

PSZICHOFIZIKAI MENNYISÉGEK MÉRÉSTECHNIKÁJA

MEASUREMENT OF PSYCHOPHYSICAL PHENOMENA

Dr. Wenzel Klára, Langer Ingrid***

ABSTRACT

At the Department of Mechatronics, Optics and Engineering Informatics of the Budapest University of Technology and Economics a number of researchers are conducting experiments about anomalous colour vision. Parameters of normal colour vision have been identified for research on anomalous colour vision. One of the most important characteristics of colour vision is the ability of hue identification.

The objective of the present paper is to examine the following phenomena:

- the systematic individual differences between the ability of hue identification of different observers with normal colour vision*
- the short and long term variability in the hue identification of observers with normal colour vision*
- the significant differences of the measurement results from different monochromatic basic colours.*

The measurements were performed on the PDT instrument. This instrument can display 12 nm wide monochromatic colours in a field of view of 2°, in the middle of a 14° white background. The task was to define the spectral location of the colours that we have identify as red, orange, yellow, green, cyan and blue colour. The tests were repeated 3 times, 3-4 weeks elapsed between two tests. In every occasion the colours had to be found 4 times in random sequences.

The method of experimental design was applied to evaluate the experimental results.

1. BEVEZETÉS

A külvilág fizikai ingereit az élő szervezetek biológia szenzorai érzékelik és alakítják át az idegrendszeren belüli mintázatokká, melynek eredményeként létrejön az észlelés, vagyis a fizikai jelenségek megjelenése a tudatban. A pszichofizika az ingerlés és az észlelési esemény közötti kapcsolatok vizsgálatával foglalkozik. Pszichofi-

zikai mennyiségeknek az érzékszervek által érzékelhető különböző jellemzőket nevezünk. Ezek közül a legfontosabbak a látás, a hallás, a szaglás, az ízlelés és a tapintás, de pszichofizikai mennyiségnek tekintjük például az intelligenciát is. E jelenségek számszerűsítése és mérése a mérés technika legösszetettebb feladatai közé tartozik.

A BME Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszékén (MOGI) több mint 20 éve folyik a színlátással illetve a szintévesztéssel kapcsolatos kutatómunka. A színes látás egyik fontos jellemzője a színidentifikációs képesség, ezért számos mérést végeztünk ép színlátó és szintévesztő személyeken, melyek célja az egyének közötti különbségek vizsgálata volt mind normál mind pedig anomális színlátók között.

2. MÉRÉSI MÓDSZEREK

A pszichofizikai mennyiségek közvetlenül nem mérhetőek, ezért mindig közvetett mérési módszert kell alkalmazni, vagyis keresni kell egy olyan jellemzőt, ami szoros összefüggésben áll a mérendő mennyiséggel. Ráadásul a mérések során az a sajátos helyzet áll fenn, hogy a mérési eredmények illetve az érzékelési-észlelési élményre vonatkozó megállapítások a vizsgált személy beszámolójától függenek. A vizsgált személy válaszait pedig nemcsak az alkalmazott inger és saját érzékszervi tulajdonságai, hanem különböző szubjektív tényezők, mint például mentális képességei, érzelmi és fizikai állapota, de adott esetben a vizsgálatvezető is befolyásolja. Ezen utóbbi tényezők a mérés során zavaró hatásként jelentkeznek és megnövelik a mérések bizonytalanságát. A zavaró tényezők kiküszöbölésére a kísérletek megtervezésekor és végrehajtásakor nagy gondot kell fordítani. Ennek eszközei lehetnek például, hogy minél nagyobb mintán, minden személyen többször elvégezve kell a mérést véghezvinni, az eredményeket matematikai statisztikai módszerekkel, (szórásanalízis, korrelációs számítás) kell kiértékelni. [1]

