

Interaktív gamut mapping – avagy színbontás és Color Management egy magasabb fokon

EDDIG SOHA NEM LÁTOTT SZÍNMANIPULÁCIÓS LEHETŐSÉGEK A JÖVŐ INTELLIGENS ESZKÖZEI SEGÍTSÉGÉVEL

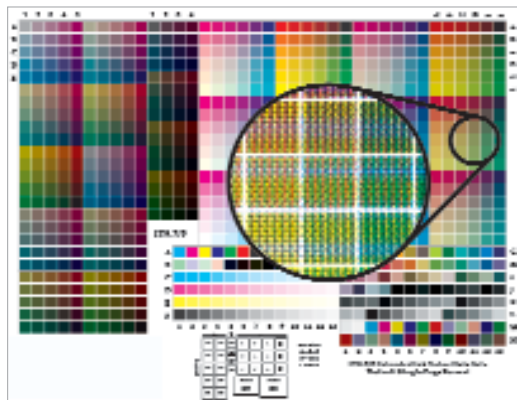
Seszták Péter

GAMUT

Az egész onnan indítható, hogy a jó pár évre visszatekintő színalibrációs és konzultációs munkám során évekkal ezelőtt volt valaki olyan bátor, hogy fel mert tenni egy nagyon őszinte, de ugyanakkor kézenfekvő kérdést: hány színt tudnak („látnak”) valójában az eszközök? – digitális kamerák, szkennerek, monitorok, prooferek vagy éppen egy négy- vagy hétszínés nyomtatási technológia. Ez nyilván elsődleges szempont lehet, ha valaki egy új eszköz beszerzésén töri a fejét, vagy ha egy technológiát szeretne objektívebben megítélni (többet tud-e a hexachrome vagy egy nyolcszínés multikolor technológia, mint a szabvány, négszínés nyomtatás és mennyivel; és ehhez hasonlók...) vagy csak szeretné tudni, hogy a szomszéd fűje tényleg zöldebb-e. Továbbá, természetesen, az érdekelt bennünket, hogy ebből mi az, amit mi (emberek) is láthatunk, tehát az eszköz által 'látott' digitális jelseregeken belül mi az, amit mi meg tudunk különböztetni szemünkkel – merthogy színekről van szó, és nem azokra az indirekt marketingparaméterekre szerttünk volna támaszkodni, hogy hány bites, meg „milyen nagy márka”...

Az egyszerű kérdésekre tud a válasz néha a leg-

1. ábra



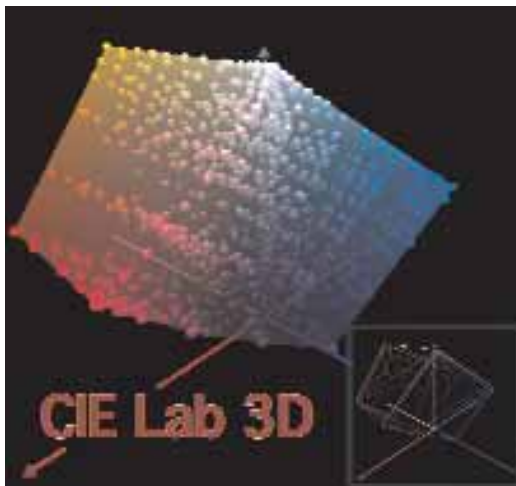
nehezebb, vagy legalábbis gyakran a legmunkaigényesebb lenni. Akkori csapatommal (néhány megszállott kolorista, nyomdaipari szakember és programozó, közismertebben a „SZÍNpatikusok” csapat) felvettük a kesztyűt, és néhány hét alatt kidolgoztunk egy általános megoldást a kérdés megválaszolására. Ez valójában egy program volt, a hozzá kapcsolódó automatizált színmérés és módszerek együttesével. Semmi komolyra ne tessek gondolni, valahogy így nézett ki a megoldás:

1. Valóítsunk meg a vizsgálni kívánt technológia színterében egy „csomó” színt (reprezentatív mintavétel az eszköz natív színterében, 1. ábra).
2. Mérjük le ezen színeket spektrofotométerrel és számítsuk át egy alkalmas eszközfüggetlen színtérbe (pl. CIE Lab D50, 2°, 2. ábra).



