

УДК 621.397

**ЗІСТАВЛЕННЯ КОЛЬОРОВИХ ПРОСТОРІВ, ЩО ЇХ ШИРОКО
ВИКОРИСТОВУЮТЬ В РІЗНИХ СФЕРАХ ВИРОБНИЦТВА ЗОБРАЖЕНЬ,
З КОЛЬОРОВИМИ ПРОСТОРАМИ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ**

ГОФАЙЗЕН О. В., ПИЛЯВСЬКИЙ В.В.

ДП “Український науково-дослідний інститут радіо та телебачення”
Одеська національна академія зв’язку ім. О.С. Попова**SOME COLOUR SPACES FOR USE IN DIFFERENT INDUSTRIES
AND COLOUR SPACES OF DIGITAL TV SYSTEMS MATCHING**

GOFÄIZEN O.V., PITYAVSKIY V.V.

Odessa National Academy of Telecommunications n.a. O.S. Popov
SE “Ukrainian Scientific-Research Institute of Radio and Television”

Анотація. Наведено співставлення колориметричних характеристик систем, що їх використовують в різних сферах виробництва зображень, таких як системи цифрового телебачення високої та надвисокої чіткості, системи цифрового фотодруку RIMM-ROMM та ROMM (Kodak) й Wide Gamut (Adobe). Представлено оцінку області передаваних кольорів в колірному просторі XYZ, а також в рівноконтрастному просторі CAM02-UCS для випадків варіації рівнів яскравості деталей зображення та яскравості адаптації.

Abstract. The comparison of the colorimetric characteristics of the systems used in different color image industries, such as digital television systems of high and ultrahigh-definition, digital photo printing systems RIMM-ROMM and ROMM (Kodak), and Wide Gamut (Adobe) is presented. Transmitted color gamut evaluation in the XYZ color space as well as in uniform color space CAM02-UCS for cases of variation of the brightness levels of image detail and lightness adaptation.

З точки зору колориметричних характеристик важливою характеристикою систем зображення, в тому числі, систем цифрової графіки, систем цифрової фотографії та інші, є область передаваних кольорів. Ця область залежить від координат колірності основних кольорів і від координат опорного рівносигнального білого, і границі області колірностей, що їх є передано, змінюються зі зміною рівнів яскравості деталей зображення між рівнями чорного і білого.

Графічна інформація, отримана такими системами зображення, як Adobe [1], Eastman Kodak [2–5] з розширеною областю передаваних кольорів, зокрема, можуть використовуватися як джерела відеоматеріалів в ТВ виробництві програм ТБВЧ відповідно до Рекомендацій ITU-R BT.709 та ITU-R BT.1847 [6] і ТБНВЧ відповідно до Рекомендації ITU-R BT.2020 [7].

У системі Adobe з розширеною областю передаваних кольорів і у системі EastmanKodak передбачено використання координат первинних кольорів, відмінних від прийнятих у ТВ системах.

Враховуючи, що в майбутньому буде мати місце, з одного боку, використання відеоматеріалів, створених у різних системах цифрових мультимедійних та інших застосувань, у телевізійному виробництві, з іншого боку, використання телевізійних відеоматеріалів у цих застосуваннях, є важливим зіставити колориметричні характеристики зазначених відеозастосувань, зокрема, області переданих кольорів.

*Зіставлення колірних просторів, що їх широко використовують у різних сферах
виробництва зображень, з колірними просторами телевізійних систем*

У табл. 1 наведено координати основних кольорів і опорного білого систем ТБВЧ, ТБНВЧ, RIMM-ROMM (Kodak), ROM (Kodak) і Wide Gamut (Adobe).

Таблиця 1 – Координати основних кольорів і опорного білого

Система	R		G		B	
	x	y	x	y	x	y
HDTV	0,64	0,33	0,3	0,6	0,15	0,06
UHDTV	0,708	0,292	0,17	0,797	0,131	0,046
RIMM-ROMM	0,7347	0,2653	0,1596	0,8404	0,0366	0,0001
ROM	0,873	0,144	0,175	0,927	0,085	0,0001
Wide Gamut	0,7347	0,2653	0,1152	0,8264	0,1566	0,0177

Нижче наводяться проекції області кольорів, передаваних зазначеними системами, представлено на площині координат колірності x, y системи МКО-31 і на площині координат колірності a'_M, b'_M рівноконтрастного колірного простору J', a'_M, b'_M , отриманого у вигляді запропонованої Люо та ін. [8] трансформації колірного простору J, a_M, b_M системи CIECAM02 [9], що є найбільш досконалою моделлю кольоросприйняття в даний час [10]. Тут $J, a_M = M \cdot \cosh h, b_M = M \cdot \sinh h$ – координати світлоти і колірності, M – рівень відчуття колірності, h – кутова координата – показник колірного тону. Криві побудовано для певних рівнів відносної яскравості $Y \in \overline{0,1}$ для рівнів адаптації $L_A = 0,2 \cdot L_W$, де L_W – максимальна яскравість на білому в кд/м².