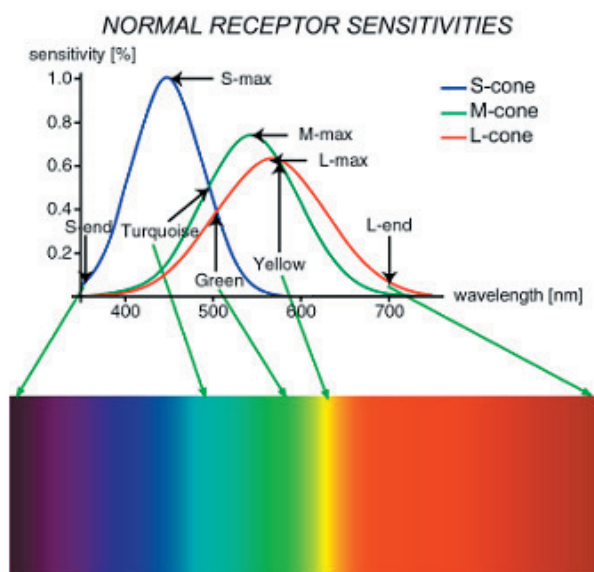
3. A SZÍNES LÁTÁS

A pszichofizikai mérések kivitelezésének menetét egy, a Budapesti Műszaki Egyetem MOGI tanszékén elvégzett, ép színlátók színidentifikációs képességeit vizsgáló kísérletsorozat példáján mutatjuk be. Az emberi szemben

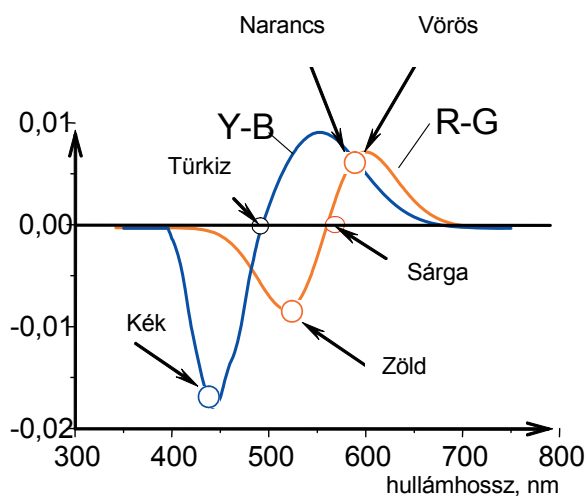
* egyetemi magántanár, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, e-mail: wenzel@mogi.bme.hu

** adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, e-mail: langer.ingrid@bgtk.uni-obuda.hu

a retinán elhelyezkedő színérzékelő receptorok, a csapok felelősek a színes látásért. Három típusuk létezik, a vörös érzékeny L, a zöld érzékeny M és a kék érzékeny S receptor. (1.a ábra) A Walraven-féle opponencia elmélet szerint a színinformáció feldolgozása a L, a M és a S receptorokat ért ingerből létrehozott vörös-zöld, kék-sárga, fekete-fehér ellentétpárok képzésével kezdődik. A L, M, S csapok érzékenységi görbéinek és az ezekből kapott opponens színpárok érzékenységi görbéinek jellegzetes pontjai kijelölik az alapszínek (vörös, sárga, zöld, türkiz és kék) helyét a spektrumban. Tehát pl. a legélénkebb kék színt azon a hullámhosszon látjuk, ahol az S receptor érzékenysége maximális és a másik két receptor érzékenysége közel nulla, a legélénkebb vörös színt pedig ott, ahol az L-M görbe pozitív maximuma van.. A türkizt az M és az S, a sárgát az L és az M, a zöldet a L és S receptor érzékenységi görbéje metszéspontjánál látjuk. [3] (1.b ábra)



1.a ábra: Ép színlátók L, M, S receptorainak érzékenységi görbéi



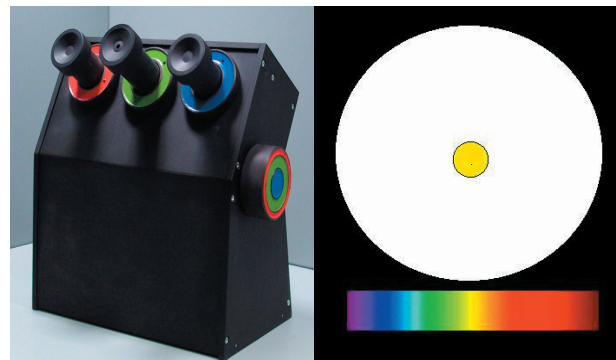
1.b ábra: Opponens színpárok (vörös-zöld, sárga-kék) érzékenységi görbéi

