

Felületszínek átvitele CRT monitorra és alkalmazása színtévesztés diagnosztizálására

K. Wenzel^{*}, K. Samu^{}**

^{*}Coloryte Hungary Rt.

^{**}TUB, Dept. of Precision Mechanics and Optics

ABSTRACT

A DTP és a számítógépes design területén fontos a számítógép CRT monitorán megjelenő színek, és a majd megvalósítandó termék színeinek azonossága. A mai gyakorlatban a CRT monitorokon megjelenített színek helyessége különböző egyszerű szoftveres vagy pontosabb hardveres kalibrációval megoldható. Vannak azonban olyan területek amikor nemcsak a monitorszínek és a valóságban megjelenő színek kolorimetriai (pl ΔE^) egyezőségére kell ügyelnünk, hanem fontos a két szín spektrális egyezése is. Ilyen követelmény áll fenn abban az esetben is, ha festett színlátásvizsgáló tesztek szerelnénk átvinni CRT monitorra. Ekkor ugyanis a színtévesztők eltolódott receptor érzékenységi görbéi miatt a tesztek elsősorban spektrális jelenséget mérnek és csak második esetben fontos a szín pontos egyezősége. Az eddig kifejlesztett adaptált számítógépes színlátásvizsgáló [1,6,10] tesztek többségében színhasonlóság alapján készítették.*

A kutatásunk folyamán kidolgoztunk egy új módszert, ami a festett vagy nyomtatott felületszínek számára megtalálja a CRT monitoron azt a megfelelő színt amely optimális szín-és spektrális azonosságot is eredményez CRT monitorok színmegjelenítő képességéhez mérten. Kísérletképpen a színtévesztők diagnosztizálására alkalmazott és legjobban elterjedt Farnsworth és Ishihara tesztek alkottuk meg számítógép vezérelt CRT monitoron.

1. INTRODUCTION

CRT monitorok színmegjelenítő képessége

A színes CRT monitorok az additív színkeverés módszerével három alapszínből a vörös, zöld és kék alapszínekből keverik ki az megjelenítendő színt. A három alapszín a monitorerőnyő belső felületére vitt három jellegzetes színtartományban emittáló foszfor hozza létre. Érdemes megjegyezni hogy a vörös színt megjelenítő foszfor színekepe vonalas jellegű, emiatt még fontosabb hogy a színtévesztők miatt a tesztek monitoros adaptálásánál ne csak színegyeztetésre hanem spektrális egyeztetésre is törekedjünk.

A számítógépes monitorvezérlés során a digitális/analóg átalakítás folytán 256 intenzitásfokozat tudunk létrehozni alapszínenként. Ebből következik a 256^3 megjeleníthető összes szín amire a PC vezérelt monitor képes. A PC által használt színmegadás RGB rendszerű, és egysége az emittált fénysűrűséggel exponenciális kapcsolatban álló DAC. [8]

Mivel a PC monitorok változtatható paraméterekkel rendelkeznek ezért a monitorok RGB-DAC színrendszere minden monitoron más, vagyis egy DAC(R,G,B) koordinátához több féle szín is megfeleltethető, attól függően milyen monitor-beállításokat és monitorokat használunk. A változó paraméterek közé a CCT (Correlated Color Temperature), Contrast, Luminance, Gamma, és a foszfor-típus tartozik. Ahhoz, hogy a monitor által emittált sugárzás ismert legyen, azzal számításokat végezhesünk és a kívánt szín megjeleníthessük a monitoron, szükséges ezen paraméterek ismerete, és korrekciója (kalibrálás adott értékekre). [3,5]