2. ábra

3. Bonyolult matematikai eszközökkel számítsuk ki az így nyert ponthalmazra illesztett (gamut) térfogatát (3. ábra).
4. Válasszuk meg az éppen észlelhető színkülönbség érték nívóját (mekkora az a legkisebb színeltérés, amit a már éppen látható színkülönbséghez rendelünk, például az egyszerűség kedvéért $\Delta E_{\text{választott küszöb}} = 0,5$).
5. A 3. és 4. pontok segítségével és egy egyszerű szorzással meghatározható, hogy hány (megkülönböztethető) színt tud létrehozni a vizsgált technológia. Például egy általános európai négszínés „műnyomós” skála nyomtatás



3. ábra

esetében: a gamut térfogat cca. 0,43 millió ΔE^3 , ezt szorozva nyolccal (mert az $1:0,5 = 2$, és $2^3 = 8$, tehát egy-egység oldalhosszúságú kockába nyolc darab 0,5 egységnyi oldalhosszal rendelkező „kis” kocka rakható) megkapjuk a ’színek számát’, ami 3,4 millió. (Jó hír, hogy ez sokkal több, mint a másik földrészen elterjedt amerikai szabványként elfogadott négy színnel – SWOP – elérhető 2,6 millió!)¹

A fenti probléma megoldása során (Lázár Ervin Ló Szerafinja után szabadon) „meglehetősen” jártasságot szereztünk olyan területek művelésében, mint például színmérés spektrofotométerekkel, 3D gamut vizualizáció, szétszórt pontok által meghatározott testek stb. Tehát mehetünk tovább: gamut mapping-színterek és azok közötti átszámolás.

GAMUT MAPPING-SZÍNTEREK ÉS AZOK KÖZÖTTI ÁTSZÁMOLÁS

Mi történik a színmenedzsel munkafolyamatban, amikor egy egyszerű RGB-CMYK átalakítást végzünk? Nézzük meg egy példán keresztül kicsit részletesebben!

¹ Ahhoz, hogy a technológia ki is tudja használni a gamut adta lehetőségeit, tehát meg is tudja valósítani azt a „sok színt”, ahhoz szükséges, hogy képes legyen csatornánként kellően finom árnyalatok létrehozására. Ez szinte evidens egy akár már nyolcbites ofszettechnológiánál, de nem olyan magától értetődő egy kitorésre, becukodásra és egyéb árnyalatilépéscsúvesztésre hajlamos technológiánál, mint például a flexónyomtatás. Csak a példa kedvéért: egy ma már inkább viccesnek számító hatbites technológiánál az ’elvileg’ elérhető árnyalati lépcsők száma maximum 64 a legjobb esetben is csatornánként. Ezen abszurd példánál maradva ez a „soványka” lehetőségekkel bíró, például négyszínnyomtatás ugyan elvileg kiadná a 16,8 millió színvariációt (merthogy 64^4), de csak bemenő oldalról, és talán külön bizonyítás nélkül is mindenki érzi, hogy ebből nem jönne ki valójában elégségesen sok színárnyalat a tényleges megvalósulás során.

Kiindulási feltétel a példához:

Az AdobeRGB színtérben lévő pixeles képi állományunkat HeidelbergFenyvesMunyomo80as CMYK.icc 4-color színtérbe szeretnénk átszámoltatni.

1. Minden egyes pixelre elsőnek kiszámítjuk annak eszközfüggetlen színértékét (példánkban a pixelek eszközfüggő színértékét R, G, B értékek határozzák meg, melyekhez hozzárendelve az AdobeRGB színteret, kiszámítható azok eszközfüggetlen színértéke, pl. CIE L, a, b).
2. Mivel az adott RGB színtér szintani lehetőségei mások, és általában nagyobbak, mint a kimeneti CMYK színtér lehetőségei, ezért a gamutokat elsőnek meg kell feleltetni egymásnak. Ezt hívjuk *gamut mapping*nek. Ez valójában nagyon sok L, a, b \rightarrow L', a', b' átszámolást jelent a be- és kimeneti színterek gamutjai és a kiválasztott *rendering intent* szerint; például színaránytartó vagy abszolút kolorimetrikus.
3. Majd minden egyes L', a', b' érték átszámítható – a kimeneti CMYK színprofil színbontási paramétereit is érvényesítve – a kívánt C, M, Y, K értékekre (kitöltési arányok, %).