A színidentifikációs képesség azonban ép színlátók esetén is különbözhet, mind a receptorok érzékenységének kismértékű eltérése, mind a színérzékellet létrehozó egyéb szubjektív tényezők miatt. Vizsgálatunk arra irányult, hogy monokromatikus színingerek esetén meghatározzuk, hogy

- az alapszínek (vörös, narancs, sárga, zöld, kék) között vannak-e jobban és kevésbé jól identifikálható színek
- az alapszínek identifikációjában az egyes személyek következetesek-e vagy nagyon szubjektív és változékony az ítéletük, ha nem alkalmazunk a vizsgálat során viszonyítási színeket
- az ép színlátó személyek színidentifikációi között léteznek-e szignifikáns különbségek

4. A MÉRŐMŰSZER

A méréseket Dr. Wenzel Klára és Dr. Ábrahám György által kifejlesztett PDT műszeren végeztük. A műszerrel 14°-os fehér adaptációs mező közepén 2°-os látómezőben folyamatosan állítható interferenciaszűrő segítségével létrehozott 14 nm félérték szélességű monokromatikus fények jeleníthetők meg. Az interferenciaszűrő mozgatását, így a fény hullámhosszának beállítását egy tekerőgomb segítségével a vizsgált személy végzi. Az interferenciaszűrő elmozdulását egy digitális mérőléce képezi le, melynek jelét számítógép dolgozza fel. A számítógép monitorán a fény hullámhossza tized nanométer pontosságban olvasható le. (2. ábra)



2. ábra A PDT műszer és látómezeje

5. A VIZSGÁLAT MENETE

A vizsgálatban nyolc ép színlátó személy, 4 férfi és 4 nő vett részt. A kísérlet elején színlátásukat Ishihara teszttel és anomaloszkóppal ellenőriztük. [4] A feladat az alapszínek beállítása volt a PDT műszeren. Véletlenszerű sorrendben meg kellett keresni a vizsgált személy által legszebbnek tartott vörös, narancs, sárga, zöld, türkiz, és kék színt a spektrumban. A mérés eredménye a vizsgálati alanyok által beállított szín hullámhossza volt. A kísérletet minden személynél három alkalommal, esetenként négy mérési sorozatot felvéve végeztük el. Az egyes alkalmak között 3-4 hét telt el. Így létrejött egy 572 mérésből álló adathalmaz. (1. táblázat)

Szín		Vörös								Narancs							
Személy	W.K.	L.I.	I.A.	K.A.	C.A.	S.K.	L.K.	L.D.	W.K.	L.I.	I.A.	K.A.	C.A.	S.K.	L.K.	L.D.	
1. hét	1.	668,3	670,0	701,4	623,2	636,3	664,5	720,7	611	581,2	601,4	603,9	601,7	596	596	615,0	581
	2.	657,0	670,3	641,9	628,6	700,8	647,8	717,5	601	591,5	605,2	610,2	600,4	594	607	606,3	582
	3.	658,8	670,5	664,4	634,7	645,4	655,0	699,7	617	592,2	597,9	595,9	600,8	607	613	604,6	585
	4.	652,6	665,8	653,1	635,8	654,1	648,2	713,1	605	606,6	597,3	593,9	616,0	599	614	593,3	585
2. hét	1.	640,7	658,4	667,2	693,3	652,2	625,7	710,4	620	592,6	606,3	594,2	613,1	598	601	611,7	603
	2.	652,4	657,2	641,4	706,6	648,5	650,8	720,6	618	592,6	593,7	591,3	588,4	604	600	592,2	589
	3.	639,4	658,7	694,0	694,5	662,2	642,2	667,3	628,3	593,2	600,8	596,4	593,9	604	592	602,2	589,6
	4.	643,9	668,3	628,8	675,1	649,2	631,3	678,3	615	603,7	597,9	599,9	580,5	595	600	597,7	591
3. hét	1.	633,0	672,5	650,5	637,1	659,8	641,8	653,9	642	593,9	606,4	590,9	595,0	608	589	597,9	590
	2.	668,2	668,7	643,3	615,9	636,0	625,5	647,3	631	599,7	594,4	588,2	585,8	612	592	601,3	593
	3.	656,1	661,2	676,8	640,1	637,7	614,4	624,9	643	600,1	599,9	600,0	582,1	614	594	594,7	585
	4.	685,6	660,6	687,8	624,7	647,8	620,4	677,3	631	597,6	598,4	598,7	597,3	609	589	598,7	572
Szórás	14,7	5,58	23,3	32,1	17,4	15,4	32,6	13,5	6,67	4,26	6,09	11,2	6,99	8,82	7,1	7,63	
Átlag	654,7	665,2	662,6	650,8	652,5	639,0	685,9	621,9	595,4	600,0	597,0	596,3	603,2	598,9	601,3	587,1	