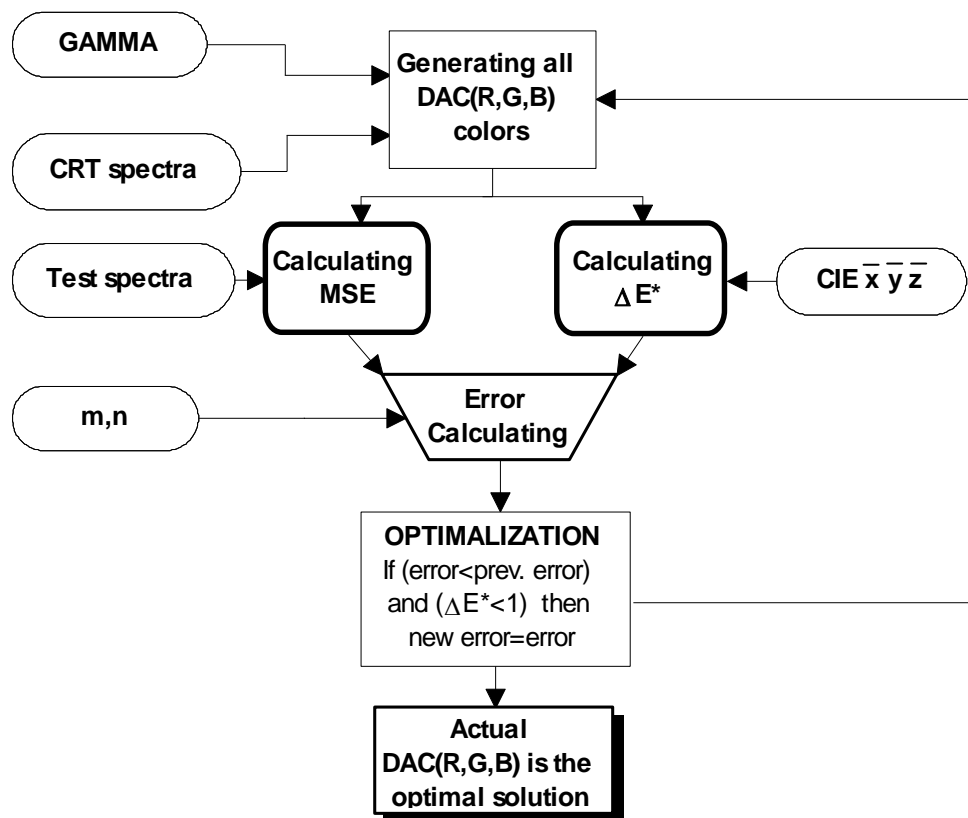


Figure 1. Szín egyeztető algoritmus

Farnsworth teszt és Ishihara színlátásvizsgáló tesztek

A Farnsworth teszt [2] 85 színes korongból áll, a szintévesztőnek ezeket kell színsorba állítani. A sorrend alapján számítással megrajzolt hiba-diagram csúcossága alapján megállapítható a szintévesztés típusa (red-, green-, blue- deficient), azonban pontosabb diagnózisra (anomal, anop) és kvantitatív elemzésre nem alkalmas.

Az Ishihara teszt [9] pöttyös háttéren pöttyökkel ábrázolt számos táblákból áll. Az összeállításban szereplő számok felismerése a szintévesztők számára nehézséget jelent. Az elhibázott tesztek alapján a szintévesztés biztonsággal megállapítható, azonban a szintévesztés típusát és fokát nehéz vele pontosan meghatározni.

2. METHODS

A kidolgozott színegyeztető módszer feladata, hogy adott felületszín spektrumához egy olyan CRT monitorral generálható spektrumot keressen, amely alakjában hasonlít rá. Emellett célunk, hogy a két spektrum alapján CIE Lab színrendszerben számolt ΔE^* színelkülönbség minimális és lehetőleg az észlelési küszöb alatti legyen. [7]

A feladat jól algoritmizálható (Figure 1.) ezért a színegyeztető módszert szoftveresen valósítottuk meg.

A felületszín \rightarrow CRT monitorszín egyeztetés első lépése a színlátásvizsgáló tesztek felületszíneinek spektrális reflexiómérése. Ezt egy D65 referencia fényforrást tartalmazó Microflash 45 spektrofotométerrel végeztük el.

A tetszőleges monitorszín emissziós spektrumának számításához szükségünk van azon CRT monitor paramétereire, amelyekre a színegyeztetést végre szeretnénk hajtani. Ezen kimérhető paraméterek az R, G, B gamma-görbék és az R, G, B spektrális emisszióeloszlások [4]. A

fenti két adat birtokában matematikailag előállítható mind a 256^3 megjeleníthető monitorszín spektrum.