Az 1., 2. és 3. pontok szerinti köztes műveletek leggyakrabban önműködően, a felhasználó előtt nem látható és egyben csak szegényesen kontrollálható módon, a számítógép memóriájában történnek. A felhasználó csak a kiindulási állapotot és a végeredményt látja. A fejlettebb programok – ha kérjük – a *gamut warning* funkcióval azt legalább megmutatják, hogy mely színek azok, melyek nem hozhatók majd egy az egyben a kimeneti színterünkben (ezért történik meg a sok L, a, b \rightarrow L', a', b' átszámolás), 4. ábra.

Mielőtt továbbhaladnánk, meg kell ismernünk néhány más fogalmat és működési elvet.

Magát a gamut „test” felszínét GBD-nek rövidítjük az angol *Gamut Boundary Description* kifejezésből származtatva (gamut határvonal leírás).

A színterek megfeleltetése (L, a, b \rightarrow L', a', b' átszámolások) a mostani generációs programokban a ki- és bemeneti GBD-k segítségével történik



4. ábra

a megadott *rendering intent* szerint, továbbá lényeges, hogy a szürke tengelyt (pl. L tengely) használják fel a transzformáció centrumául (5. ábra: AdobeRGB és egy EuroV2CMYK színtér).



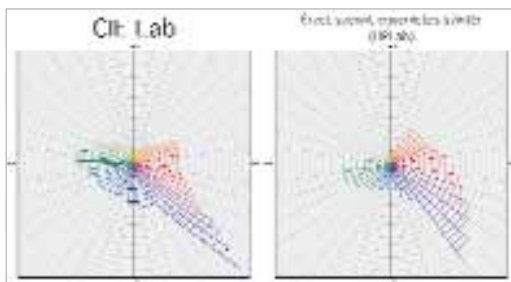
5. ábra

Mi ezzel a probléma?

1. Az átszámolás alapja nem az adott, éppen feldolgozni kívánt képből ténylegesen található színek által meghatározott gamut, hanem a képhez hozzárendelt színtér teljes gamutja. Ez sokszor indokolatlan gamut mapping/clipping-hez vezet. (A mai generációs programok nem vizsgálják, hogy az adott színtéren belül ténylegesen milyen színek vannak az adott képből, csak azt, hogy milyen színtér – tehát az összes lehetséges színt veszik alapul, nem a ténylegesen előfordulókat.)
2. A gamut mappingra manapság általánosan használt eszközfüggetlen színtér (CIE Lab) – a gamut fajta „szigorú fazonok” szemében –

2 A CIE Lab színtérben ábrázolva egy perceptuálisan egyenletes színteret, mint például a Munsell, látható, hogy az azonos színezethez tartozó színminták egy görbült felületet írnak le a CIE Lab színtérben, ahelyett, hogy az optimális állapot szerint egy síkon helyezkednének el (a 2D ábrázolásban egy egyenesen). Mivel a programozók engednek az „egyenese” mentén történjen a gamut mapping” csábításnak, ez komoly színezeti hibához vezethet egy egyszerű RGB → CMYK átalakítás folyamán vagy bármikor, amikor a be- és kimeneti színtér gamutja jelentősen különbözik.

meglehetősen alkalmatlan pont arra, amire a Color Management használja: *cross media color matching* (félreértés ne essék, százszor jobb, mintha semmi nem lenne!, csak nem az „igazi”, nem igazán alkalmas). Másrészt a CIE Lab színtér köztudott hibája az azonos színezeti síkokhoz tartozó linearitáshiba², 6. ábra. Ebből adódik az ismert „kékből lila lett” probléma.



