

A színes monitor, mint kutatási eszköz The colour monitor as a scientific tool

Dr. Wenzel Klára, Samu Krisztián

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Finommechanikai Optikai Tanszék,
1521 Budapest, Pf. 91. Telefon: 463-3792, Fax: 463-4167
Email: wenzel@fot.bme.hu, samuk@fot.bme.hu

Abstract

The usage of computer controlled CRT displays as colour displaying devices or measurement tools has great advantages. We constructed a large number of different new colour monitor tests to measure colour vision anomalies with personally brightness-compensated pseudoisochromatic plates; to measure colour and luminance contrast sensitivity function of the eye and the possibilities of the chromatic adaptation. Measures were conducted with calibrated CRT monitors using the new monitor tests with participants of anomalous and normal colour vision. The new monitor tests were useful in the scientific work on anomalous colour vision.

1. Bevezetés

A számítógéppel vezérelt színes monitorokat széles körben alkalmazzák a színes szakmákban. A színes nyomdatermékeket számítógépes tervező programokkal szerkesztik meg, a színes textilek mintáit számítógépen tervezik, a belsőépítészek színtervei is számítógépen készülnek. A monitorok színmegjelenítő képessége ugyanis minden igényt kielégít: a monitorokon ma megjeleníthető mintegy tizenhatmillió színárnyalat több mint amennyit szemünk megkülönböztetni képes, a monitoron megjelenített kép pedig megfelelő tervező programok segítségével pillanatok alatt megváltoztatható vagy átszínezhető.

A színes monitorok azonban nemcsak tervezésre, hanem tudományos mérések elvégzésére is alkalmasak, különösen a színlátás kutatásban. A színlátás vizsgálatára három módszer ismeretes:

1. Spektrális abszorpció mérés a retinán illetve a retinális receptorokon
2. Anomaloszkóppal végzett mérés
3. Színes teszt-ábrákkal történő vizsgálat

A három módszer elvében, eredményességében, az alkalmazás nehézségében és költségigényében jelentősen eltér egymástól.

A legnehezebben kivitelezhető és legköltségesebb színlátás mérési módszer a spektrális abszorpció mérés. Csak néhány igen jól felszerelt kutatóintézetben végeztek ilyen méréseket, kísérleti kutató eszközök alkalmazásával, kevés számú kísérleti személyen.

Az anomaloszkópos mérést is csak nagyobb kórházakban és klinikákon tudják elvégezni, mivel az anomaloszkópok drágák (áruk kb. 10 ezer EU), kezelésük pedig szakértelmet és gyakorlatot igényel. A mérés hátránya, hogy a vizsgálatot 2⁰-os látómezőben végzik, holott a színlátás kiterjedt látómezőben történik. Sok szintévesztő van, aki 2⁰-os látómezőben szinte színvak, míg kiterjedt látómezőben tűrhető színlátása van, ezért ezeknél az anomaloszkópos mérés eredménye eltér a teszt eredményektől, sőt a valóságtól is.

Legelterjedtebb, legegyszerűbb és legolcsóbb a színes teszt-ábrákkal történő vizsgálat, ezen kívül ez az a módszer, amely a szemet normális élettani körülmények között vizsgálja, tehát az eredmény

leginkább közel áll a valósághoz. Legismertebbek az úgynevezett pszeudoizokromatikus teszt-ábrák (pl. a japán Ishihara, a német Velhagen és az orosz Rabkin-féle tesztek). Azonban a színes teszt-ábráknak is vannak hibái:

1. A teszt-ábrák a fénytől fakulnak, az érintéstől piszkolódnak.
2. A teszt-ábrákat nem a szokásos nyomdatechnikai eljárásokkal sokszorosítják, hanem speciálisan kevert festékek alkalmazásával állítják elő. Ezek az ábrák nem sokszorosíthatók, csak az eredeti, meglehetősen drága teszt-ábrák adják a megfelelő eredményt.
3. Csak szórt, közvetett napfény megvilágításban, vagy kb. 5500 K színhőmérsékletű, kellően erős, nem vonalas spektrumú fényforrással megvilágítva alkalmazhatók.
4. A teszt-ábra sorozatok kevés (néhányszor tíz) lapból állnak és sorrendjük kötött, ezért könnyen megtanulhatók, így a teszt eredménye nem minden esetben objektív.
5. A teszt eredménye erősen függ az ábrák tanulmányozására adott időtől.

