis-színes felvételt kapunk. A hamis-színes felvételen kiemelhetjük az ábrázolt kép számunkra fontos spektrális tulajdonságait [1,2].

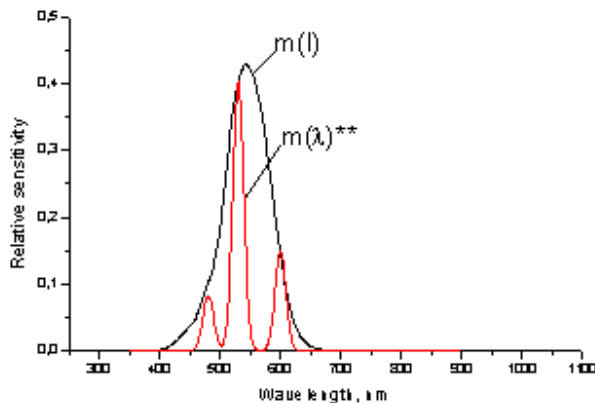


1. ábra A PanCam kamera színszűrőinek spektrális transzmissziója és az emberi szem színérzékelő receptorainak  $l(\lambda)$ ,  $m(\lambda)$  és  $s(\lambda)$  relatív spektrális érzékenysége

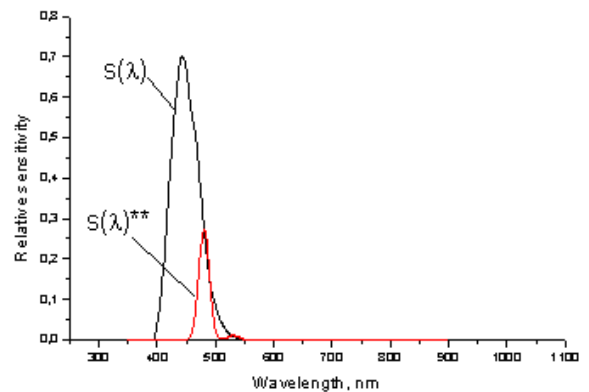


2. ábra Az L receptor  $l(\lambda)$  spektrális érzékenységének  $l^{**}(\lambda)$  virtuális közelítése

A sávszűrőzött felvételi technikát a környezet védelemben és az űrkutatásban szokták alkalmazni [3, 4].



3. ábra Az M receptor  $m(\lambda)$  spektrális érzékenységeinek  $m^{**}(\lambda)$  virtuális közelítése



4. ábra Az S receptor  $s(\lambda)$  spektrális érzékenységeinek  $s^{**}(\lambda)$  virtuális közelítése

A környezet védelemben a hamis-színes képeken kiemelhetők a búzatáblák növényi kártevői, a tengerek szennyezettsége, felismerhetők a földalatti létesítmények a hőtermelésük alapján, és megkülönböztethetők az élő növények az álcázó színre festett katonai objektumoktól. Az űrkutatásban a hamis-színes képekből megtudhatjuk, hogy milyen anyagok találhatók egy idegen bolygó felszínén, esetleg van-e valamilyen élet rajta. Felmerülhet az igény aziránt is, hogy a színkivonatok alapján élethű színekben jelenjen meg a felvétel tárgya. A továbbiakban bemutatunk egy új képfeldolgozási eljárást, amellyel az eddiginél jobb színvisszaadás érhető el űrfelvételek színkivonatai alapján. Példaképpen a 2004-ben Marsra érkezett Mars Global Surveyor PanCam kamerájából indulunk ki.

## 2. A Mars Global Surveyor PanCam kamerája

A PanCam [5] két kamerával dolgozik; ez lehetőséget ad sztereoszkópikus felvételek készítésére is.

Mindkét kamera elé 8-8 cserélhető színszűrő helyezhető el. Ezek részben keskenysávú interferenciaszűrők, részben alul áteresztő (SP) illetve felül áteresztő (LP) szűrők. Egy-egy igen sötét,  $D=5$  denzitású neutrális szürke szűrőt (Solar ND5) is elhelyeztek a kamerák elé, amelyek lehetővé teszik a közvetlen Napba fényképezést két hullámhosszon. A szűrők spektrális transzmisszió görbéi az 1. ábrán láthatók. Az L4 (vörös), az L5 (zöld) és az L6 (kék) szűrő a terv szerint természetes színű képek létrehozására is alkalmas. Ezekkel a szűrőkkel hozzák létre jelenleg a „true color” (természetes színű) kompozitokat; ezt az eljárást nevezzük a továbbiakban hagyományos eljárásnak.