Szín		Sárga								Zöld							
Személy	W.K.	L.I.	I.A.	K.A.	C.A.	S.K.	L.K.	L.D.	W.K.	L.I.	I.A.	K.A.	C.A.	S.K.	L.K.	L.D.	
1. hét	1.	552,4	576,3	583,0	585,2	563	570,2	590,5	554,6	507,1	520,4	556,6	533,8	535,5	538,0	524,0	548,0
	2.	552,6	574,2	569,4	577,0	582	579,0	584,6	575,2	510,1	513,0	558,5	561,4	577,7	532,5	534,9	566,7
	3.	560,3	578,1	576,4	587,7	582	580,2	588,7	568,6	519,9	528,0	528,5	553,7	531,3	546,0	524,4	555,4
	4.	581,1	567,2	582,8	593,7	582	576,6	588,0	573	506,8	513,9	503,4	565,0	554,0	535,0	517,8	555,9
2. hét	1.	576,1	553,3	565,6	573,7	584	587	592	550	527,7	509,6	522,7	533,8	552,7	551,5	525,0	559
	2.	572,1	576,5	578,9	563,9	577	588	594	568	537,2	505,8	531,2	526,7	553,4	553,0	527,6	566
	3.	565,0	566,3	572,8	585,5	587	586	583	572,4	530,4	518,9	513,6	530,9	554,9	535,5	531,5	534,0
	4.	564,6	565,4	568,7	569,1	585	586	591,0	566	512,1	511,1	516,5	527,8	547,3	540,2	539,2	516
3. hét	1.	578,2	561,2	574,6	571,6	591	576	574,9	571	523,4	509,7	513,0	546,0	547,5	553,3	523,5	525
	2.	582,5	570,5	567,5	565,7	590	577	581,7	559	508,0	520,3	507,9	527,4	550,1	534,5	526,4	532
	3.	575,3	569,4	574,6	562,2	583	570	587,4	562	519,0	506,4	513,9	532,6	554,1	531,5	515,2	525
	4.	565,3	558,9	579,8	566,3	591	576	581,6	572	520,3	513,7	527,5	537,0	539,4	551,7	535,1	528
Szórás	10,4	7,66	5,9	10,6	7,51	6,14	5,58	8,02	9,97	6,55	17,6	13,5	11,8	8,61	7,09	17,8	
Átlag	568,8	568,1	574,5	575,1	583,1	579,2	586,5	565,8	518,5	514,2	524,4	539,7	549,8	541,9	527,1	542,6	