Ha a tesztábrákat színes monitorokon állítjuk elő, a fenti hibák kiküszöbölhetők:

1. A színes monitoron az ábrák nem fakulnak, nem piszkolódnak.
2. Az újabb ábrák megszerkesztése alkalmasan kifejlesztett program segítségével egyszerűen, gyorsan elvégezhető. Új kutatási elgondolások egyszerűen megvalósíthatók.
3. A vizsgálathoz nem kell különleges megvilágítást biztosítani.
4. A teszt-ábrák igen nagy mennyisége hívható elő, akár véletlenszerű sorrendben is, tehát megtanulhatatlanul.
5. Az ábrák megjelenítési üteme beállítható, így a vizsgálati eredmény megbízhatóbbá válik.
6. Ráadásul a vizsgálati eredmények a teszt-ábrákat generáló számítógépen gyűjthetők, kiértékelhetők, archiválhatók.
7. További előny, hogy mozgó teszt-ábrák is alkalmazhatók.

Ezen előnyök biztattak arra, hogy a világon az elsők között alkalmazzak színes monitor-teszteket a színlátás kutatásban.

2. A színes CRT monitorok teszt-műszerként történő alkalmazásának feltételei

A színes monitor-tesztek kifejlesztése előtt meg kell ismerni monitorunkat, azaz be kell kalibrálni azt. A kalibrálás során a következő mérés technikai jellemzőket kell meghatározni:

1. A színes monitor vörös, zöld és kék (R, G és B betűvel jelölt) fényporának spektrális emisszióját,
2. Az R, G és B fénypor bemenete (a beállított 0...255 értékű digitalizált intenzitási fokozat, az úgynevezett DAC érték) és kimenete (a monitor cd/m^2 -ben mért fénysűrűsége) közötti függvény-kapcsolatot. (Mivel ez a függvény exponenciális jellegű, a függvény kitevőjében található γ érték alapján ezt a fényporok γ függvényének nevezik.).
3. A fényporok egymáshoz viszonyított fénysűrűségét a maximális 255 DAC érték mellett,
4. A monitorok fényporainak fénysűrűségét 0 DAC érték mellett,
5. A monitorok felülete mentén a fénysűrűség változásait.

3. A színes teszt-ábrák tervezési szempontjai

A színes teszt-ábrák nem készülhetnek a meglévő teszt-ábrák egyszerű be szkennelésével. Illetve, ha ezt a módszert alkalmazzuk, akkor sem várhatjuk, hogy a teszt-ábra a monitoron ugyanúgy fog működni, mint az eredeti, ugyanis a monitor spektruma nem teszi lehetővé az eredetivel való spektrális azonosságot. (Az eredeti ábra és a monitoron megjelenített ábra metamer lesz, ami azt jelenti, hogy bár

bizonyos szituációban azonos színűnek láthatjuk őket, spektrálisan eltérőek, és a látszólagos szín-azonosság a szituáció megváltozásakor megszűnik.)

Ezért helyesebb, ha a teszt-ábrákat igényeinknek megfelelően újra tervezzük. A tervezésnél figyelembe kell venni a monitor térbeli, intenzitásbeli illetve színbeli feloldását és az előző pontban felsorolt mérés technikai jellemzőket. A feloldás alapján meg kell határozni a teszt-ábra és a mérő személy előírt távolságát is. A teszt-ábrák színeinek megtervezésével egyidejűleg meg kell tervezni a környezeti megvilágítást is.

A mozgó teszt-ábrák mozgási sebességét a monitor dinamikus tulajdonságai alapján kell meghatározni, és össze kell hangolni a vizsgált szem fúziós frekvenciájával, továbbá a környezet megvilágításának esetleges villogási frekvenciájával is.