A hagyományos eljárással létrehozott képek színhűségével kapcsolatban azonban kételyek merülnek fel. A Mars felszínén az L4, L5 és L6 szűrővel készült színkivonatok alapján összeállított képeken ugyanis az egész kép feltűnően vöröses árnyalatú. A Mars felszíne köztudottan vöröses színű, ezért ez nem is lenne meglepő, azonban a képen a kihelyezett fehér színminta is vöröses színűnek látszik [6]. Felmerült tehát az igény olyan eljárás kidolgozására, amely a rendelkezésre álló színkivonatok alapján jobb színhűséget biztosít.

## 3. A hagyományos eljárás elemzése

Vizsgáljuk meg, mi okozhatja azt, hogy a hagyományos eljárással készült true color képek színhűsége nem megfelelő! Természetes képek létrehozásának feltétele az, hogy a felvételt az emberi szem színérzékelő receptoraihoz minél inkább hasonló detektorokkal készítsük el. A 1. ábrán az emberi szem három színérzékelő receptorának, a vörös színekre érzékeny L, a zöld színekre érzékeny M, és a kék színekre érzékeny S receptor  $l(\lambda)$ ,  $m(\lambda)$  és  $s(\lambda)$  relatív spektrális érzékenységeit is bemutatjuk [7].

Az ábrán látható, hogy az L4, L5 és L6 szűrő spektrális transzmissziója és a receptorok spektrális érzékenysége között az eltérés jelentős. Tehát nem várható, hogy az L4, L5 és L6 szűrővel hagyományos eljárással készült színkivonatokból színhelyes kompozitok jöjjenek létre.

#### 4. Természetes színű képek létrehozása egy új eljárással a PanCam kamera színszűrőivel

Az új eljárás alap gondolata az, hogy a PanCam kamera összes színszűrőjének felhasználásával az emberi szem színérzékelő receptorainak spektrális érzékenységét jobban megközelítő virtuális érzékelőket hozunk létre. Vizsgáljuk meg, melyik színszűrőket lehet felhasználni erre a célra! Az 1. ábrából látható, hogy a célnak az L3, L4, L5 és L6 színszűrő felel meg, mivel ezek érzékenységi tartománya az L, M és S receptor érzékenységi tartományába esik. Az L3, L4, L5 és L6 színszűrővel szűrözött CCD detektor négy különböző spektrális érzékenységű detektornak felel meg. Ezek kombinált alkalmazásával hozzuk létre a virtuális érzékelőket, amelyek jobban megközelítik az emberi szem spektrális érzékenységét, mint egyenként az L4, az L5 és az L6 szűrővel szűrözött CCD detektor. A 2. ábrán az L receptor, a 3. ábrán az M receptor és a 4. ábrán az S receptor  $l(\lambda)$ ,  $m(\lambda)$  és  $s(\lambda)$  spektrális érzékenységének  $l^{**}(\lambda)$ ,  $m^{**}(\lambda)$  és  $s^{**}(\lambda)$  virtuális közelítése látható. Ha ezek a közelítő érzékenységi függvények nem is tökéletesek, az adott lehetőségek felhasználásával optimális megoldást adnak.

#### 5. Modell kísérlet a hagyományos és a virtuális szűrőkkel készült képek összehasonlítására

Matematikai modellezéssel megvizsgáltuk, hogy egy piros, egy zöld, egy kék, egy sárga és egy barna felület színe hogyan érzékelhető az átlagos emberi szem  $l(\lambda)$ ,  $m(\lambda)$  és  $s(\lambda)$  relatív spektrális érzékenységű receptoraival, az L4, L5 és L6 színszűrővel szűrözött CCD detektor  $p_4(\lambda)$ ,  $p_5(\lambda)$  és  $p_6(\lambda)$  relatív spektrális érzékenységgel és végül az  $l^{**}(\lambda)$ ,  $m^{**}(\lambda)$  és  $s^{**}(\lambda)$  virtuális érzékelő spektrális érzékenységgel számolva. A modell számítás segítségével meghatároztuk az átlagos emberi szem színérzékelő receptorainak L, M és S érzeteit az adott színminták szemlélése esetére:

$$\begin{aligned} L_i &= \int \rho_i(\lambda) l(\lambda) d\lambda & /4/ \\ M_i &= \int \rho_i(\lambda) m(\lambda) d\lambda & /5/ \\ S_i &= \int \rho_i(\lambda) s(\lambda) d\lambda & /6/ \end{aligned}$$

Ahol  $\rho_i(\lambda)$  a színminták spektrális reflexiója, és  $i=1 \dots 5$  a színminták sorszámja.

