

## Szintévesztők színadaptációjának vizsgálata

### Analysing the chromatic adaptation of color deficient people

*Dr.habil ÁBRAHÁM György<sup>1</sup>professor emeritus, CSUTORÁS Bence<sup>1</sup>egyetemi hallgató,  
Dr. FEKETE Róbert Tamás<sup>2</sup>, SZABÓ Máté<sup>2</sup> junior fejlesztőmérnök*

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem GPK.Mechatronika.Optika és Gépészeti Informatika  
Tanszék1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9, Tel.: +3614632602, E-mail:info@mogi.bme.hu

<sup>2</sup> Medicontur Kft. 2072 Zsámbék, Herceghalmi út 1., E-mail: mc@medicontur.hu

#### Abstract

*Color blindness can now be corrected with colored corrective glasses. A color filter must be used that shifts the sensitivity of the receptor in the right direction. The real trick here is that we don't interfere with the body, yet we do something like shifting the sensitivity of the wrong receptor! The spectrum of the light reaching the eye can be distorted (filtered) in such a way that its effect is equivalent to the desired shift in the sensitivity of the receptor. There is another important pillar of the procedure: The color filter absorbs light to varying degrees from wavelength to wavelength, so as a side effect it would inevitably spoil the sensitivity ratio between the individual receptors, in addition to shifting the sensitivity maximum of the wrong receptor. Fortunately, however, the human eye can compensate for this side effect with adaptation. The presentation is about experimentally determining the degree of adaptation that people with color vision deficiency are capable of.*

**Keywords:** optics, optomechatronics, color vision deficiency, color vision, color adaptation

#### Kivonat

*A szintévesztést ma már színes, korrekciós szemüvegekkel lehet korrigálni. Olyan színszűrőt kell alkalmazni, amelyik eltolja a receptor érzékenységet a helyes irányba. A dologban az igazi trükk az, hogy nem avatkozunk be a szervezetbe, mégis olyan dolgot csinálunk, mintha eltolnánk a rossz receptor érzékenységet! A szembe érkező fény spektrumát lehet úgy torzítani, (szűrőzni), hogy az hatásában egyenértékű legyen a receptor érzékenységének kívánatos eltolásával. Van még egy fontos pillére az eljárásnak: A színszűrő hullámhosszról, hullámhosszra különböző mértékben elvesz a fényből, így mellékhatásként óhatatlanul elrontaná az egyes receptorok közötti érzékenység-arányt amellet, hogy helyre tolja a rossz receptor érzékenységi maximumát. Szerencsére azonban ezt a mellékhatást az emberi szem adaptációval kompenzálni képes. Az előadás arról szól, hogy kísérleti úton meghatározzuk azt az adaptációs mértéket, amelyre a szintévesztők képesek.*

**Kulcsszavak:** optika, optomechatronika, színlátás, szintévesztés, színadaptáció

## 1. Bevezetés

A szintévesztés egy nemhez kötött öröklődő látási rendellenesség. [1] [2] A szintévesztéssel sokáig kevesen foglalkoztak, ám a BME MOGI tanszéken már évtizedek óta magas szintű, eredményes kutatás folyik a témakörben, ehhez kapcsolódva végeztük színadaptációs vizsgálatainkat. [5] Itt nem egyszerűen a pupilla kitágulására kell gondolni, vagyis nem a kissé lecsökkent fény mennyiséget kell kompenzálni, hanem az egyes receptorok érzékenységének kell helyreállni – amit színi adaptációnak nevezünk. Ez a videokamerában a „white-balance” állításával van megoldva, a szemünkben viszont automatikus. Ez az adaptáció a korrekciós szemüveg feltételét követő néhány perc alatt nagyrészt létrejön, bár teljessé válásához kb. ½ óra szükséges és függ a látott fény erősségétől, valamint gyorsítható ismert fehér tárgyakra nézéssel.