6. ábra

A téma iránt mélyebben érdeklődők számára ajánlom Bruce Lindbloom honlapján az érzet szerint egyenletes Lab színtér (UPLab) részt: <http://www.brucelindbloom.com>.

A gamut mapping problémakör különösen felértékelődik, ha négyszín felé szeretnénk menni vagy *cross media color matching* kihívások elé nézünk. Miért? Mert a nyomdaipar egyre inkább megy afelé, hogy *terméket* ad el, *nem technológiai műveleteket* (lényegtelen lesz, hogy a nyomdász a terméket miképp állította elő, az ő dolga – komolyan mondom –, nem tartozik a megrendelőre, hogy azt milyen géppel, technológiával vagy hány színnel állította elő; ezért preferáltak azok a technológiák, melyekkel többet tudunk adni megrendelőinknek, mint a versenytársaink). Másrészt a CMCM igényét nem kell magyarázni senkinek, aki már találkozott *mindent tudó* marketinges megrendelővel: ő nem tudja, őt nem érdekli, csak legyen jó: mindig, mindenhol – az meg az én megjegyzésem, hogy O.K. –, csak idő, technológia és szaktudás kérdése; magyarul lehet, csak meg kell fizetni.

Színtani értelemben meg azért érdekes a gamut mapping, mert a multikolor technológiák GBD-i

mind formájukban, mind méretükben jelentősen eltérő tulajdonságot mutatnak a megszokott négy szín skálanyomtatás GBD-éhez képest.

Megjegyzendő, hogy a nem tökéletes gamut mappingből adódó színválasztási torzulásokat a gamut mapping elvégzése után utólagos, például szelektív színkorrekcióval ugyan helyre lehet hozni, de miért ne csinálnánk egyből jól?

Higgyék el, az RGB, CMYK vagy N Color (multikolor) színterek és a választott eszközfüggetlen színtér (pl. CIE Lab vagy CIECAM, mint színtani „tolmács”) megfeleltetése, átszámolása a matematika mostani állapota mellett egyszerű „hadművelet”. Az igazán nagy trüvajok (felfedezés) egyike a gamut mapping maga.

Többen próbálták és próbálják automatizálni. Ezen törekvés teljes sikere azt jelentené, hogy emberi kéz (pontosabban szem) „érintése” nélkül lehetne tökéletessé és automatikussá tenni a munkafolyamatok során a gamut mappinget (pl. inRIP CMM funkciók, automatikus filterek, „tökéletes színbontás három kattintással” stb.).

Mi a megoldás? Egy általam jól megjegyzett tanárom mondása szerint: nem „automatizálni” és „számítógépesíteni” kell mindent, hanem intelligens és extra hatékony eszközöket kell az emberi kreativitás szolgálatába állítani („A kicsi

a szép” témakör, ha valaki esetleg olvasta volna.) Ez esetünkben nem jelent mást, mint interaktív gamut mappinget.

INTERAKTÍV GAMUT MAPPING

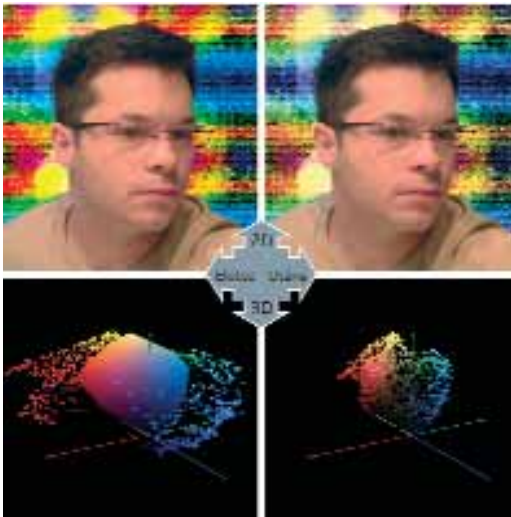
A módszer még szakmai berkeken belül is viszonylag újnak mondható. A logikája egyszerű (ipari megvalósulására és elterjedt alkalmazására egyelőre még várni kell; talán a következő generációs programok?), főbb ismérvei a következők:

1. Vizualizáljuk a gamut mapping előtti és utáni állapotot mind a feldolgozni kívánt képen, mind egy alkalmas színtérben³ (7. ábra).
2. A felhasználónak intelligens eszközökkel tegyük lehetővé, hogy a gamut mappinget (néhány beépített, gyári algoritmussal segítve az első lépéseket) interaktívan saját maga alakítsa ki vagy módosítsa azt egyedi igényei szerint – az emberi agy csodákra képes.