4. Az első monitor-tesztek

Az első monitor-tesztet 1986-1988-ban szerkesztettük meg tudományos diákköri munkások, illetve diplomatervező hallgatók részvételével [1. 2]. Ebben az időben Magyarországon még nem is jelentek meg a színes monitorok. A feladatot ezért olyan színes TV alkalmazásával oldottuk meg, amelynek R, G és B bemenete szabályozható volt. A teszt-ábrákat egy EMG fejlesztésű magyar számítógéppel hoztuk létre. Ezek a teszt-ábrák még elég gyenge feloldásúak voltak, mivel a fényporok intenzitását akkor még nem tudtuk 255 fokozatban beállítani, ezért a színárnyalatokat pixelenkénti színváltogatással kellett létrehozni.

Csak egy évvel később publikálta a Cambridgei Mollon professzor az ő első számítógépes monitor-tesztjeit [3], a Stilling-teszt monitoros változatát.

5. További monitor-tesztjeink

Az ezt követő 16 év alatt monitor-tesztek sorát hoztuk létre TDK munkák, diplomatervek, majd PhD munkák keretében. Ezek közül a legértékesebbek illetve legújászerűbbek a következők voltak:

1. Pseudoizokromatikus tesztábrák színes monitoron

A teszt-ábrákat ismét TDK munka illetve diplomatervezési munka keretében szerkesztette meg két tehetséges egyetemi hallgató [4,5]. Szerkesztő programot írtak, majd mintegy 150 különböző színű pseudoizokromatikus ábrát szerkesztettek meg. Ezeket nyári gyakorlatuk keretében a Pályaalkalmassági Intézetnél tesztelték 50 szintévesztő és 50 ép színlátó gyermekben. A leghatékonyabb 20 ábrát ezen mérések alapján választottuk ki. [6,7]

2. Teszt a szín-adaptáció törvényszerűségeinek vizsgálatára

A szín-adaptáció törvényszerűségeit von Kries foglalta össze [8]. Ezek a törvények a színadaptáció alaptörvényeit fektetik le. A tesztünkkel végzett mérések alapján ezeket az alaptörvényeket olyan részletekkel tudtuk kiegészíteni, mint például az adaptációs mező és az adaptált mező méretbeli arányának, vagy az adaptációs mező és az adaptált mező egymástól való távolságának hatása [9, 14].

3. Világosságkompenzált pseudoizokromatikus tesztek

A könyvekben található pseudoizokromatikus ábrák egyik legnagyobb hibája, hogy nem tudja figyelembe venni a szintévesztőknek a normál színlátókétól eltérő relatív világosság érzékelését. Ezért egyes szintévesztők nem is a színek alapján, hanem a számukra nagyon világosnak (vagy éppen nagyon sötétnek) tűnő árnyalatok alapján ismerik fel a betűket vagy a számokat az Ishihara ábrákon, és ezáltal sokkal jobb eredményt produkálnak a várhatónál.

Relatív világosság mérések alapján Samu Krisztián világosságkompenzált pszeudoizokromatikus tesztek hozott létre [17, 21], amelyek ezt a hibát személyre szabottan kompenzálják ki. Ezt a megoldást nyomdatechnikai úton nem lehetne megvalósítani, csak a számítógépes színkezelés teszi lehetővé.

4. A színes felodás mérése

A színtévesztők nemcsak kevesebb színt látnak, mint az ép színlátók (több millió helyett csak néhány százat), de ebből következően kevesebb részletet is tudnak megkülönböztetni a színes képeken. Ennek jellemzésére definiáltuk a színes felodás fogalmát, kiindulva a már ismert fekete-fehér felodás fogalmából. A színes felodás mérésére Samu Krisztián több kitűnő színes monitor-tesztet is szerkesztett [13, 15, 16, 18]

5. Összefoglalás

A színes monitor-tesztekkel végzett kísérleteink igazolták, hogy a színes monitor a színlátás kutatás hatékony eszköze.