Область колірностей, що їх передають системою ТБВЧ

На рис. 1 представлено проекції області переданих колірностей у системі ТБВЧ на площину координат системи МКО-31, з якої видно, що при відносних яскравостях деталей сцени, менших 0,25, у системі ТБВЧ передають велику частину діаграми колірності. Слід мати на увазі, що оцінки у системі МКО-31 є умовними, тому вона не є рівноконтрастною.

На рис. 2, 3 представлено проекції області передаваних кольорів у системі ТБВЧ на площину координат колірності a'_M, b'_M рівноконтрастного колірного простору J', a'_M, b'_M . Проекції представлено для рівнів відносної яскравості 0,25 та 0,5 і для рівня яскравості опорного білого кольору, що дорівнює 250 кд/м², що відповідає яскравості адаптації зорової системи спостерігача відповідно 50 кд/м².

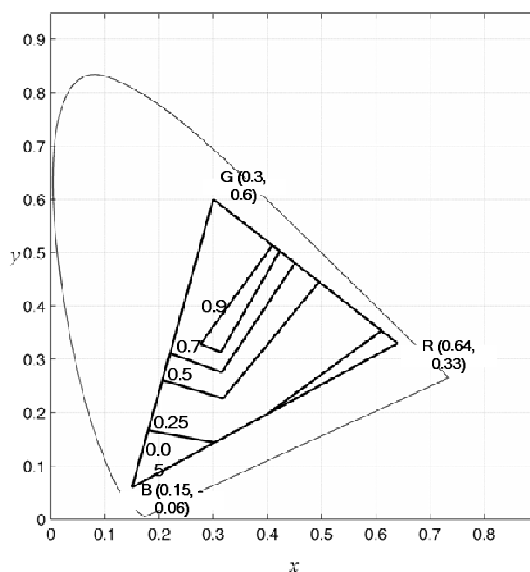


Рисунок 1– Область колірностей, що їх передають системою ТБВЧ, представлена у системі координат МКО-31

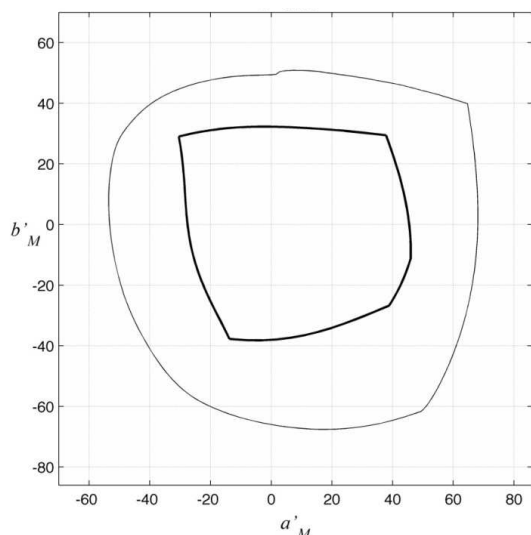


Рисунок 2 – Область колірностей, передаваних системою ТБВЧ, для $Y = 0,25$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

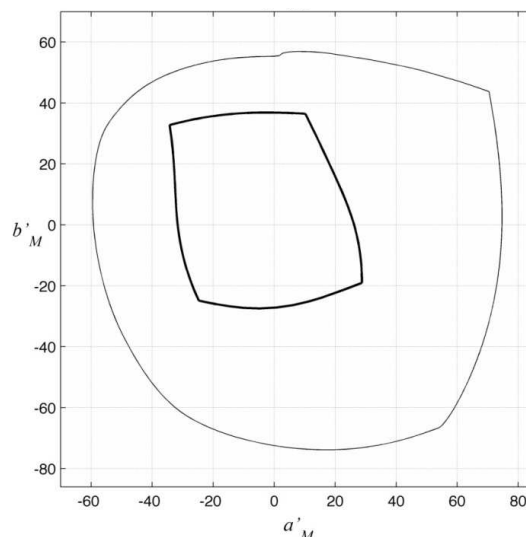


Рисунок 3 – Область колірностей, передаваних системою ТБВЧ, для $Y = 0,5$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

Область колірності, що їх може бути передано в системі ТБНВЧ

На рис. 4 представлені проєкції області переданих колірностей в системі ТБНВЧ.

На рис. 5, 6 представлено проєкції області передаваних кольорів у системі ТБНВЧ на площину координат колірності a'_M, b'_M рівноконтрастного колірного простору J', a'_M, b'_M . Проєкції представлено для рівнів відносної яскравості 0,25 і 0,5 для рівня яскравості адаптації зорової системи спостерігача 50 кд/м².