Szín		Türkiz								Kék							
Személy	W.K.	L.I.	I.A.	K.A.	C.A.	S.K.	L.K.	L.D.	W.K.	L.I.	I.A.	K.A.	C.A.	S.K.	L.K.	L.D.	
1. hét	1.	491,1	494,0	497,2	494,4	503,2	507,5	502,8	525	480,3	483,6	474,5	470,5	451,6	453,4	474,3	468
	2.	507,9	493,0	494,2	504,7	510,1	513,1	508,6	530	465,8	473,1	487,8	483,7	466,7	464,0	458,7	479
	3.	491,9	496,0	498,9	505,4	517,4	505,1	518,7	517	458,3	486,6	488,7	508,4	463,2	463,2	453,3	495
	4.	510,5	496,0	494,0	504,8	527,1	512,5	505,1	513	479,5	487,1	485,6	497,0	463,2	442,1	463,5	510
2. hét	1.	505,2	497,3	493,1	499,2	512,8	511,1	504,7	502	475,9	470,0	441,0	482,6	486,5	459,8	471,7	493
	2.	502,6	485,4	502,8	501,9	528,6	518,6	512,4	530	477,1	471,5	424,6	498,3	474,6	450,9	478,4	470
	3.	505,2	493,5	505,7	495,1	538,2	526,8	517,9	505,7	478,0	473,6	470,1	504,7	473,7	460,4	478,4	462,5
	4.	506,9	492,5	516,9	506,0	514,9	522,6	515,6	505	481,4	473,0	455,1	502,3	475,6	452,1	478,8	479
3. hét	1.	510,7	492,2	501,1	-	539,4	507,7	500,9	506	461,8	470,2	471,3	503,9	473,7	446,8	478,6	474
	2.	504,7	491,6	490,7	-	527,8	514,0	509,9	492	487,0	473,0	458,8	459,8	473,5	450,0	473,3	466
	3.	499,0	493,4	496,5	-	520,6	513,1	509,4	502	482,0	473,2	477,6	491,7	472,0	451,9	478,6	453
	4.	503,9	489,3	500,7	-	523,8	517,1	504,4	498	477,4	475,5	469,6	503,0	479,4	470,9	474,4	471
Szórás	6,38	3,19	8,17	4,68	11	6,34	5,94	12,6	8,73	6,2	19,4	15,1	8,96	8,24	8,67	15,8	
Átlag	503,3	492,9	500,9	501,4	522,0	514,1	509,2	510,4	475,4	475,9	467,1	492,2	471,1	455,5	471,8	476,7	

1. táblázat

6. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

A mérési eredmények kiértékelését kétfaktoros ismétléses szórásanalízissel végeztük el 95%-os szignifikancia szinten. A kétfaktoros szórásanalízissel egy időben vizsgálható, hogy van-e szignifikáns különbség a vizsgálatban résztvevő személyek szín identifikációjában illetve van-e szignifikáns eltérés az egyes személyek különböző időpontokban mért adatai között. A szórásanalízis olyan mintákra alkalmazható, ahol a mérési eredmények független, normális eloszlású azonos szórású valószínűségi változók. A normális eloszlás ellenőrzését c2 próbával végeztük. Ennek alapján az adathalmaz 95%-os szignifikancia szinten normális eloszlásúnak tekinthető. A szórások egyezőségének vizsgálata a nyolc személy mérési eredményein Bartlett próbával történt. [2] [6] A szórásanalízis eredményeként kapott F értékeket a két

fő hatásra és az interakcióra vonatkozóan, színenkénti bontásban a 2. táblázat tartalmazza.

Ennek alapján szignifikáns főhatást a kísérleti személyek szerint a mind a hat vizsgált szín esetében ki lehet mutatni. Az ismétlések szerint a vörös és a zöld szín esetén szignifikáns, míg a többi szín (narancs, sárga, türkiz és kék) a hatás nem szignifikáns. Mivel azonban a két főhatás között minden szín esetén szignifikáns kölcsönhatás mutatkozott, ez utóbbi eredmény további vizsgálatot igényelt. [2] Ezért a vizsgálati személyek eredményein színenkénti bontásban külön-külön egyszerűes szórásanalízist végeztünk annak megállapítására, hogy az egyes személyek különböző időpontban felvett mérési adatai között van-e szignifikáns különbség. Ennek eredménye: a vörös és a zöld szín esetén a nyolc személyből csak ketten, míg a narancs, a sárga, a türkiz és a kék szín hatan tudták hétről hétre szignifikáns különbség nélkül beállítani a színeket.

