

Szintévesztők színészlelési tartományai

Colour perception ranges of colour deficient people

Dr.habil ÁBRAHÁM György^{1,2}, Dr. FEKETE Róbert^{1,2}, LANGER Ingrid³, SZABÓ Máté^{1,2}

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki kar MOGI tanszék, Budapest, Műegyetem rkp.3. www.mogi.bme.hu, ²Medicontur Orvostechnikai Kft. Zsámbék, www.medicontur.hu ³Óbudai Egyetem, Budapest Bécsi út 96/B., www.uni-obuda.hu

Abstract

By studying the change in the opponent signals (created by the ganglion cells in the human eye), we can determine the criteria for decoding the colour vision process. We calculated where different colours are detected by colour deficient people based on the difference between the opponent signals of people with normal colour vision and those with deficient colour vision. In this article, we present our simulations and show the results compared to the measurements we made.

Keywords: Colour blindness, spectral perception range, digital, decoding

Kivonat

Az emberi szemben található ganglion sejtek által létrehozott opponens csatorna jelek hullámhossz szerinti változásait tanulmányozva megállapíthatók színlátó mechanizmusunk dekódolási kritériumai. A szintévesztők csatorna jeleinek a normál színlátóktól való eltéréséből kiszámíthatók a módosult színészlelési tartományok. A cikkben bemutatjuk ezen számítások eredményeit, amelyeket mérési eredményekkel vetünk össze.

Kulcsszavak: Szintévesztés, szín észlelés, színtartományok, digitális, dekódolás

BEVEZETÉS

A szem retináján kétféle fotoreceptor található: a csapok és a pálcikák. A pálcikák az éjszakai látásért, a csapok pedig a nappali látásért felelősek. Éjszaka nem látunk színeket. Nappal azért tudunk színeket érzékelni, mert 3 féle csap receptorunk van: a vörös, a zöld és a kék színeket más-más receptorok érzékelik

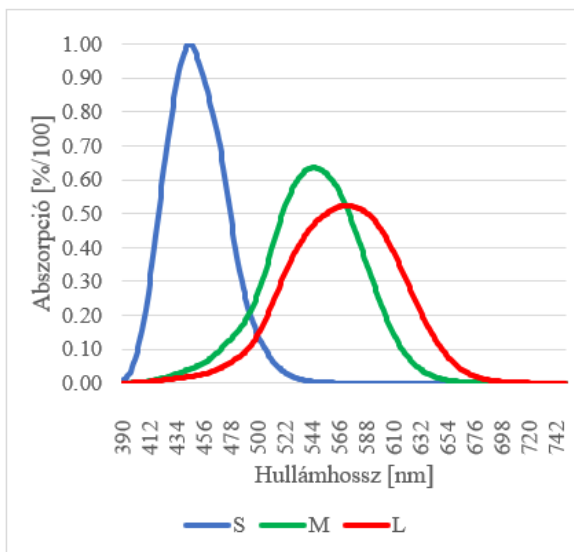
A három csap spektrális érzékelési függvényeit az 1. ábra mutatja [1]. A csapok jeleit az irodalom a jellemző spektrumuk miatt hosszú – (L), közepes – (M) – illetve rövid – (S) – hullámhosszúaknak nevezi.

A csapok jelei a bipoláris sejteken keresztül a ganglion sejtekhez jutnak el. Többféle ganglion sejt van, amelyek preprocessorokként működnek és a 3 csap jelből az 2. ábrán látható jeleket hozzák létre [2]. Ezeket az irodalomban vörös-zöld (RG) illetve kék-sárga (BY), illetve arra utalva, hogy most már a csap jelek helyett csak csatornajelek haladnak tovább az agy felé C_{RG} , C_{BY} jeleknek nevezik.