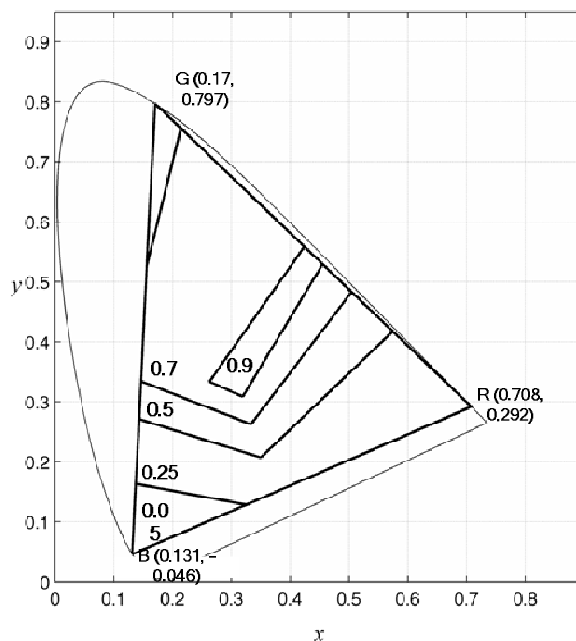


Рисунок 4 – Область колірностей, що їх може бути передано системою ТБНВЧ, представлена у системі координат МКО-31

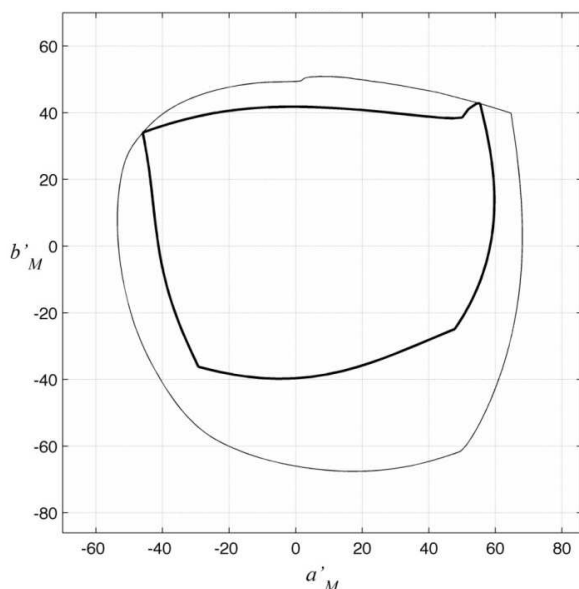


Рисунок 5 – Область колірностей, що може бути передано системою ТБНВЧ, для $Y = 0,25$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

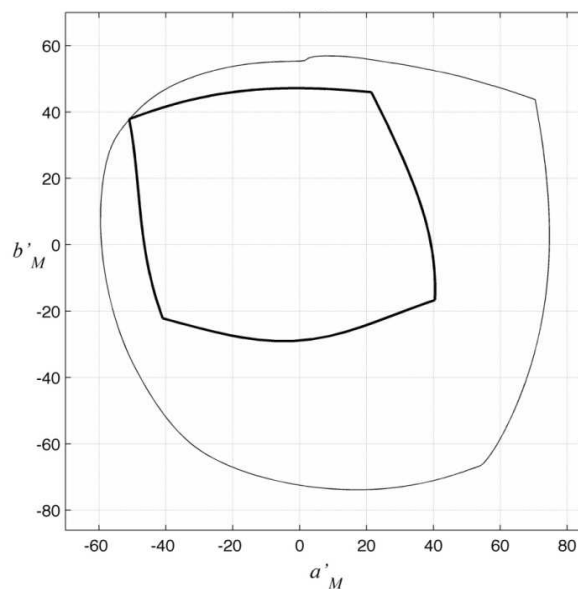


Рисунок 6 – Область колірностей, що може бути передано системою UHDTV, для $Y = 0,5$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

Область колірності, що їх може бути передано в системі RIMM-ROMM

На рисунку 7 представлено проєкції області передаваних колірностей в системі RIMM-ROMM на площину координат системи МКО-31. На рисунках 8–12 надано проєкції області передаваних кольорів в системі RIMM-ROMM на площину координат колірності a'_M, b'_M рівноконтрастного колірного простору J', a'_M, b'_M . Проєкції представлені для рівнів відносної яскравості 0,05, 0,25, 0,5, 0,7, 0,9 для яскравості адаптації зорової системи спостерігача відповідно 50 кд/м².