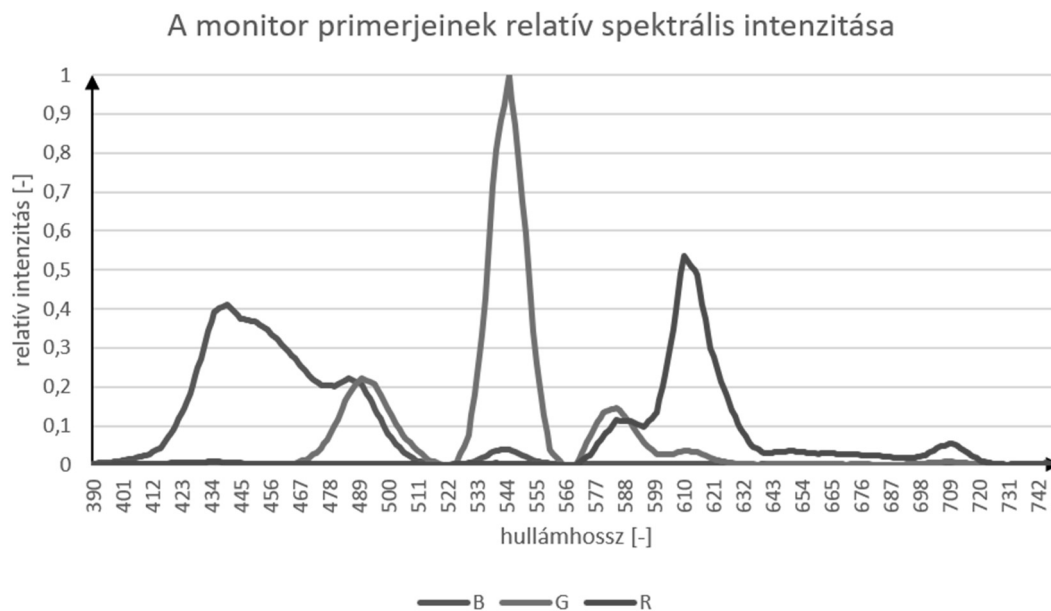
## 2. A színadaptációs mérések megtervezése

A mai világban elengedhetetlenek a monitorok. Az emberiség soha nem töltött még olyan sok időt képernyők előtt, mint most. Ezek a megjelenítő eszközök nagymértékű változáson mentek át az elmúlt évtizedekben és a mai napig nagy verseny folyik kutatók és cégek között annak érdekében, hogy minél jobb

kijelzőket tudjanak készíteni. A színadaptáció méréséről gondolkozva sok ötletünk volt, hogy hogyan lehetne alkalmazni a digitális képernyőket. Egy digitális mérésnek sok előnye van: nem szükséges fizikailag szemüveget készíteni hozzá, sokkal részletesebb határokat lehet megadni stb. Azonban problémák és nehézségek is akadnak: nagyon sokfélék a kijelzők, így nehéz általánosságban beszélni róluk, sokszor rossz a színviláguk, nagyon sokat számíthat a betekintési szög, és még sorolhatnánk. Azonban úgy gondoltuk, hogy érdemes lenne mérni olyan esetet is, ahol színes fényforrást vizsgálunk és nem csak a fehér fény visszaverődését különböző felületekről, ezt pedig egy monitorral lehet a legjobban megvalósítani.

A Medicontur cégnél rendelkezésre bocsájtottak egy LG 24MP58VQ-P IPS monitort. Sajnos az IPS technológia nem a legelőnyösebb színek tekintetében, de a BME MOGI tanszékén használhattuk a Konica Minolta által készített, monitormérésre alkalmas kijelző színmérő műszerét és szoftverét, melynek segítségével megmértük a monitor teljes spektrumát a látható tartományban (380 nanométertől 750 nanométerig), külön mindhárom primerre, így megkaptuk mindhárom spektrális érzékenységet, ezt ábrázoltuk is (1. ábra). Ezek alapján kiszámoltuk a három gammát:

- a vörös primer gammája: 2,13960
- a zöld primer gammája: 2,22308
- a kék primer gammája: 2,21258



1. ábra. A monitor három primerjének relatív spektrális intenzitása

Az A. Stockman és L. T. Sharpe által meghatározott receptorérzékenységi görbék [3] [4] ismeretével minden adott volt ahhoz, hogy meghatározzuk azt, hogy egy bizonyos RGB kód a monitoron megjelenve milyen mértékben ingerli egy normál színlátó három receptorát. Ezen túl az is meghatározható, hogy ezen ingerek hatására milyen mértékű adaptáció szükséges annak érdekében, hogy beálljon a fehéregyensúly.

### 3. A színadaptációs mérések elvégzése

Mindezt ismerve, bemérve és kiszámolva a monitoron bármilyen színt, jelet, ábrát, rajzot vagy fényképet meg tudtunk jeleníteni úgy, hogy tudtuk milyen folyamatokat indít el receptorszinten. Ezt úgy használtuk fel úgy, hogy különböző fényképeket mutattunk a tesztalanyoknak, viszont a fényképek színezetét módosítottuk. Az eredeti 100 fényképből megtartottunk 21 képet, mely mindegyikén szerepelt valamilyen mértékben a fehér szín, így ez alapján tudtunk visszajelzést kérni a tesztalanyoktól. A képek tartalma meglehetősen változó, mert azt szerettük volna elérni, hogy a tesztalanyok elérjék a színadaptációjuk maximumát. Ennek tükrében olyan felületekről mutattunk képeket, melyekről tudat alatt az az ember elképzelése, hogy fehér. Ilyenek lehetnek állatok, pl. a hattyúk vagy a pingvinek, vagy a jég és a hó, de lehet akár tej vagy menyasszonyi ruha is. A képek elszínezése piros irányba történt, amit úgy értünk el, hogy a képeket pixelenként megvizsgáltunk és

minden pixel RGB értékének G és B, tehát zöld és kék értékét, bizonyos százalékkal csökkentettük. Ezt elvégeztük öt százalékonként, így kaptunk az eredeti 21 kép mellé 20\*21 képet, így összesen 441 képet.