	F						
	F krit.	Vörös	Narancs	Sárga	Zöld	Türkiz	Kék
Minta (Hetek)	3,124	4,65182	2,0006	0,8208	4,3791	2,6274	0,3050
Oszlopok (Személyek)	2,14	18,48142	6,5890	14,3642	16,6281	22,6764	11,7477
Kölcsönhatás	1,832	6,456549	2,7310	3,3262	2,1942	2,7212	3,4753

2. táblázat

Az eredmények összefoglalva:

	Vörös	Narancs	Sárga	Zöld	Türkiz	Kék
Van-e különbség a különböző időpontban felvett adatok között?	Van	Nincs	Nincs	Van	Nincs	Nincs
Van-e különbség a személyek között?	Van	Van	Van	Van	Van	Van

3. táblázat

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A feltett kérdésekre a következőket állapíthatjuk meg:

- A narancs, a sárga, a türkiz és a kék jól identifikálható szín. Ahol a türkiz-, a sárga- és a narancsszínt látjuk, az L, M és S csapok érzékenységi görbének meredeksége jóval nagyobb, mint a vörös, a kék és a zöld tartományában. Vagyis a türkiz, a sárga és a narancs beállításánál már kis hullámhosszváltozás jól érzékelhető színváltozást eredményez.
- A jól identifikálható színek identifikációja több hét után is változatlan.
- A zöld és a vörös színt az ép színlátók is bizonytalanul identifikálják. Ennek oka feltehetően a zöld szín esetében az, hogy a kék-sárga egyensúlyi pont nem esik egybe a vörös-zöld opponens függvény zöld maximumával, ezért kétféleképpen is gondolkodhatunk: ez a zöld nem sárgás és nem is kékes, másrészt ez a másik zöld a legélénkebb. A vörös szín esetén pedig a vörös-zöld és a kék-sárga opponens függvény egymáshoz közel, nagyjából párhuzamosan fut, ezért a színárnyalatok közt nincs markáns különbség.
- Az ép színlátó személyek között is szignifikáns különbségek mutatkoznak a színek spektrális helyének

beállításánál. Ennek alapján a monokromatikus színek identifikációja kellően érzékeny módszer lehet a színtévesztés diagnózisában.

8. SUMMARY

The experiments reported here were carried out on 8 colour normal participants. At the beginning their colour vision was checked with Ishihara plates and anomaloscope.

The measurements were performed on the PDT instrument. This instrument can display 12 nm wide monochromatic colours in a field of view of 2°, in the middle of a 14° white background. The task was to define the spectral location of the colours that we have identify as red, orange, yellow, green, cyan and blue colour. The tests were repeated 3 times, 3-4 weeks elapsed between two tests. In every occasion the colours had to be found 4 times in random sequences.

The measuring method presented above is applicable for qualification of colour vision, because

The participants can find the main colours on the same wavelengths after some weeks. (There are no significant differences between repeated measurements.)

The results show differences even among colour normal persons. (There are significant differences among the participants at each colour.)

It is more difficult to find the location of green and red in the spectrum than that of other colours (i.e. orange, yellow, turquoise and blue). (There are significant differences between the results of repeated measurements of red and green.) This phenomenon deserves further investigation.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] DR. BODROGI P., SZABÓ F.: Számítógép ergonómia I.,3. fejezet,Veszprémi Egyetem Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszék
- [2] VINCZE I.: Matematikai statisztika, Műszaki Könyvkiadó, 1968, pp. 213-285
- [3] A. WALBERG: Light, Vision, Color, John Wiley&Sons, 2005, pp.298-302
- [4] J. BIRCH: Diagnosis of Defective Colour Vision, 1993, Butterworth-Heinemann,Paperback edition 1998, pp.55-65
- [5] WENZEL KLÁRA: A színes látás modellezése; mérés-technikai alkalmazásokkal (Kandidátusi értekezés 1991.)
- [6] NORMAN.L. JOHNSON-FRED C. LEONE: Statistics and Experimental Design, John Wiley&Sons, 1964, Volume II. pp. 1-28
- [7] S.S. STEVENS: The Psychophysics of Sensory Function – Sensory Communication, szerk.: W.A. Rosenblith, Wiley, New York 1961. 1-33
- [8] SEKULER-BLAKE: Észlelés (Osiris kiadó, Bp. 2000)