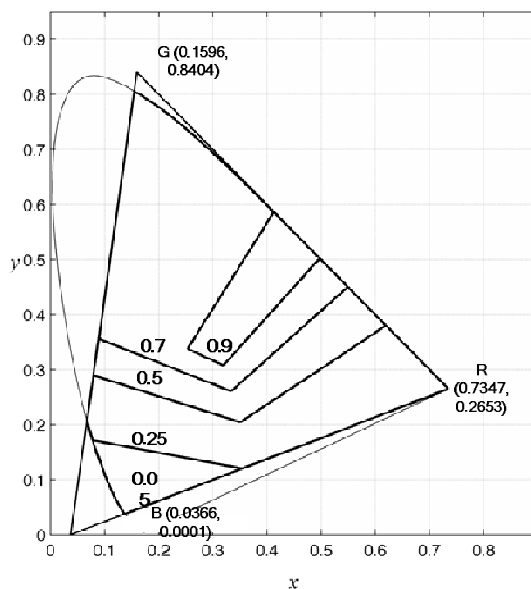


Рисунок 7– Область колірностей, що їх може бути передано системою RIMM-ROMM, у системі координат МКО-31

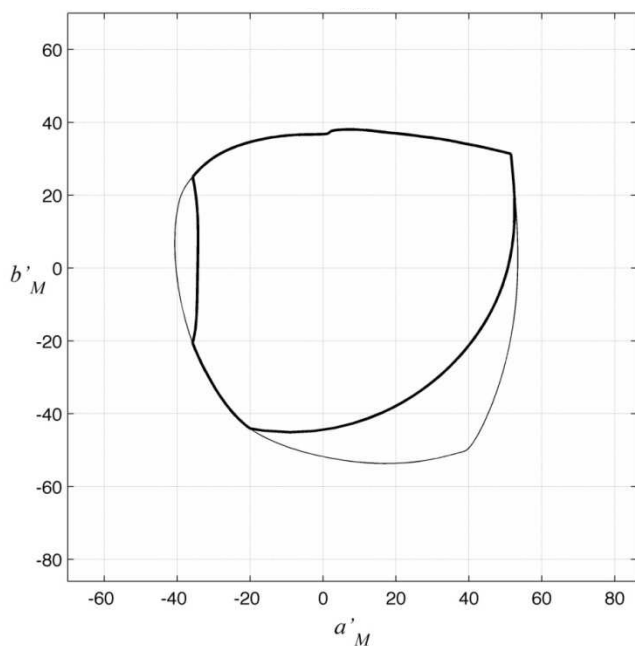


Рисунок 8 – Область колірностей, передаваних системою RIMM-ROMM, для $Y = 0,05$ та $L_A = 50$ кд/м², представлено в координатах a'_M, b'_M

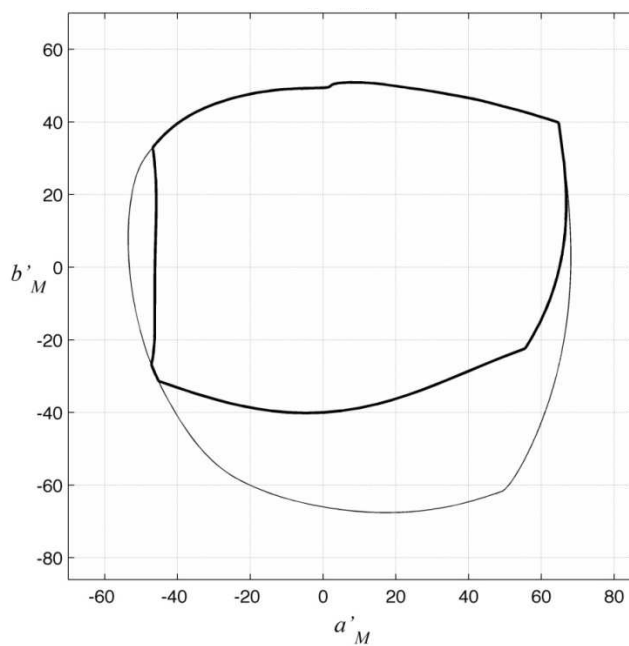


Рисунок 9 – Область колірностей, передаваних системою RIMM-ROMM, для $Y = 0,25$ та $L_A = 50$ кд/м², представлено в координатах a'_M, b'_M

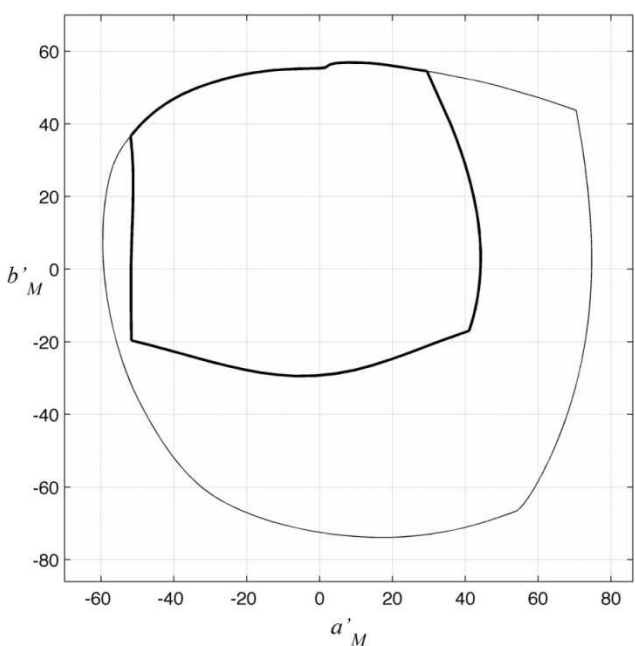


Рисунок 10 – Область колірностей, передаваних системою RIMM-ROMM, для $Y = 0,5$ та $L_A = 50$ кд/м², представлено в координатах a'_M, b'_M

