



# Új módszer a fényforrások által okozott színharmónia torzítások vizsgálatára

Szabó Ferenc<sup>1</sup>, Sárvári Gábor<sup>1</sup>,  
Tóth Katalin<sup>2</sup>, Balázs László<sup>2</sup>, Schanda János<sup>1</sup>

1: Pannon Egyetem, Virtuális Környezetek és Fénytan Laboratórium, Veszprém

2: GE Hungary Kft, Budapest

- Előzmények
- A szimulációs program kifejlesztésének szempontjai
- A szimulációs program működése

CIE TC1-62 (colour rendering of white LED light sources): a jelenlegi színvisszaadási index helyett új színminőségi metrikára van szükség a modern fényforrások színminőségének jellemzésére.

Commission Internationale de l'Éclairage, *CIE TC 1-62, Colour Rendering of White LED Light Sources*, Technical Report, Publication CIE 177:2007.

## Színharmónia észlelet változását leíró matematikai modell kifejlesztése

**F. Szabó**, P. Bodrogi, J. Schanda: Experimental Modelling of Colour Harmony, *Color Research and Application* 2010, 35:1, 34-49, 10.1002/col.20558

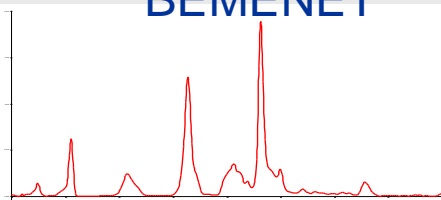
## A fényforrásokat színharmónia észlelet torzítás szempontjából leíró új színminőségi metrika kifejlesztése

**F. Szabó**, P. Bodrogi, J. Schanda: A Colour Harmony Rendering Index Based on Predictions of Colour Harmony Impression, *Lighting Research and Technology* 2009 41: 165-182., impact factor: 0.733 (2008), Online ISSN: 1477-0938 Print ISSN: 1477-1535

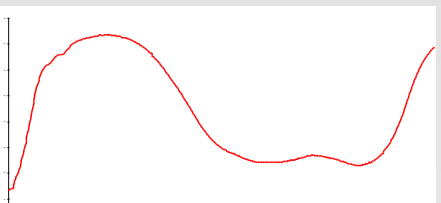
# A színharmónia észlelet becslés folyamatábrája

Példa két színingerből álló színkombinációk esetére

## BEMENET



A tesztfényforrás spektrális teljesítmény eloszlása



A színkombináció összetevőinek spektrális reflexiója



A megfigyelési szituáció leírói

## Színharmónia formulák

$$CHF_{2D,Jdiff} = 2.5 \cdot 10^{-5} |\Delta J|^3 + 3 \cdot 10^{-3} |\Delta J|^2 - 2.2 \cdot 10^{-2} |\Delta J| + 0.158$$

$$CHF_{2D,Jsum} = 10^{-3} (J_{sum})^2 - 0.119 J_{sum} + 0.939$$

$$CHF_{2D,Cdiff} = -0.053 |\Delta C| + 1.172$$

$$CHF_{2D,Csum} = -0.051 C_{sum} + 2.36$$

$$CHF_{2D,hdiff} = 8 \cdot 10^{-5} (|h_1 - h_2|)^2 - 0.0279 |h_1 - h_2| + 2.3428$$

## Kimenet

A színkombináció színharmónia észlelet becslése a meghatározott megfigyelési szituációban

[-5;+5]

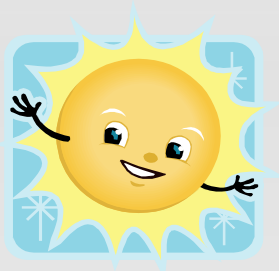
$$CHF_{2D} = 0.47 \cdot \left( \begin{array}{l} 0.515 CHF_{2D,Jdiff} + 0.391 CHF_{2D,Jsum} + 0.205 CHF_{2D,Cdiff} \\ + 1.736 CHF_{2D,Csum} + 2.187 CHF_{2D,hdiff} + 5.104 CHF_{2D,HP} \end{array} \right) - 2.283$$

# A színharmónia modellek alkalmazása

Mi lehet a színharmónia torzulásának oka?