Kiszámoltuk továbbá a hagyományos képfeldolgozás során a színmintákról az L4, L5 és L6 színszűrővel szűrözött CCD detektor által felvett színkivonatok alapján meghatározható  $L_i^*$ ,  $M_i^*$  és  $S_i^*$  színösszetevőt:

$$\begin{aligned} L_i^* &= \int \rho_i(\lambda) p_4(\lambda) d\lambda & /7/ \\ M_i^* &= \int \rho_i(\lambda) p_5(\lambda) d\lambda & /8/ \\ S_i^* &= \int \rho_i(\lambda) p_6(\lambda) d\lambda & /9/ \end{aligned}$$

Végül a kiválasztott 4 színkivonat (L3, L4, L5 és L6) alapján kiszámoltuk a virtuális receptorok által érzékelhető  $L^{**}$ ,  $M^{**}$  és  $S^{**}$  virtuális érzetet:

$$\begin{aligned} L_i^{**} &= \int \rho_i(\lambda) l^{**}(\lambda) d\lambda & /10/ \\ M_i^{**} &= \int \rho_i(\lambda) m^{**}(\lambda) d\lambda & /11/ \\ S_i^{**} &= \int \rho_i(\lambda) s^{**}(\lambda) d\lambda, \text{ ahol} & /12/ \\ l^{**}(\lambda) &= a_{11} p_3(\lambda) + a_{12} p_4(\lambda) + a_{13} p_5(\lambda) + a_{14} p_6(\lambda) & /13/ \\ m^{**}(\lambda) &= a_{21} p_3(\lambda) + a_{22} p_4(\lambda) + a_{23} p_5(\lambda) + a_{24} p_6(\lambda) & /14/ \\ s^{**}(\lambda) &= a_{31} p_3(\lambda) + a_{32} p_4(\lambda) + a_{33} p_5(\lambda) + a_{34} p_6(\lambda) & /15/ \end{aligned}$$

És  $a_{11}$ ,  $a_{12}$  stb. az optimalizációs konstansok.

## 6. Az eredmények összefoglalása

A három esetre meghatározott L, M és S színösszetevőt a színes monitor vörös, zöld és kék színével jelenítettük meg. Az így előállított színes képeket elemezve megállapítható volt, hogy a virtuális szűrőzési technika az esetek többségében jobb, a vizuális észleléshez közelebb álló színmegjelenítést eredményezett, mint a hagyományos szűrőzés. A legjobban azoknak a színeknek a megjelenítése sikerült, amelyek jellegzetességét az a spektrumtartomány hordozza, amelyikben a legtöbb egyszerű szűrőből tudjuk összeállítani a virtuális szűrőt. Adott esetben a spektrum középső tartományának jellegzetes színeit, a zöldet, a sárgát és a barnát sikerült legjobban megközelíteni, mivel a spektrum középső tartományában érzékeny M receptor virtuális megfelelőjét 4 egyszerű szűrőből viszonylag jól tudtuk összerakni, míg az L receptorét 3-ból már kevésbé jól, és az S receptorhoz alkalmazható mindössze 2 szűrő nem tett lehetővé jó közelítést.

## 7. Hivatkozások

- [1] Wenzel K, Huba A, Bugyjas J, Gálfi I, Szarka K: Felületek spektrális reflexió szerinti osztályozása sávszűrözött felvételek segítségével, feketefehér fényképszeti eljárások alkalmazásával, Finommechanika-Mikrotechnika, 19 évf. 1980/7
- [2] Wenzel K, Bugyjas J, Gálfi I, Szarka K : Sávszűrözött hamis-színes felvételek szelektáló képességének fokozása, Finommechanika-Mikrotechnika 20. évf. 1981
- [3] Floyd F. Sabins, JR.: Remote Sensing; Principles and Interpretation, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1978.
- [4] Bak A., Balla S., Berencei R., Domokos Gy., Szilágyi P.: Magyarország az űrből, Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó, 1980.
- [5] Mars Exploration Rovers - About the MER PanCam from Cornell University's "[Mission to Mars](#)" Web Site
- [6] Etemenanki: Hidden Colors of Mars, <http://www.goroadachi.com/etemenanki>
- [7] <http://www.cvrl.org> Cone Fundamentals