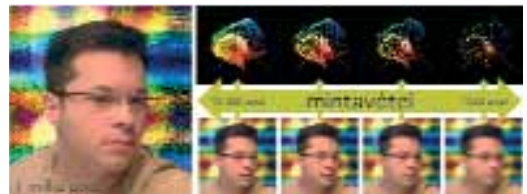
A 7. ábra bal alsó részében láthatjuk a bemeneti színtérben a kép színpontjait (pontok), illetve a kimeneti színtér gamutját (színes test a képen). A kimeneti színtér gamutját úgy kell értelmezni, hogy egyrészt ebbe kell „begyömöszölni” (mappingelni) a képünk színpontjait, másrészt ezen belül lehet „játszani” (egy programtól nyilván elvárható, hogy ne is engedjen mást), de ezen belül szabadon.

Nyilván kezelendő probléma az, hogy egy átlagos kép több megapixel (több millió pixel). Ezért minden pont ábrázolása lehetetlenné tenné egyrészt a vizualizációt 3D-ben (összefolynának a pontok, szinte testet alkotnának), másrészt a színtartományok szelektív kijelölését (a célból, hogy intelligens eszközökkel később majd valamilyen műveletet végezzünk rajta). Ezt paraméterezhető mintavételezéssel lehet kezelni, lásd 8. ábra.

7. ábra



8. ábra

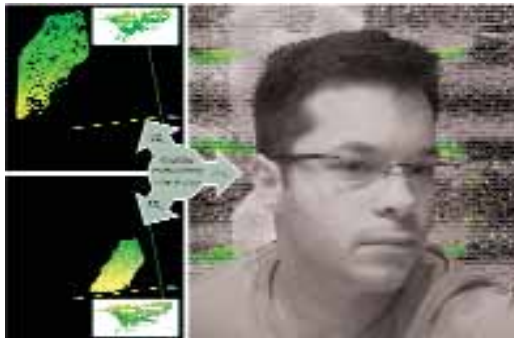


3 Alkalmazható színterek/színérzet leíró modellek: ha már csinálunk valamit, akkor csináljuk jobban: vagyis a „problémás” CIE Lab színtér helyett tegyük lehetővé ennél többet tudó színtani tolmácsok alkalmazását (pl. CIECAM, RLAB, LLAB stb.). Továbbá azon belül érdemes a választott színtérnek olyan – akár képzett – variációját használni, mely könnyen kezelhető, az emberi gondolkodáshoz jól illeszkedik (színtani értelemben „user friendly”, felhasználóbarát), tehát világosság-telítettség-színezet alapú.

Az ábrán az egyszerűség kedvéért a kép teljes gamutját vizualizáltuk mintavételezéssel. Természetesen van lehetőség szelektív színműveletekre is (éppen ez benne a poén: a csak bizonyos szintartományokon végzett megfelelő műveletek lehetősége).

A következő ábrán egy felhasználó által meghatározott szintartomány kijelölésére mutatunk be egy példát (9. ábra).

A kérdés már csak az, hogy a „játékterünkön” belül (kimeneti gamut) milyen módon hozhatunk létre kijelöléseket és azokon milyen műveleteket végezhetünk.



9. ábra

SZÍNTARTOMÁNYOK KIJELÖLÉSE

Az interakció alatt azt kell érteni, hogy – a mintavételezés után – akár a bemeneti, akár a kimeneti 3D ábrán, akár magán a kép gamut mapping előtti vagy utáni állapotán felvehessünk színeket („kattints rá”), és ennek a hatása, mint szelekció megjelenjen az összes többin. A kattintással nyilván mindig egy pontot (ezáltal egy szint) határozzuk meg, ezért ehhez még toleranciákat kell hozzárendelnünk, hogy szintartományt kapjunk, ne csak egy pontot jelöljünk ki.