6. References

1. **Anna Makowska:** TV anomaloszóp tervezése, Diplomaterv 1988, BME Diplomaterv pályázat III. díj, Tervezés vezető: **Dr. Wenzel Klára**
2. **Varga János:** TV-LED anomaloszóp tervezése, Tudományos diákköri dolgozat, BME TDK konferencia II.díj, 1988, Budapest, Kutatás vezető: **Dr. Wenzel Klára**
3. **J. D.Mollon, J.P.Refin:** A computer-controlled colour vision test that combines the principles of Chibret and of Stilling, R.C.S. MEETING, 1989
4. **Novotny Csilla, Vanderer Lóránd:** Pszeudoizokromatikus ábrák színes monitoron, Országos TDK Konferencia 1. díj, 1993, Kutatásvezető: **Dr. Wenzel Klára**
5. **Novotny Csilla:** Színes monitorok alkalmazása a színlátás ellenőrzésére, Diplomaterv 1994, BME Diplomaterv pályázat I. díj, Tervezés vezető: **Dr. Wenzel Klára**
6. **Dr.Wenzel Klára:** A színes monitor alkalmazása a színlátás vizsgálatára (MAGYAR OPTIKA 1996. febr. 6-9)
7. **Dr. Wenzel Klára:** A színes monitorok alkalmazása a színlátás vizsgálatára (OPAKFI 1996.)
8. **Schober, H.:** Das Sehen, Verlag für Fachliteratur, Rich. Markewitz, Mühlhausen I. Thür, 1950
9. **K.Wenzel-I.Kucsera:** Chromatic Adaptation Testing with a Computer Graphics System (10th International Conference of Women Engineers and Scientists, Bp. 1996)
10. **Dr. Wenzel Klára:** Hogyan látják a színeket a színtévesztők?(Plenáris előadás, XXI.Colorisztikai Szimpózium, Tata 1997.
11. **Ladunga K., Wenzel K.:** New colour vision test on monitor, XVth ICVS Symposium,Göttingen, 1999
12. **Ladunga K., Kucsera I., Wenzel K.:** If I were colour blind, CIE Symposium '99, Budapest, 1999
13. **Wenzel K., Ladunga K., Ábrahám Gy., Kovács G., Kucsera I., Samu K.:** Measuring colour resolution of the eye by using colour monitors, Colour and Visual Scales Conference,London, 2000
14. **Wenzel K., Ladunga K., Ábrahám Gy., Kovács G., Kucsera I.:** Measuring colour adaptation on monitors, ISCC 2nd Panchromatic Conference, Savannah, 2000
15. **Samu k., Wenzel K., Ladunga K.:** Colour and luminance contrast sensitivity function of people with anomalous colour vision, AIC Conference, Rochester, 2001. June 24-29, Proceedings of SPIE. Volume 4421
16. **K.Wenzel, K.Ladunga, K.Samu:** Measurement of colour defective and normal colour vision subject's colour and luminance contrast threshold functions on CRT, Periodica Polytechnica, Vol. 45. No. 1., PP. 103-108, 2001
17. **Samu Krisztián, Wenzel Klára:** Színtévesztés vizsgálata világosságkompenzált pszeudoizokromatikus tesztekkel CRT monitoron, Kolorisztikai Szimpózium, Tata 2001
18. **Samu Krisztián, Ladunga Károly, Wenzel Klára:** Színtévesztők csökkent szíkontraszt érzékenysége, Kolorisztikai Szimpózium, Tata 2001
19. **Ladunga Károly, Wenzel Klára:** Egy új színlátásvizsgáló teszt a monitoron, Kolorisztikai Szimpózium, Tata 2001
20. **Wenzel K, Kovacs I, Böhm V.:**Practical experiences with the colour contour test, AIC COLOR 2002 SI, Conference in Maribor, Book of Proceedings, P. 34-39.
21. **Samu Krisztián, Wenzel Klára:** CRT monotonon megjelenített, világosság-érzet kompenzált, három primeres pszeudoizokromatikus tesztek, Lux et Color Vespremiensis, 2003, Veszprém
22. **Krisztián Samu and Klára Wenzel:** Presenting Surface Colours on Computer Controlled CRT Displays, Facta Universitatis (NIS), Ser.: Elec. Energ. Vol. 16, Aug. 2003, 177-183