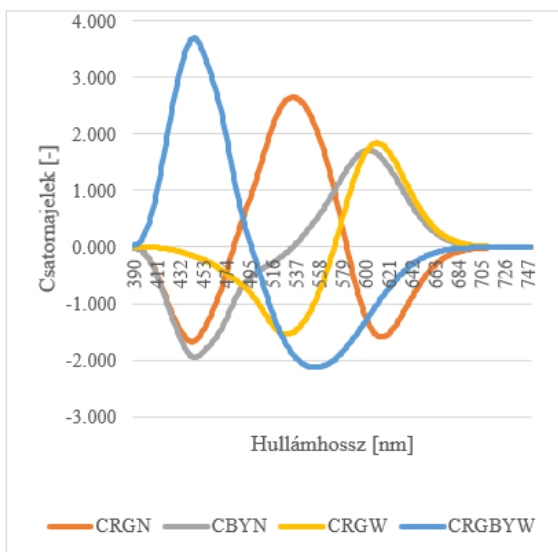
Korábban a $C_{RGW} = L - M$, illetve a $C_{BYW} = S - (L + M)$ opponens csatorna jeleket és ezek inverzeit ismerték, majd felfedezésre kerültek [3] az újabb $C_{RGN} = (L + S) - M$, illetve a $C_{BYN} = (M + S) - L$ csatorna jelek és ezek inverzei is. Az inverzekre azért van szükség, mert negatív jelek továbbítása nem értelmezhető időben haladó akciós potenciálok formájában.

1. NEURÁLIS FOLYAMATOK

Mérésekkel meghatározásra kerültek azok a hullámhossz tartományok, amelyekre a szivárványban található szín fogalmakat használja a normál színlátó emberek többsége [4].



1.ábra. A csapok érzékenységi függvényei



2.ábra. Az RG és a BY típusú ganglion jelek

Ezeket tartalmazza az 1. táblázat. A táblázatban kiválasztottuk az egyes szintartományok közepén a jellemző hullámhossz értékeket.

A szivárvány színeinek hullámhossz tartományai és közepes hullámhosszai

1. táblázat

	$\lambda_{min} (nm)$	$\lambda_{max} (nm)$	$\lambda (nm)$
Ibolya	400	436	418
Kék	436	488	462
Türkiz	488	512	493
Zöld	512	555	534
Sárga	555	582	571
Narancs	582	616	601
Piros	616	700	658

A 2. táblázatban feltüntettük az így megválasztott monokromatikus színek az egyes színek L, M, S receptor jeleit, másrészt az ezekből képzett C_{RG} , C_{BY} csatorna jeleket. A csatorna jelek indexében a korábbiakat W, míg az újabbakat N -nel jelöltük. Ezek után felmerül a kérdés: ezekből a csatorna jelekből hogyan tudja az agyi feldolgozás legalább a fő színeket (vörös, narancs, sárga, zöld, türkiz, kék, ibolya) dekódolni, identifikálni?

A jellemző monokromatikus szivárványszínek receptor és ganglion jeleinek értékei

2. táblázat :

	$\lambda (nm)$	$L(\lambda)$	$M(\lambda)$	$S(\lambda)$	C_{RGN}	C_{BYN}	C_{RGW}	C_{BYW}
Ibolya	418	0,013	0,019	0,88	-0,836	-0,879	-0,018	1,728
Kék	462	0,063	0,141	1,558	-1,105	-1,652	-0,234	2,912
Türkiz	493	0,201	0,39	0,403	0,744	-0,581	-0,567	0,215
Zöld	534	0,782	1,16	0,022	2,65	0,004	-1,134	-1,898
Sárga	571	1	1,006	0,001	1,029	0,987	-0,018	-2,004
Narancs	601	0,853	0,424	0	-1,29	1,71	1,287	-1,277
Piros	658	0,119	0,013	0	-0,414	0,333	0,318	-0,132