Az optimális spektrumot kereső algoritmus 256^3 ciklusból áll. Minden egyes ciklusban összehasonlításra kerül az aktuálisan generált monitorspektrum és a felületszín által visszavert spektrum. Ezek eredményeként számolódik az aktuális hibaérték (1), ezek minimalizálásával kapjuk meg a kívánt DAC(R, G, B) végeredményt .

$$\text{Error} = \frac{m \cdot \Delta E^*}{\Delta E^*_{\max}} + \frac{n \cdot \text{MSE}[\varphi(\lambda)_{\text{CRT}} ; \varphi(\lambda)_{\text{surface colour}}]}{\text{MSE}[\varphi(\lambda)_{\text{CRT}} ; \varphi(\lambda)_{\text{surface colour}}]_{\max}} \quad (1)$$

A hibaérték egyrészt a két egyeztetendő spektrum alakjának eltéréséből, másrészt a két szín ΔE^* színekülönbségéből áll. Az m és n együtthatók a spektrális vagy a kolorimetriai színegyeztetés nagyobb figyelembevételének beállítására szolgálnak. A szoftver figyel a ΔE^* érték észlelhetetlenségi határon (<1) belüli tartására így ezen az intervallumon belül valóban a leghasonlóbb görbe kerül kiválasztásra.

A két spektrum alakjának összehasonlítás során kiszámításra kerül a két spektrum hullámhosszanként vett intenzitáskülönbség-négyzetének az összege. Ezen érték a két görbe közelségével négyzetesen csökken.

A ΔE^* érték amely a monitorszín és a felületszín közötti eltérést jelenti, az aktuális monitor emissziós spektrumból és a felületszín által visszavert spektrumból számítható. A spektrumokból meghatározott CIE XYX színösszetevőket kell átranzformálnunk Lab szintérbe és a két színt jellemző két pont közötti távolság adja a ΔE^* értékét. A számításnál referenciafehérként a D65 eloszlást használtuk mivel a felületszín mérés is ezzel történt, és a monitor színhőmérséklete is 6500 K volt (CCT).

Mind a színekülönbség és a spektrális összehasonlítás esetében normált spektrumgörbékkel dolgoztunk, mivel a világosságegyezést nem tartottuk fontosnak, a szín és spektrális karakterisztika hűségére törekedtünk.

A tesztszínek fenti módon történő egyeztetése után az eredményként DAC(R,G,B) monitorszíneket bevittük az erre a célra fejlesztett számítógépes Ishihara és Farnsworth teszt generátorra. Majd 6 szintévesztőn méréseket végeztünk mind az eredeti mind a számítógépes tesztekkel. A szintévesztők összehasonlító diagnózisát Heidelberg anomaloszkópon végeztük el.

A számítógépes tesztek esetében sötétszobás méréseket végeztük ahol a mért személyek fehérre történő adaptálását fehér felület megfelelő megvilágításával értük el. A monitorfehérre történő adaptálást a monitor vörös emissziós karakterisztikájának vonalas karakterisztikája miatt elvetettük. A mérésekre használt CRT monitor egy LG55i P22-es foszfort használó monitor volt 2,2-es kalibrált gammával. A megvilágított felület fénysűrűsége 80 cd/m^2 volt csakúgy mint a monitor fehérpontjának a fénysűrűsége. Az adaptációs mező és a monitorfehér egyaránt 6500 K korrelált színhőmérsékletű volt.

Az eredeti Farnsworth és Ishihara tesztek esetében napfény-megvilágításnál történtek a mérések

3. RESULTS

Színegyeztetés és a tesztek generálása

A színegyeztetés megkezdése előtt szükséges a monitor kalibrálása. A kalibrált gamma értékek, és a csúcsintenzitáson mért monitor emissziós görbék az egyeztető szoftver bemenő adataként szolgál.

A szoftver másik bemenő adata az egyeztetni kívánt felületszínek reflexiós spektruma. A méréseket a reflexiós spektrométerrel végeztük el. Az Ishihara könyv táblái közül hét ábra 56, míg a Farnsworth teszt 85 színének spektrális reflexióját mértük le.

A Labview fejlesztőkörnyezetben készült szoftveren ezek után egyenként egyeztetésre kerültek a valódi tesztek színei a DAC(R,G,B) színekkel. Mivel egy szín egyeztetése egy P2-900Mhz-es PC-n ~20 percet vett igénybe, ez a munkafázis 47 óra gépidőt igényelt. Az egyeztetés során a hibaérték m és n együtthatója egyaránt 1 volt, tehát az egyeztetés során egyenlő súllyal szerepelt a két közelítő módszer.