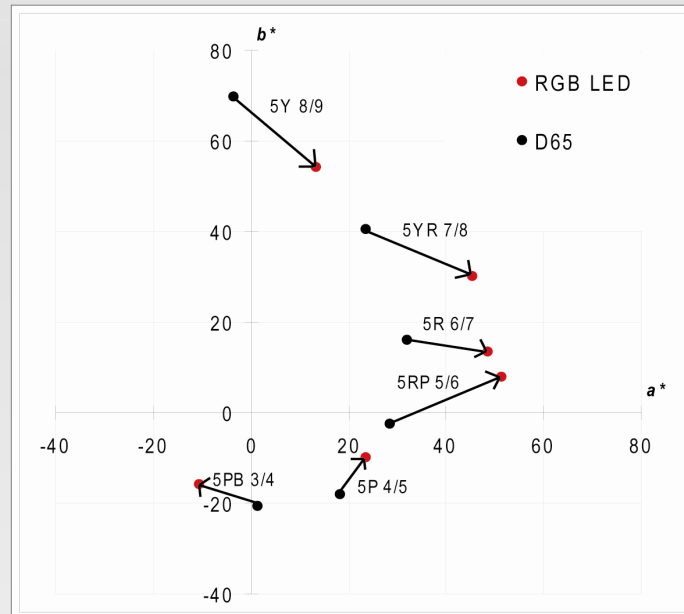
Vizuális élmény

RGB LED esetén

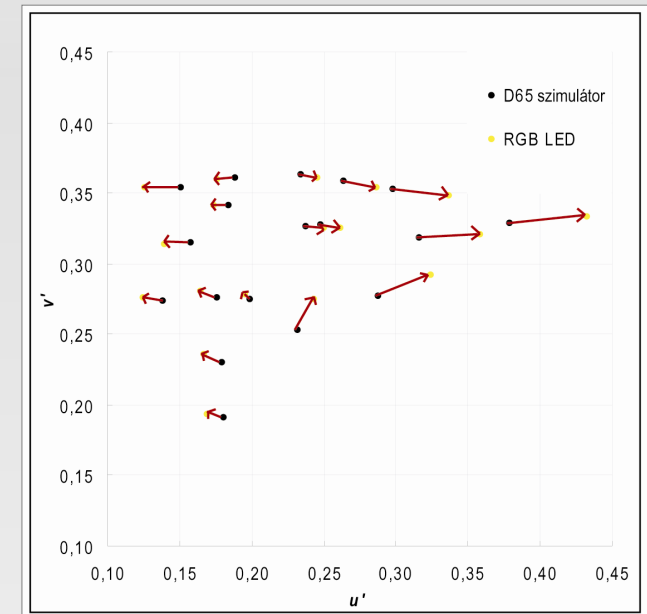


A színkoordináták elmozdulása

CIELAB  $a^*$ ,  $b^*$  síkon



CIE  $u'$ - $v'$  diagrammban



A színharmónia észlelet torzulásának mértéke a fényforrások színminőségének megítélésekor fontos tényező lehet. Ennek számszerű leírására a színharmónia visszaadási index (HRI) került bevezetésre.

# Colour Harmony Rendering Index ( $R_{hr}$ )

A színharmónia észleletet leíró matematikai formulákból vezethető le:

$$HRI = 100 - k * \sum_{i=1}^n |CHF_{i_{ref}} - CHF_{i_{test}}|$$

ahol:

$CHF_{i_{ref}}$  – az  $i$ . színek kompozíció esetében előrejelzett színharmónia észlelet a referencia megvilágító alatt

$CHF_{i_{test}}$  – az  $i$ . színek kompozíció esetében előrejelzett színharmónia észlelet a teszt megvilágító alatt

$k$  – a vizuális eredményekhez illeszkedő konstans

A jelenleg kereskedelmi forgalomban kapható fényforrások  $R_{hr}$  értéke:

Fény forrás	Izzólámpa 2700K	RGB LED 2700K	Kompakt fénycső 2700K	Halogén izzó 4100K	RGB LED 4100K	Fényporos fehér LED 4100K
HRI	94.9	78.9	91.9	96.2	82.2	92.3