Mivel a színadaptáció a teljes látómező alapján történik, fontos, hogy a monitor képe mellett ne legyen egyéb színes zavaró tényező a környezetben. Egy monitor képe kényelmes nézési távolságból nem tölti ki a látómezőt olyan jól, mint a szemüveglencse, ezért a sikeres adaptációhoz egy sötét szobában kell nézni a képeket.

A mérések időtartama egy adott elszínezésre 10 perc volt. A tesztek Microsoft PowerPoint segítségével készültek. A feladat az volt, hogy megtaláljuk a legvörösebb elszínezést, amelyre még képes adaptálni a tesztalany szeme. Egy diásor a következőképpen nézett ki:

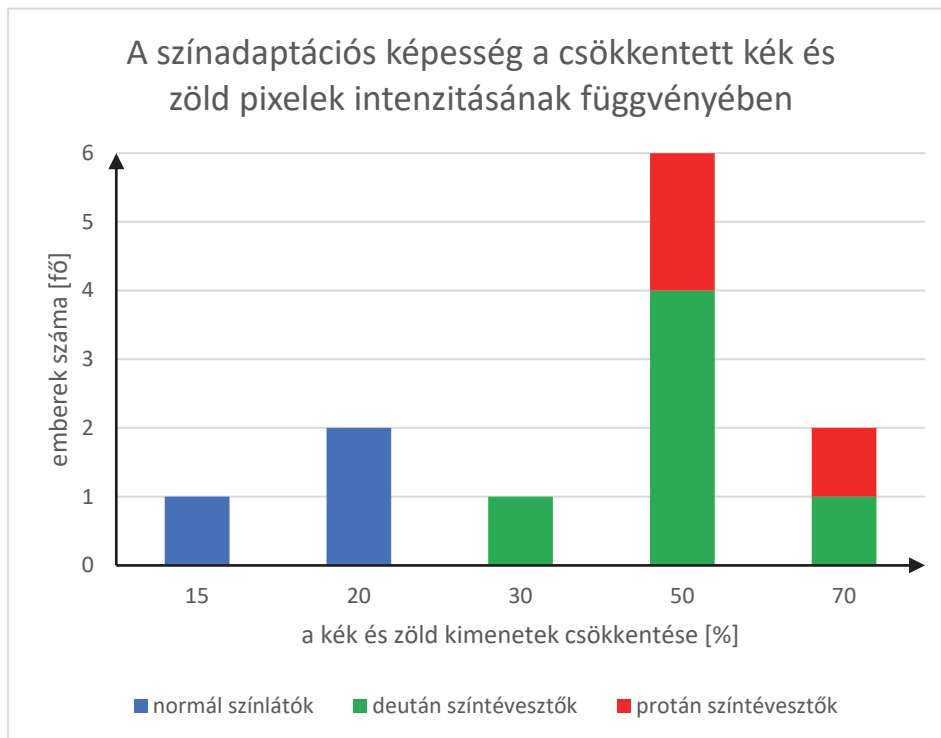
- az első dia egy üres fekete háttér, hogy a páciensek szeme pihenjen a mérés előtt,
- a második dia az adott színezet megjelenítése háttérként,
- a harmadik diától a huszonharmadik diáig láthatóak az elszínezett képek,
- az utolsó dián ismételt az adott színezet, mint háttér.

A tesztmérések alatt feltűnt, hogy a szem jelentősen elfáradhat a sötét szobában egy világos monitor nézése során, így szükségesnek láttuk a két mérés közötti pihentetést, ezért nincs semmi az első dián. A második dián megmutatjuk az adott elszínezéssel kapott háttérrel. Ez hasonló ahhoz, amikor egy fehér papírlapot nézünk egy bizonyos vörös szűrővel. Természetesen a kettő nem ekvivalens, különösen azért, mert a papírlapról van előzetes ismerete a tesztalanyaknak – a papírt látta, mielőtt felvette a szemüveget, meggyőződhetett arról, hogy nem színes, így tudja, hogy fehér kellene legyen, csak a színszűrő miatt látja más színűnek. Ugyanez nem mondható el a monitor esetében, hisz nem tudhatjuk biztosan, milyen színű egy monitor fénye, tudjuk, hogy egyik pillanatról a másikra változhat észrevétlenül. A harmadik diától kezdve szerepeltek a válogatott képek, az adott elszínezési százalékkal, majd az utolsó diára ismét kivetítettük a második dián már látott színes háttérrel.