Valódi és CRT monitoros tesztek összehasonlítása

A kapott DAC értékek az egyeztetés után bekerültek a Delphiben fejlesztett Ishihara és Farnsworth tesztekbe. A CRT monitoros Ishihara teszt ezek után 7 egymás után lekérhető tesztképből áll. A szoftvert a vizsgáló személy kezeli, kérdezve a vizsgált személyt, hogy mit lát a tesztképen.

A CRT monitoros Farnsworth tesztben egyenként lehet lekérni a 4 színsorozatot. Minden esetben egy összekevert sorrendű sorba vannak rendezve a korongok, és a vizsgált személy drag&drop technikával alakítja ki a számára megfelelő sorrendet. Erre a feladatra a vizsgált személyek 10 percet kaptak. A négy sorozat után a szoftver automatikusan generálja a polárkoordinátás hibadiagramot (Figure 2.), amelyen a dignosztizáló vonalak is szerepelnek. Ez nagyfokú könnyítés a mérést végző számára, hiszen egy kiértékelés a valódi tesztnél 4-5 perc (számítógéppel segítve is 2-3 perc).

Az eredeti tesztekkel a méréseket a fentiek analógiájára végeztük.

Szintévesztő	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Szintévesztés típusa (anomaloszkóppal)	DA	DA	DA	PA	DO	PA
Eredeti	D	D	D	P	D	P
CRT monitor	D	D	D	P	D	P

PA-protanomalous, DA-deuteranomalous, PO-protanope, DO-deuteranope, P-protan, D-deutan

Table 1. Farnsworth mérésekkel felállított diagnózisok

No.	Teszt	1	2	3	4	8	11	16
1.	Eredeti	II	00	00	00	00	I0	II
	CRT	II	00	00	00	0I	II	II
2.	Eredeti	II	00	00	II	00	II	II
	CRT	II	00	00	II	I0	II	II
3.	Eredeti	II	00	00	00	00	0I	II
	CRT	II	00	00	00	I0	II	II
4.	Eredeti	II	00	00	00	00	II	00
	CRT	II	00	00	00	I0	II	00
5.	Eredeti	II	00	00	II	00	00	00
	CRT	II	00	00	II	00	00	00
6.	Eredeti	II	00	00	00	00	II	II
	CRT	II	00	I0	00	I0	II	II

R-recognizable U-unrecognizable

Table 2. Ishihara tesztekkel felállított diagnózisok

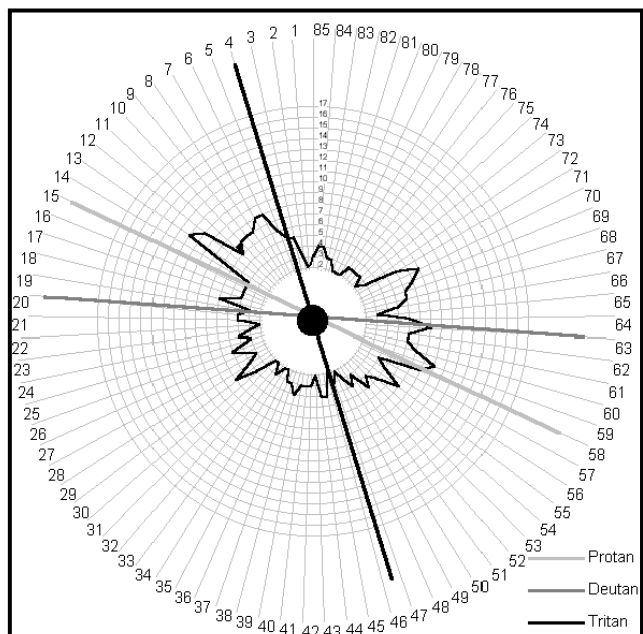


Figure 2. Az 4. mért személy CRT monitoros Farnsworth hiba-diagramja

Az 1. táblázatban a 6 vizsgált szintévesztő különböző módszerekkel megállapított diagnózisát láthatjuk. A referenciaként kezelt legjobb felbontást eredményező anomaloszkóphoz viszonyítva az eredeti korongos és a CRT monitoros hibadiagramok nem adtak eltérő diagnózist. A három deuteranomál és egy deuteranop személyt a zöld szintévesztőkhöz (deutan) sorolta. A két protanomál szemálynél pedig a vörös szintévesztést (protan) állapította meg mindkét Farnsworth teszt. A 6. esetben ismétlőképességi vizsgálatot végezve a Farnsworth tesztekkel, három mérés sem mutatott eltérést az anomaloszkóphoz képest.