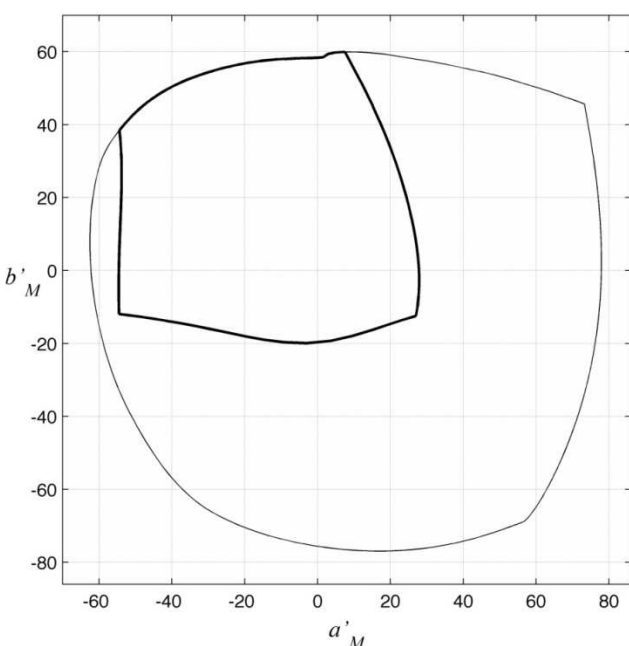


Рисунок 11 – Область колірностей, передаваних системою RIMM-ROMM, для $Y = 0,7$ та $L_A = 50$ кд/м², представлено в координатах a'_M, b'_M

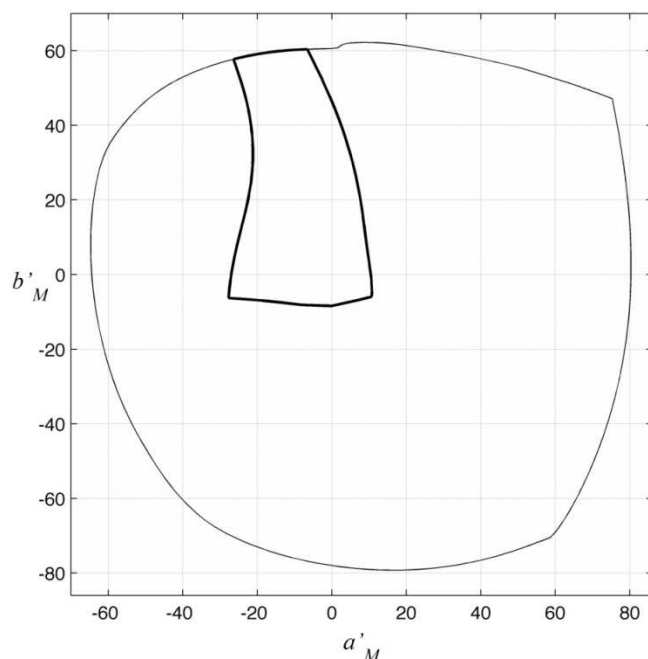


Рисунок 12 – Область колірностей, передаваних системою RIMM-ROMM, для $Y = 0,9$ та $L_A = 50$ кд/м², представлено в координатах a'_M, b'_M

Область колірності, що їх може бути передано в системі ROM

На рис. 13 представлено проєкції області переданих колірностей в системі ROM на площину координат системи МКО-31. На рис. 14...18 представлені проєкції області передаваних кольорів у системі ROM на площину координат колірності a'_M, b'_M рівноконтрастного колірного простору J', a'_M, b'_M .