A toleranciák megadása lehet grafikus alapokon történő (a négy ábrán belül bármelyikre rákattintva hozzájelölhetünk vagy elvehetünk az éppen aktuális szintartomány-kijelöléshez), vagy numerikus. A kijelölésmegadásnál elemi igény, hogy a toleranciakártyáknál ismertekhez hasonló módon, aszimmetrikusan vehessük fel a toleranciákat mind a különböző szintérintányok (pl. világosság–telítettség–színezet), mind azok – a kijelölt színpont, mint szintartomány centrumához képest értelmezett – „plusz” és „mínusz” értékei/irányai tekintetében (10. ábra).



10. ábra

INTELLIGENS MŰVELETI ESZKÖZÖK

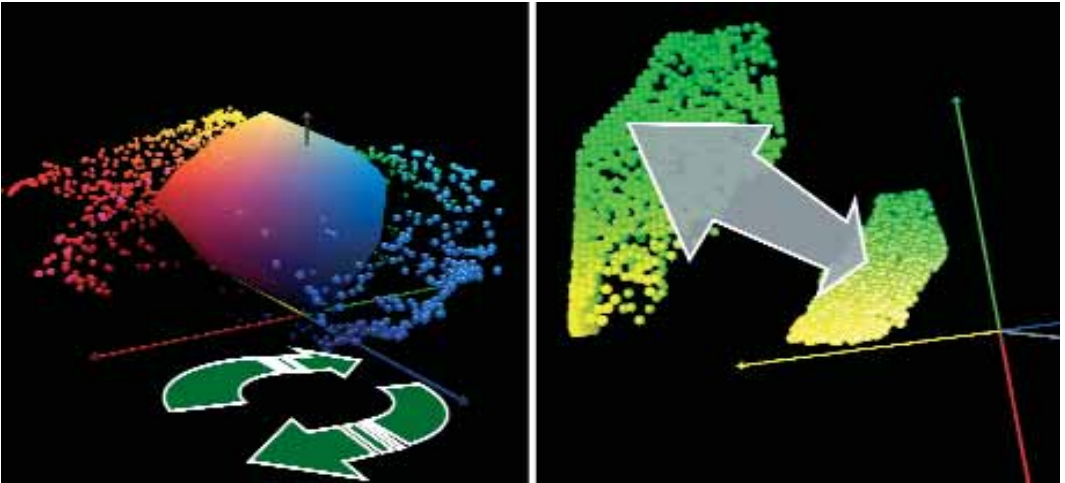
Ha már kijelöltük azt, hogy a kép mely szintartományain akarunk interaktív gamut mappinget vagy majd később színmódosítást végrehajtani, akkor ennek elvégzéséhez különböző eszközöket vehetünk igénybe (jelentős részük a 3D-vel foglalkozók számára ismertnek tűnhet, 11. ábra). Például mozgatás a 3D-s térben (színtengelyek mentén történő mozgatások, forgatások, kicsinyítések/nagyítások, torzítások) és speciális szintani manipulációk (kontrasztfokozás, egalizáció a kijelölt halmaz egy megadott tulajdonságára hisztogram alapján, a kijelölt halmaz egy megadott tulajdonságára – pl. telítettség – értelmezett görbe húzogatás stb.).

Aki szeretne jobban utánanézni a cikkben említett témakörök elméleti és gyakorlati hátterének, annak ajánlom figyelmébe az alábbi kulcsszavakat: *universal gamut mapping algorithm*, *CIECAM*, *uniform perceptual Lab*, *no color management*, *out of gamut*. Sajnos, nincs minden rajta a világhálón.

Érdeemes várni néhány évet és pár új szoftververziót.