2. A SZIVÁRVÁNY SZÍNEK DIGITÁLIS JELLEMZÉSE NORMÁL SZÍNLÁTÓK ESETÉBEN

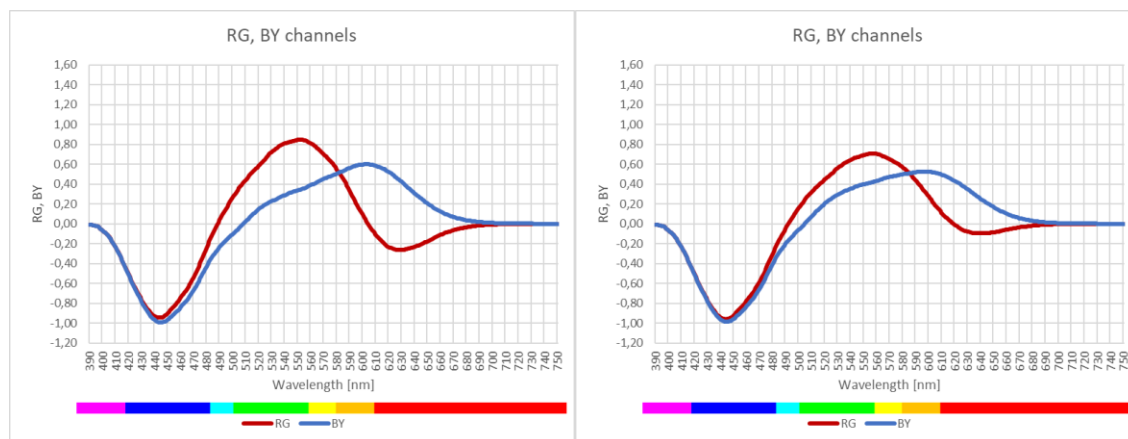
Figyelembe véve, hogy az agy színdekódoló neuronjainak mindössze a V4 neurális szintre beérkező C_{RG} , C_{BY} jelekből kell dolgoznia, eljutunk a színdekódolás (színidentifikáció) digitális megoldásához. Ahhoz ugyanis, hogy a 7 szivárványszín gyors felismerésre kerüljön– meglepő módon – elegendő a csatorna jelek előjelének ismerete a zérus értékkel kiegészítve. Vagyis a csatornajelek **+, -, 0 értékek ismerete elegendő** a színek identifikációjához. Igaz, hogy ehhez az agynak az összes csatorna jelet figyelnie kell. Ez jelenti a színek érzékelésének digitális értelmezését. (3. táblázat) [5]

A szivárvány színeinek digitális értelmezése 3.Táblázat

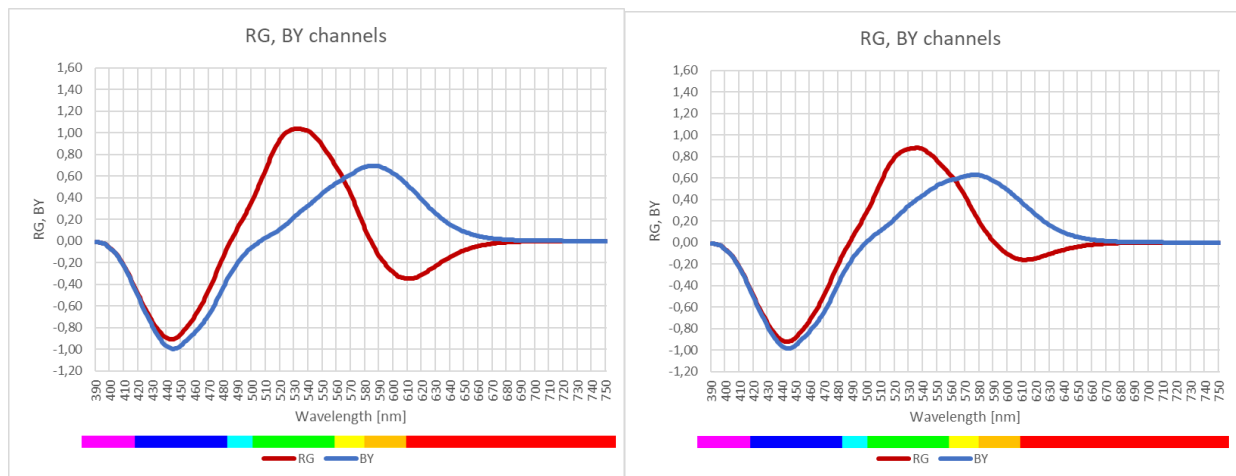
	C_{RG}	C_{BY}	C_{RGW}	C_{BYW}
Ibolya	-	-	0	+
Kék	-	-	-	+
Türkiz	+	-	-	0
Zöld	+	0	-	-
Sárga	+	+	0	-
Narancs	-	+	+	-
Piros	-	+	+	0

3. A SZIVÁRVÁNY SZÍNEK DIGITÁLIS JELLEMZÉSE SZÍNTÉVESZTŐK ESETÉBEN

Az 3. és 4.ábrákon megfigyelhetjük, hogyan változnak meg a csatorna görbék a 15, és 20 nm eltolódású deuterus D15, D20, illetve a 15 és 20 nm -es eltolódású protos P15 és P20-as színtévesztők esetében.