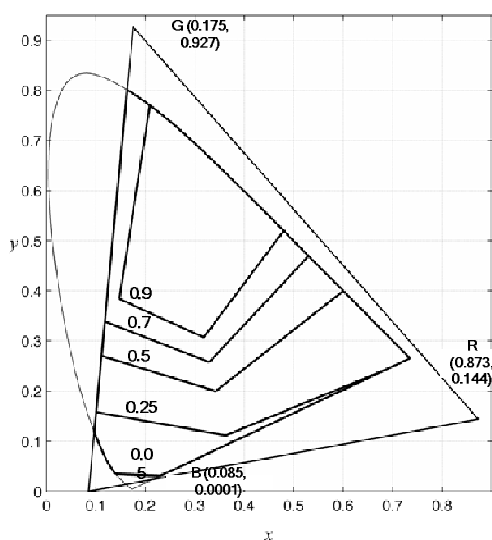


Рисунок 13 – Область колірностей, що їх може бути передано системою ROM, представлена у системі координат МКО-31

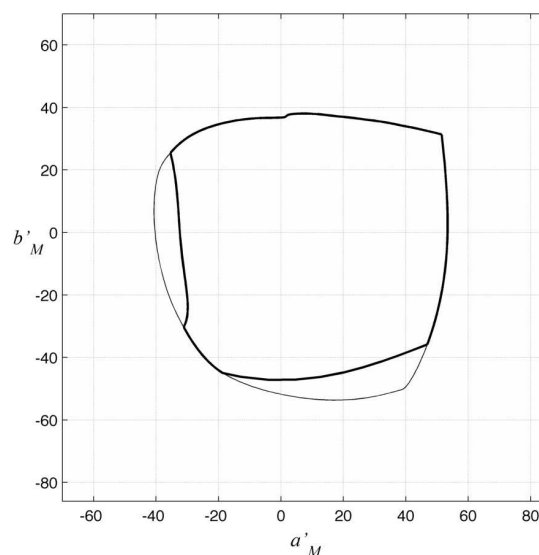


Рисунок 14 – Область колірностей, передаваних системою ROM, для $Y = 0,05$ та $L_A = 50$ кд/м², представлено в координатах a'_M, b'_M

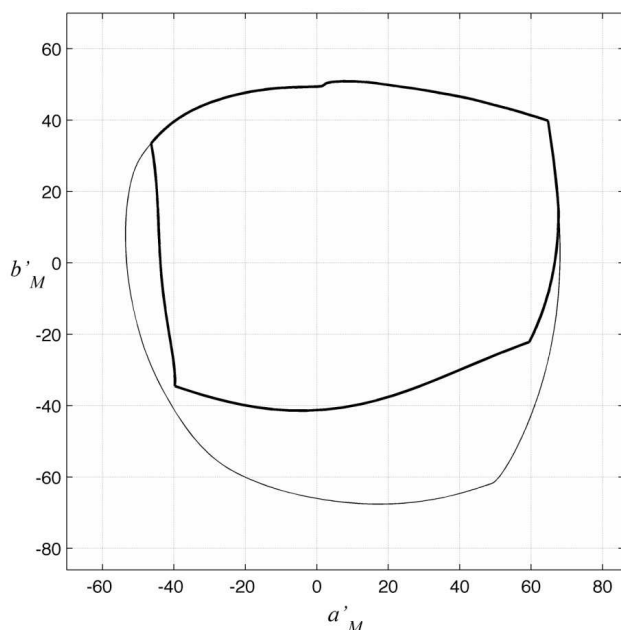


Рисунок 15 – Область колірностей, передаваних системою ROM, для $Y = 0,25$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

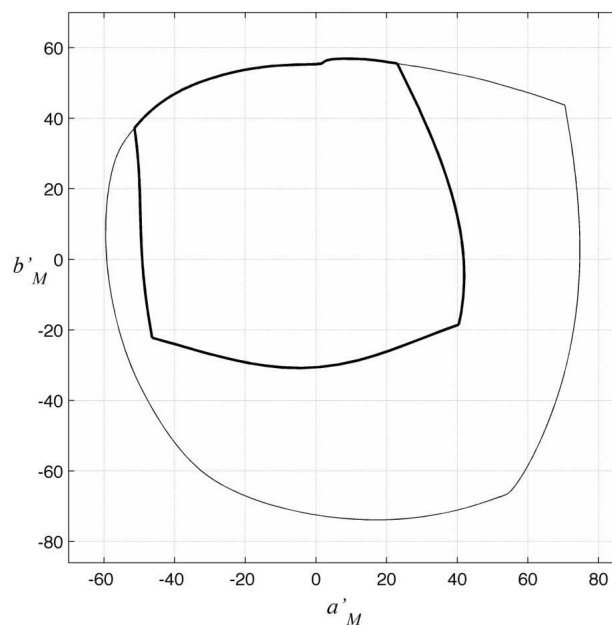


Рисунок 16 – Область колірностей, передаваних системою ROM, для $Y = 0,5$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