A mérések 2022. november 11. és december 17. között zajlottak. Ez alatt 9 szintévesztő (6 deután, 3 protán) és 3 normál színlátó végezte el a tesztet.

#### 4. A mérések eredményei

A mérések eredményei a 2. ábrán láthatók. A kilenc szintévesztőből kettő még a kék és zöld pixelek 70 százalékos intenzitáscsökkentésére is tudott adaptálni, hatan tudtak az 50 százalékos intenzitáscsökkentésre adaptálni, és volt egy szintévesztő, aki csak a 30 százalékos csökkentésre tudott adaptálni. A három normál színlátóból kettő legfeljebb a 20 százalékos csökkentésre tudott adaptálni, míg egy csak 15 százalékra.



2. ábra. A normál színlátók és a szintévesztők színadaptációjának összehasonlítása

Ezek a számok azonban nem adják vissza nekünk a szem színadaptációs képességét. A monitoron megjelenő színeket visszaszorozva a szemünk érzékenységi görbéivel megkapjuk, hogy a kék és zöld pixelek kimeneti jelének szabályozása mit is jelent a szem adaptációját illetően. Ezeket az értékeket az 1. táblázat tartalmazza.

Az adott elszínezés

1. táblázat

Kék és zöld pixeljelek csökkentése [%]	A normál színlátó szükséges színadaptációja [%]
70	71,34
50	40,63
30	13,70
20	4,38
15	2,76

A szükséges színadaptáció a legbeszédesebb mérőszám, ám használata félrevezethető lehet, ugyanis ez a szintévesztők esetében változhat. Használata esetén mindenképpen jelezni kell, hogy a számok egy normál színlátó esetére vonatkoznak. Ki lehetne számolni az egyes esetekre jutó értékeket, ám ebben az esetben nem különösebben fontos, hiszen az alkalmazás során nem az számít, hogy pontosan hogyan történik a színadaptáció, hanem az, hogy az adaptációk összehasonlíthatóak legyenek.

## 5. Eredmények és következtetések

A monitoros mérésen megfigyeltük, hogy a szín identifikációjában nagy szerepet játszik a tárgy vagy felület színének előzetes ismerete, illetve felismerhetősége. Ezt mutatta az is, hogy egy képen például sokan fehérebbnek látták azokat a pingvineket, amelyek az előtérben voltak, a háttérben elhelyezkedő pingvinek összemosódott homályos fehér tollait nehezebben fogadták el fehérnek. Visszajelzések alapján egyértelmű az is, hogy a színelismerésnél számít a felület mérete, egy kisebb felületre nehezebben mondja rá az ember, hogy színes, mint egy nagy felületre.

További tanulság, hogy a szem képes túladaptálni. Ez azt jelenti, hogy ha egy adott színezetű környezetet sokáig nézünk, de nem áll be a fehéregyensúly, akkor elég, ha egy ideig egy hasonló, ám erősebb színezetű környezetnek tesszük ki magunkat. A szem így eléri azt az adaptációs szintet, amelyet azelőtt nem tudott. Ez azt jelenti, hogy az adott környezetben még mindig nem állt be a szem fehéregyensúlya, de ha erről a szintről visszalép egy előzőre, akkor beáll.

## 6. Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatták az NKFI 16-1-217-0362 és a BME-NVA-02 TPK2021 pályázati programok.

## 7. Irodalmi hivatkozások

- [1] Jenkins, Francis A., White, Harvey E., Ábrahám Gy., Antal A., Kalló P., Kovács G., Kucsera I., Szarvas G., Wenzel K. *Optika*, Panem, Budapest, 1998.
- [2] Ábrahám Gy., Antal A., Kovács G., Wenzel K. *Műszaki optika*, [https://mogi.bme.hu/TAMOP/muszaki\\_optika/index.html](https://mogi.bme.hu/TAMOP/muszaki_optika/index.html) (Utolsó letöltés: 2023. 02.20).
- [3] \*\*\* *CVRL functions*, <http://www.cvrl.org/> (Utolsó letöltés: 2023. 02.20).
- [4] Stockman A., Sharpe L. T. *The spectral sensitivities of the middle- and long-wavelength-sensitive cones derived from measurements in observers of known genotype*, *Vision Research*, 2000, 40(13), 1711-1737.
- [5] Ábrahám Gy. *A szintévesztés korrigálása és mérés technikája*, MTA doktori értekezés, 2004.