3.ábra. A csatorna görbék a 15, és 20 nm eltolódású deuterus D15, D20 színtévesztők esetében



4.ábra. A csatorna görbék a 15, és 20 nm eltolódású protos P15 és P20-as szintévesztők esetében

Ezen ábrákból a 3. táblázat szerinti dekódolásuk alkalmazásával leolvashatók a 4. számú táblázat szerinti szín sáv módosulások. Miután a táblázat szimulációs értékeket tartalmaz, szükség volt ezen eltolódások pácienseken történő ellenőrzésére. Langer Ingrid 2006-ban 12 fő deután és 7 fő protán páciensen szín identifikációs méréseket végzett és a szimulált értékekkel a pácienseken mért színeltolódások egyező értékeket mutattak. A 4. számú táblázat alatti két színes sávban demonstrációként bemutatjuk egy deután és egy protán páciens szín identifikációs értékeit.

A szintévesztők színsávjai a csatorna jelek kódolása szerint

4. táblázat

Szintévesztők színsávjai a csatorna jelek kódolása szerint																																
λ	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710		
DEUTÁNOK D15-20														PROTÁNOK P15-20																		
A Narancs sáv bal széle jobbra tolódik A Narancs színe sárgul														A Narancs sáv bal széle marad A Narancs színe marad narancs , súlyosnál sárgul																		
A Piros színe narancs lesz, majd sárgul														A Piros színe narancsos , majd fekete A Piros sáv jobbról rövidül																		
A Zöld sáv jobbról kissé keskenyedik														A Zöld sáv jobbról nagyon keskenyedik																		
A Sárga szélesedik, jobb felé jobban														A Sárga szélesedik bal felé																		
A Kék sáv balról rövidül – ibolyássá válik																																
GTP	ibolya	ibolya	ibolya	kék	ibolya	kék	kék	kék	zöld	zöld	zöld	zöld	zöld	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	narancs	narancs	narancs	narancs	piros	piros	piros	piros	piros	piros	GTP	deután
KG	kék	kék	kék	kék	kék	kék	kék	kék	kék	zöld	zöld	zöld	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	sárga	narancs	narancs	narancs	narancs	piros	piros	piros	piros	piros	piros	KG	protán 401*

4. KONKLÚZIÓ

A színtévesztők színsávjainak eltolódásaival jó egyezést mutató szimulációk alapján kijelenthető, hogy a színlátás digitális jellemzésére is használható a 3. számú dekódoló táblázat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk az alábbi pályázati támogatásoknak:

A kutatás a TKP-6-6/PALY-2021 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

A kutatás a TKP2021-NVA pályázati programja és a KFI_16-1-2017-0362 számú, az NKFI Vállalati KFI_16 pályázati programja támogatásával valósult meg

Irodalomjegyzék

- [1] Stockman, A., Sharpe, L.T. Cone spektral sensitivities and color matching. In Color Vision: From Genes to Perception. Cambridge University Press, (1999) New York, p.53-58.
- [2] J. Neitz, M. Neitz, The genetics of normal and defective color vision. Vision Research 51. (2011.) p.633-651.
- [3] Schmidt, B., P., Neitz, M., Neitz J. Neurobiological hypothesis of color appearance and hue perception. J. Opt. Soc. Am. Vol. 31 No. 4 2014, p. A195-207.
- [4] Nagy, B.V. Az emberi szín-identifikáció és színdiszkrimináció mérés technikája. PhD értekezés 2009. BME
- [5] Ábrahám, Gy., Fekete, R.T., Szabó, M., Csutorás, B. Digitális átállítás a színérzékelésben. Világítástechnikai évkönyv 2022-2023. p.13-17. ISSN 1416-1079.