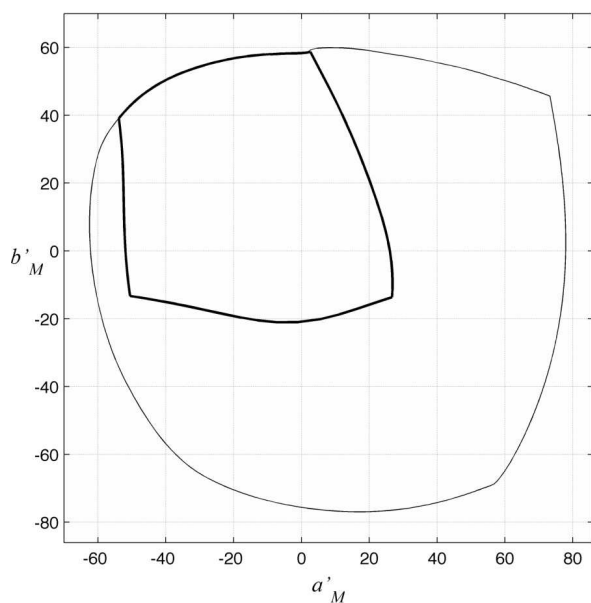


Рисунок 17 – Область колірностей, передаваних системою ROM, для $Y = 0,7$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

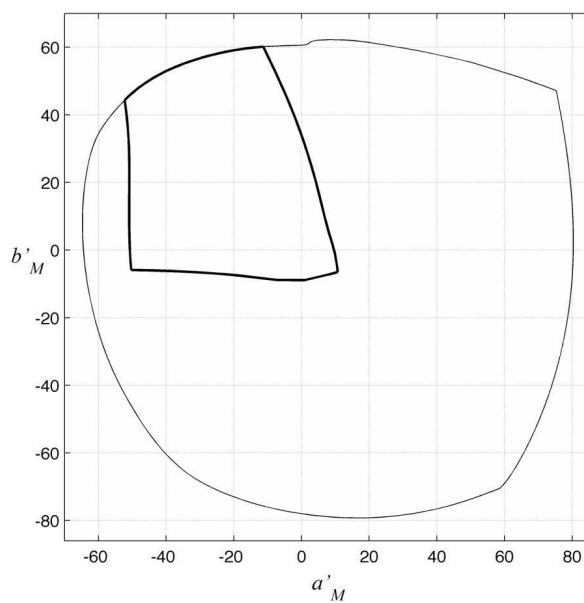


Рисунок 18 – Область колірностей, передаваних системою ROM, для $Y = 0,9$ та $L_A = 50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

Область колірності, що їх може бути передано в системі WideGamut

На рис. 19 представлені проєкції області передаваних колірностей в системі WideGamut на площину координат системи МКО-31. На рис. 20–24 представлені проєкції області передаваних колірностей в системі WideGamut на площину координат колірності a'_M, b'_M рівноконтрастного колірного простору J', a'_M, b'_M . Проєкції представлено для рівнів відносної яскравості 0,05; 0,25; 0,5; 0,7; 0,9 і для рівнів яскравості адаптації зорової системи спостерігача 50 кд/м².

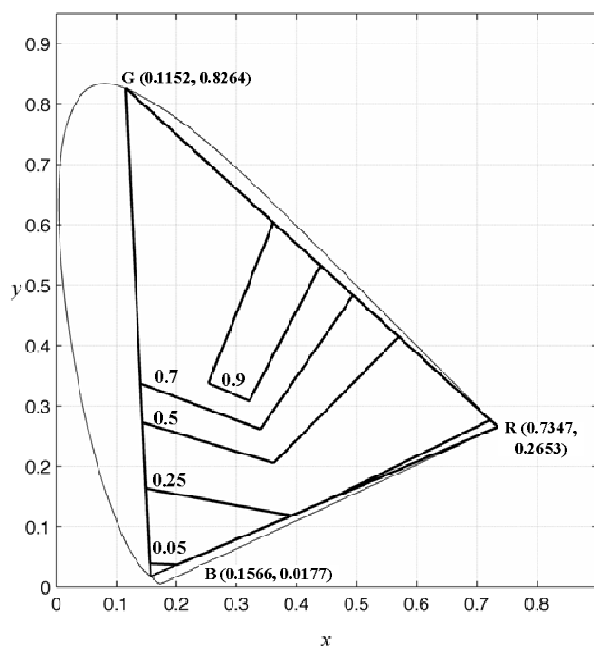


Рисунок 19 – Область колірностей, що їх може бути передано системою Wide Gamut, представлена в системі координат МКО-31