A 2. Táblázatban a mért személyek által az eredeti és monitoros Ishihara ábrát felismert/tévesztett statisztikát látjuk. (Mivel egy tesztábra két számból áll ezért ábránként két értékelés található.) Az Ishihara vizsgálatok során a 6 személy összesen 42 tesztábrát tekintett meg. Ezek közül mindössze 7 esetben történt különböző felismerhetőségi eredmény a monitoros és a nyomtatott tesztek közül. Az eltérő eredmények esetében is általában az egyik szám felismerése/tévesztése azonos a két teszt esetében. Ez a jelenség valószínűleg az eredeti tesztek számainak monitoros adaptálás során történő geometriai átalakításának tökéletlenségéből fakad.

4. CONCLUSIONS

Mind a Farnsworth és az Ishihara teszt esetében ugyanazt a diagnózist sikerült felállítani a valódi és a monitoros teszteknel is, tehát a CRT monitoros tesztek hatékonysága nem rosszabb a valódi teszteknel. A monitoros Farnsworth teszt kiértékelési idő nullára csökkent a PC-s feldolgozás következtében, ez jelentősen rövidebbé teszi a kicsit hosszadalmas kézi módon történő méréseket.

Megfigyeléseink szerint a tesztszemélyek érdekesebbnek és játékszerűbbnek fogták fel a számítógépes tesztek. Ez jelentős eredmény, hiszen sokszor fellép a valódi tesztek esetében a lámpaláz, mivel ezek orvosi eszközként jelennek meg a vizsgált személyek tudatában. A számítógépes tesztek ezzel ellentétben a kihívást és a játékot jelképezik.

Mindent összevetve egy hatékony megfeleltetését hoztuk létre a két színlátásvizsgáló tesztnek. Az új tesztek egyaránt figyelembe veszik a spektrális és a színegyeztetést is ezáltal jobban alkalmazkodnak a monitorok speciális színmegjelenítő képességéhez és a szintévesztés spektrális jellegéhez. Tesztjeinkkel lehetővé vált az eredeti költséges tesztek szélesebb körű elterjedésének megkönnyítése. A tesztek kifejlesztését segítő felületszín→CRT monitor színegyeztető módszer pedig jól felhasználható az igen gyakran előforduló hasonló feladatokban.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like thank Dr. Ábraham György for his technological advice's, and Antal Ákos for measure instruments.

6. REFERENCES

- [1] Cambridge Research Systems, Ltd.: Psicho software, <http://www.crs ltd.com/>, 2000.
- [2] Dean Farnsworth: The Farnsworth-Munsell 100 hue-test, J.Opt.Soc.Am. Vol. 33., p. 568, 1943.
- [3] Jimeney J.R., RecheJ. F., et al: Optimization of color reproduction on CRT-color monitors, Color Res. and App., Vol. 24, p. 207-213, 1999.

- [4] K. Samu: Automated Gamma-Curve Measurement Of Crt Computer Monitors, Gépészet 2002, p. 817-821, Budapest, 2002.
- [5] Ko Besuijen, Gerd P.J. Spenkelink: Standardizing visual display quality, Ergonomics Group, University of Twente, June 1998.
- [6] Ladunga K.: Színlátást Vizsgáló Tesztelés Katódsugárcsöves Monitorral, Ph.D. Értekezés, Budapest, p. 67-69. ,2001.
- [7] Lukács Gy.: A színmérésről. Műszerügyi és mérés technikai közlemények Vol. 64., p. 63-72, 1999.
- [8] R. Jackson, L. MacDonald, K. Freeman: Computer Generated Colour, John Wiley & Sons, Chichester, 1993.
- [9] Shinobu Ishihara: The Series of Plates Designed as a Test for Colour-Deficiency, Kanahara&Co., Ltd, p. 1-9, Tokyo, 1995.
- [10] TwoDocs, Inc.: Color Vision Testing, New Orleans, www.twodocs.com, 1999.