A CIKKBEN HASZNÁLT SZAKKIFEJEZÉSEK, ELVONT FOGALMAK

Gamut. Egy adott eszköz vagy technológia által reprodukálni képes szintartomány. Itt hangsúlyozottan nem elsősorban a színek számát kell ez alatt érteni – szigorúan véve az általában csak arányos a gamuttal –, hanem praktikus és általánosságban azt, hogy mennyire képes egy adott színeképzési módszer/eszköz telített, tüzes, tiszta színeket megvalósítani a különböző szintartományokban. A gamut számszerű jellemzésének egy ma már elterjedt módja, hogy a háromdimeziós CIE Lab térben kiszámítjuk a gamut által meghatározott test térfogatát – pl. ΔE^3 -ben.



11. ábra

CIE Lab (D50, 2°). Egy elterjedt eszközfüggetlen színtér, melyben az L, a és b értékek határoznak meg egyértelműen egy adott színt. A (D50, 2°) jelölés azért lényeges, mert ez tájékoztat arról, hogy a spektrális értékek L, a és b értékekre történő átszámolása milyen megvilágítás és észlelőszög alatt történt (példánkban: D50 az 5000 K korrelált színhőmérsékletű standardizált napfény-szimulációt jelöl, míg a 2° az észlelő észlelési szögét). Érdekes megemlíteni, hogy a CIE Lab színtérben nehézkes a munkavégzés, ugyanis az 'a' és 'b' értékek éppen a színtér opponens jellegéből adódóan az adott szín zöldes-vörösés ('a'), illetve sárgás-kékes ('b') jellegét adják meg. Ezért elterjedtebb és jobban használható a CIE Lab színtérből egyszerű matematikai átszámítással nyert CIELCh színtér, ahol a paraméterek már olyan jellemzőket takarnak, melyek jól illeszkednek a színekkel kapcsolatos gondolkodásmódunkhoz:

- L – világosság,
- C – telítettség,
- h – színezet.

Lázár Ervin Ló Szerafinja. Lázár Ervin neves magyar író. A négyszögletű kerek erdő/Gyere haza Mikkamakka című írásának egy részletében a Ló Szerafin nevű szereplő legendás dialógja barátáival, ahol a „meglehetősen” kifejezés olyan sokat sejtetően elhangzik a pomogácsok méretét meghatározandó. Bővebb magyarázatért javasolt elolvasni a művet.

Rendering intent. A színterek megfeleltetése (színterek közötti átszámolás) során meghatározhatjuk, hogy az átszámolás milyen módon tör-

ténjen: például színaránytartó átszámolás, abszolút vagy relatív kolorimétrikus átszámolás. *Cross media color matching*. A különböző szint keltő eszközök, technológiák közötti átjárás, színmegfeleltetés úgy, hogy a *színerzet-egyezőség* létrejöjjön/megmaradjon. Tágabb értelemben a különböző észlelési környezetet is figyelembe veszik e folyamat során (pl. textilen, áruházi fény alatt megjelenő egy adott színt létrehozni egy másik médián, például HDTV-n, melyet sötét környezetben néznek vagy nyomtatott formában). Ilyen célra a homogén spektrális és megjelenési környezetben, mint például a produkciós minőségbiztosítási feladatokra egyébként kiválóan működő színrendszerek – mint amilyen a CIE Lab is –, már nem használhatók eredményesen, hanem úgynevezett színmegjelenési modell (*Colour Appearance Model*) alkalmazása szükséges, például CIECAM97. *Háttérinformáció*: a CIE Lab és a hozzá hasonló színtereket olyan színmérési feladatokhoz dolgozták ki, mint például a nagysorozatú gyártásközi színminőség-ellenőrzés. Ebben az esetben a referencia (más néven: muster, etalon) és a produkciós minta általában eleve relatíve kis színkülönbséggel rendelkezett, ugyanabból az anyagból/technológiával készült és ugyanolyanok voltak az észlelés befolyásoló egyéb feltételek (megvilágítás, észlelési szög, felületi struktúra stb.). Tehát fel sem merültek olyan igények, melyek a cross media color matching esetében natívan és magától értetődő módon jelentkeznek. A cikkhez kapcsolódóan videókat készítettünk, melyek elérhetők: www.palettaintent.hu/videos/