# A szimulációs program kifejlesztésének szempontjai



- A felhasználó számára könnyen érthető formában ábrázolja a színkoordináták elmozdulását (CIELAB  $a^*-b^*$  síkon)
- Objektív mérőszámokat szolgáltatson az elmozdulások mértékének számszerűsítésére ( CIECAM02 korrelátumok: Lightness ( $J$ ), Brightness ( $Q$ ), Colorfulness( $M$ ), Chroma ( $C$ ), Hue angle ( $h$ ), Hue composition ( $H$ ) )
- A megfigyelés paramétereit pontosan definiálhatók és könnyen változtathatók legyenek. ( Megjelenítő fehér pont:  $X_w, Y_w, Z_w, L_a, Y_b$ , viewing condition: *average/dim/dark* )
- Tetszőleges, felhasználó által definiált színképi eloszlások és tetszőleges reflexiók is importálhatók legyenek. ( 1 nm-es lépésközzel )
- A színhelyes megjelenítés érdekében támogassa a CRT és LCD monitorok kalibrációs adatainak felhasználását.



# A szimulációs program működése



# Létező megjelenítő kalibráció adaptálása

illuminator 1.0

File

Calibration Figures CIECAM02 Table Vectors Help

Kind of the output monitor:  CRT  LCD Save calibration

Calibration of CRT monitor

The inverse-tristimulus matrix of the CRT monitor:

	X	Y	Z
R	0.0399904273	-0.0113768384	0.0002340477
G	-0.0188539783	0.0214307960	-0.0022522375
B	-0.0062897187	0.0002795079	0.0112896082

The parameters of the model function:

	R	G	B
kg	1.0193049668	1.0273159041	1.0204814867
Y	2.1462964149	2.1044423446	2.1258411603

CIECAM02 parameters of the display

La	20.0	cd / m2	
Yb	18.0	cd / m2	
XwYwZw	117.8205	136.8089	130.7082

Calibration of LCD monitor

The inverse-tristimulus matrix of the LCD monitor:

	X	Y	Z
R	0.0298716514	-0.0082962278	0.0007263686
G	-0.0142671688	0.0146864631	-0.0019534522
B	-0.0039376766	-0.0002770756	0.0088391606

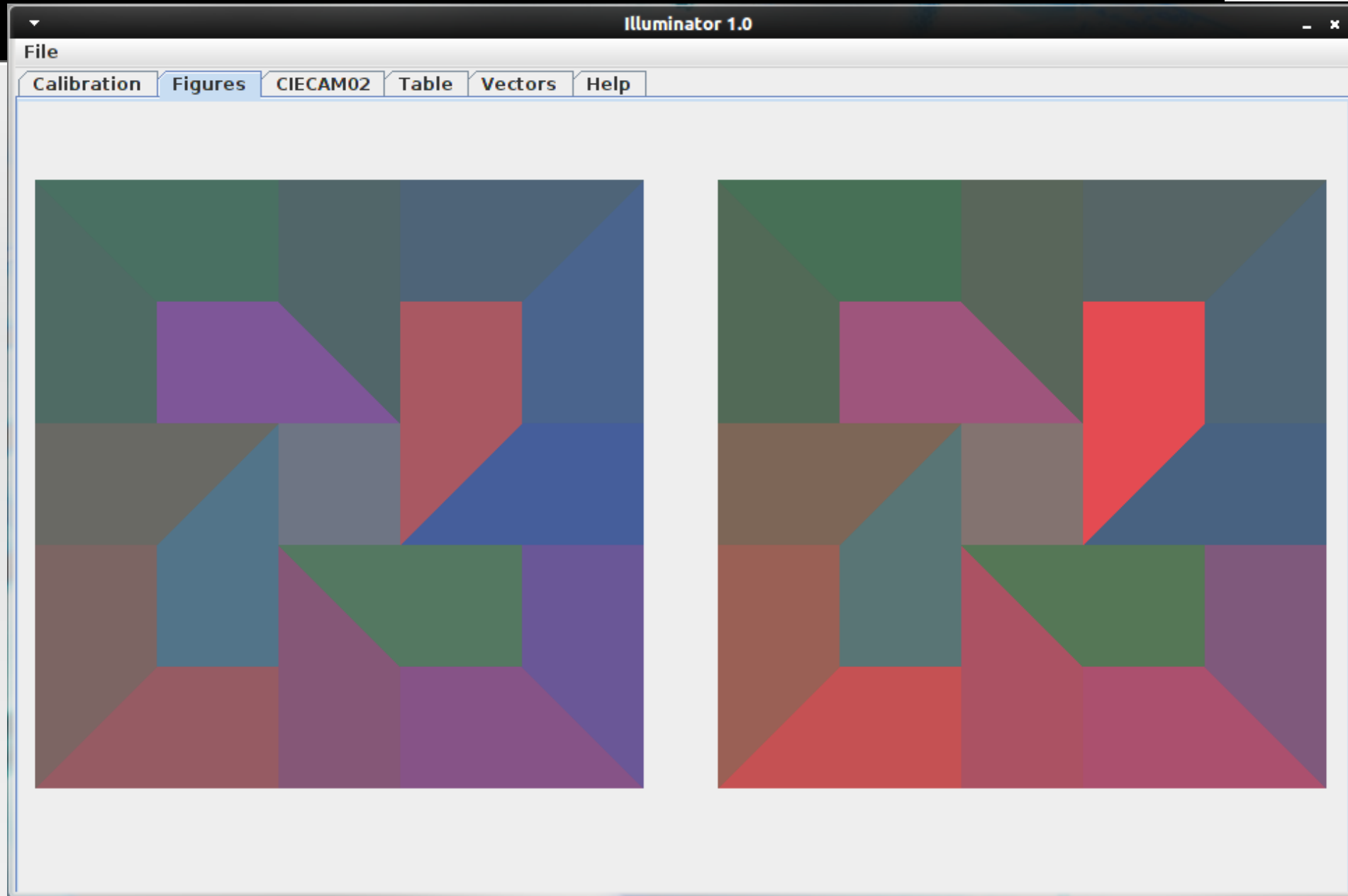
The parameters of the model function:

	R	G	B
a	0.6050202478	0.6529296502	0.6412418203
b	0.0182173109	0.0185681309	0.0136308720
c	-4.2341795762	-4.4739978359	-3.0903094036
d	0.8009452980	0.8767339629	0.7929583084

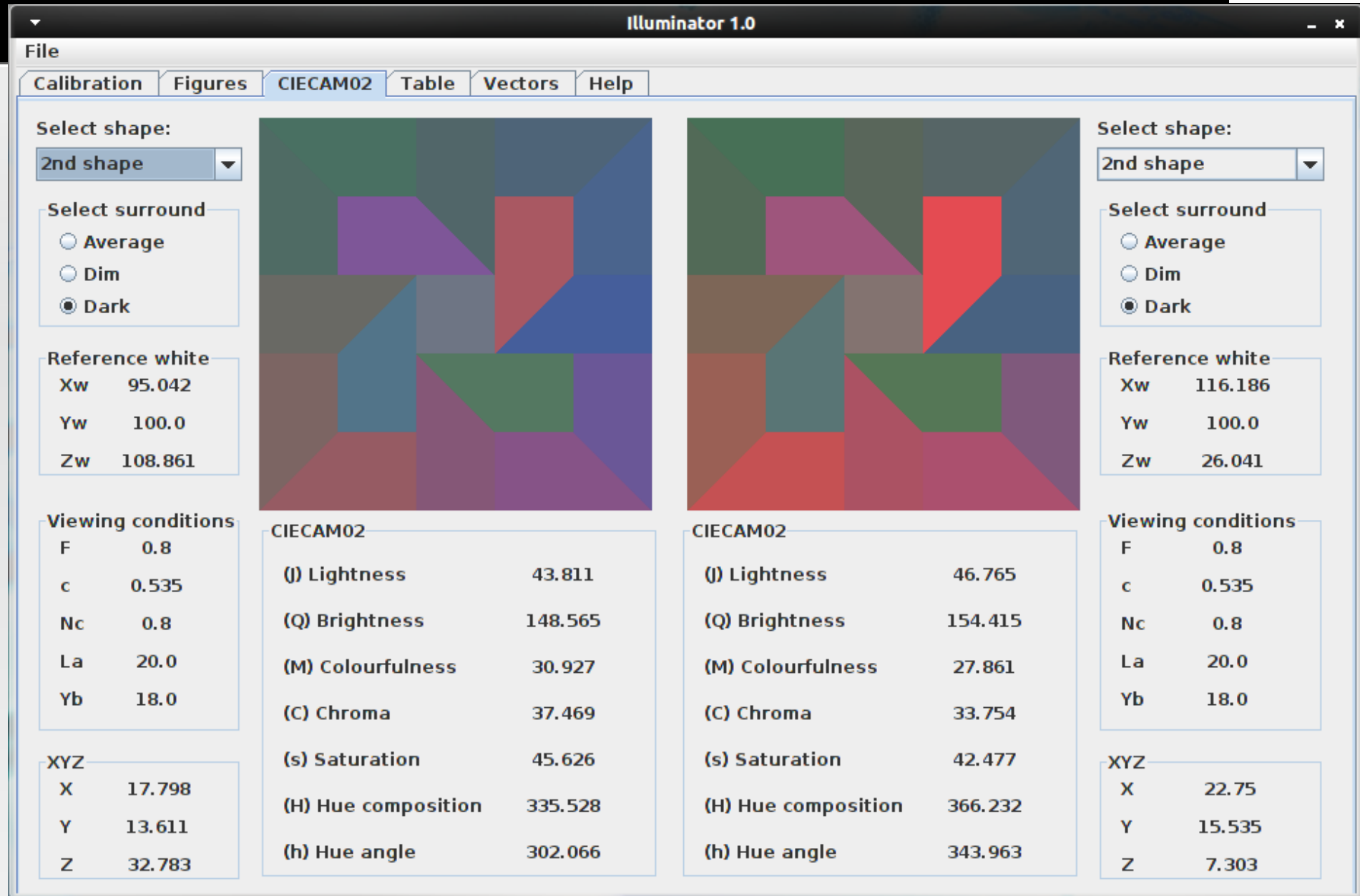
The inverse channel-context matrix of the LCD monitor:

1.0000000000	-0.0001137683	0.0002340477
-0.0000018883	1.0000000000	-0.0000225223
-0.0000628971	0.0002795079	1.0000000000

# A színharmónia torzítás vizuális szemléltetése



# Az alakzatok színmetrikai jellemzői



# Az összes alakzat színingermetriai jellemzője táblázatos formában



Virtual Environment and  
Imaging Technologies  
Laboratory

illuminator 1.0

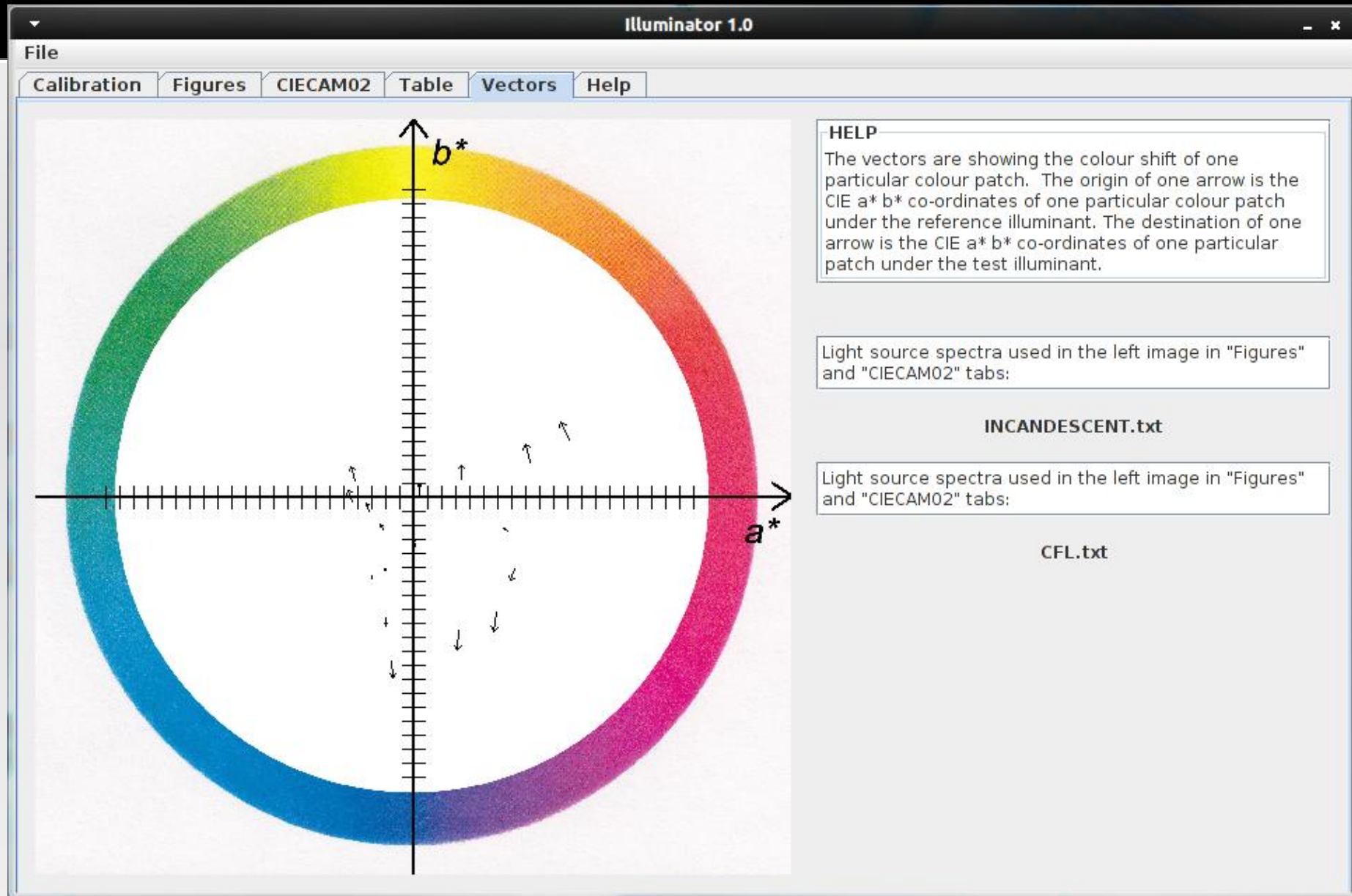
File

Calibration Figures CIECAM02 Table Vectors Help

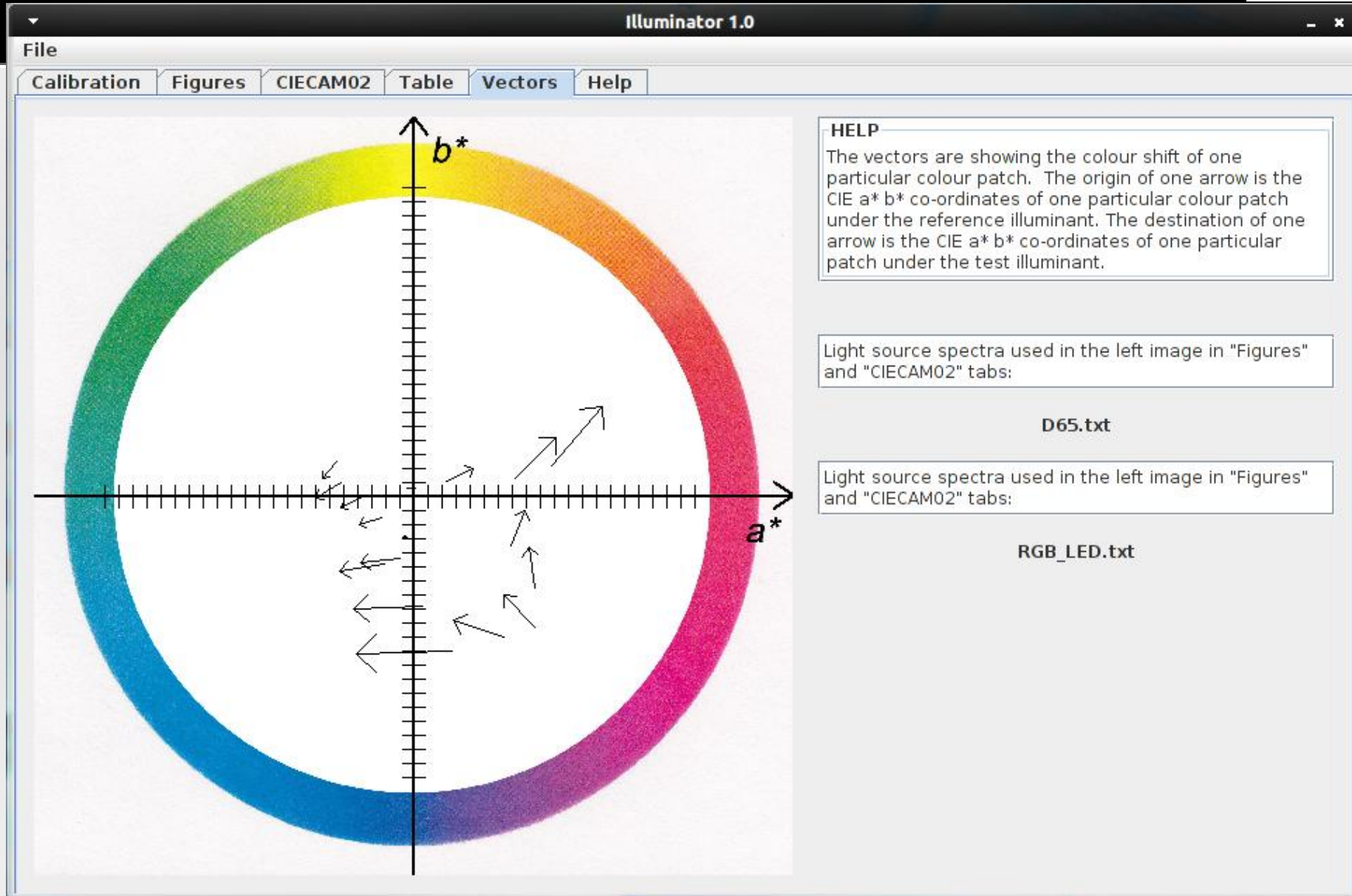
#	Lightness	Brightness	Colourfulness	Chroma	Saturation	Hue composition	Hue angle
5. shape (left fi...	46.473	153.011	21.588	26.154	37.561	293.796	232.142
5. shape (right ...	46.394	153.801	14.458	17.516	30.66	256.339	202.219
6. shape (left fi...	43.129	147.404	17.364	21.037	34.322	218.031	175.602
6. shape (right ...	42.564	147.317	19.583	23.725	36.459	194.677	158.73
7. shape (left fi...	41.146	143.974	13.19	15.98	30.267	268.045	211.118
7. shape (right ...	41.031	144.64	9.166	11.105	25.174	198.897	163.085
8. shape (left fi...	40.878	143.505	19.081	23.117	36.464	301.026	239.714
8. shape (right ...	40.85	144.32	10.502	12.723	26.975	264.85	208.651
9. shape (left fi...	41.526	144.638	27.419	33.219	43.54	306.738	251.474
9. shape (right ...	41.478	145.424	17.396	21.076	34.587	295.874	233.931
10. shape (left ...	40.31	142.505	34.73	42.077	49.367	309.977	257.858
10. shape (righ...	40.255	143.265	24.101	29.199	41.015	304.096	246.116
11. shape (left ...	41.722	144.979	30.768	37.276	46.068	324.946	284.975
11. shape (righ...	43.172	148.364	20.562	24.912	37.228	347.239	319.274
12. shape (left ...	43.403	147.872	27.099	32.831	42.809	346.606	318.385
12. shape (righ...	47.285	155.271	32.093	38.881	45.463	378.844	358.501
13. shape (left ...	43.42	147.9	20.556	24.904	37.28	356.15	331.314
13. shape (righ...	47.223	155.169	30.737	37.239	44.507	387.407	7.643
14. shape (left ...	45.884	152.039	19.686	23.85	35.983	388.349	8.615
14. shape (righ...	50.964	161.199	38.79	46.995	49.054	0.174	20.279
15. shape (left ...	44.945	150.475	6.294	7.626	20.453	0.104	20.223
15. shape (righ...	47.124	155.006	19.517	23.646	35.484	12.674	30.079
16. shape (left ...	43.883	148.687	3.145	3.81	14.544	204.577	167.066
16. shape (righ...	44.667	150.911	8.46	10.25	23.677	50.053	57.435

# CIELAB $a^*$ - $b^*$ torzítás-vektorok I.

Ötlet: Peter van der Burgt: Colour Rendering Vectors



# CIELAB $a^*$ - $b^*$ torzítás-vektorok II.





**Virtual Environment and  
Imaging Technologies  
Laboratory**

# Köszönjük a figyelmet!

[szabof@vision.uni-pannon.hu](mailto:szabof@vision.uni-pannon.hu)

[sarvarig@gmail.com](mailto:sarvarig@gmail.com)