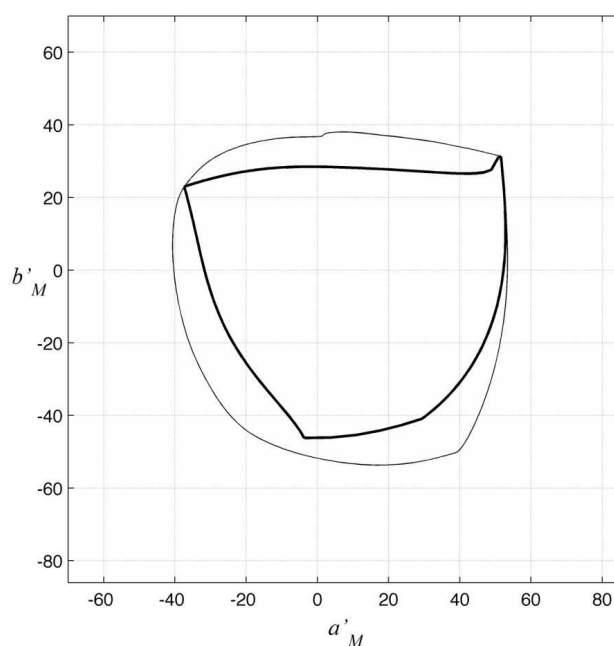


Рисунок 20 – Область колірностей, передаваних системою Wide Gamut, для $Y=0,05$ та $L_A=50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

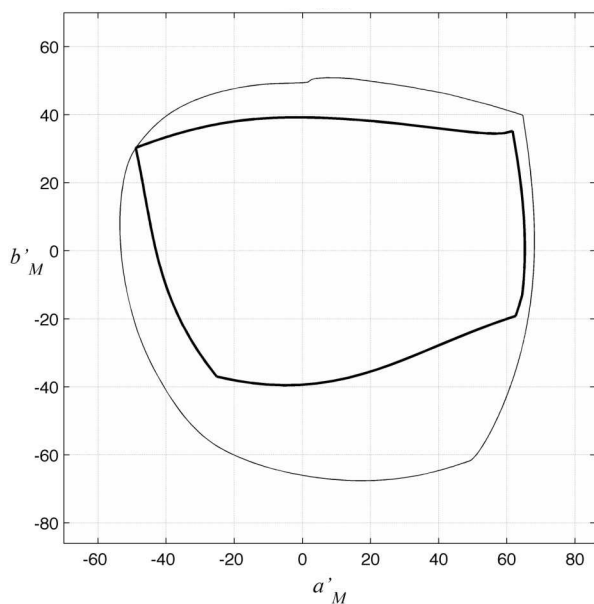


Рисунок 21 – Область колірностей, передаваних системою Wide Gamut, для $Y=0,25$ та $L_A=50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

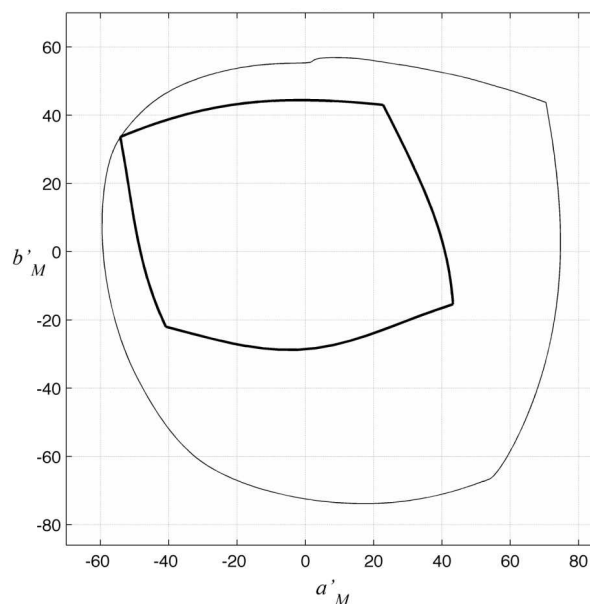


Рисунок 22 – Область колірностей, передаваних системою Wide Gamut, для $Y=0,5$ та $L_A=50$ кд/м², представлена в координатах a'_M, b'_M

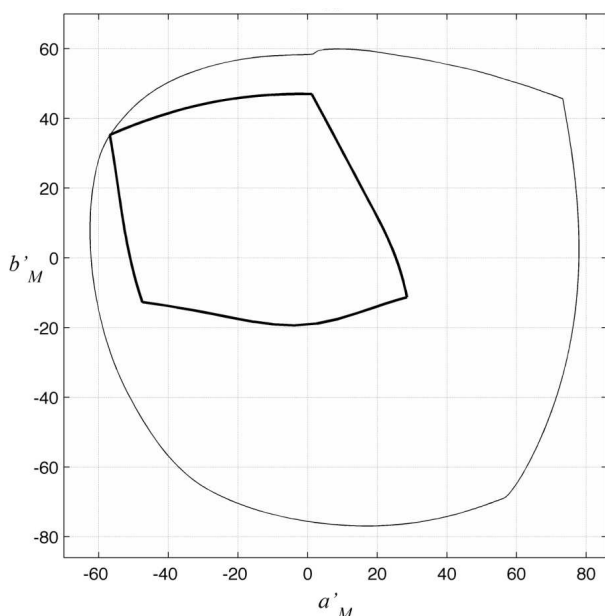


Рисунок 23 – Область колірностей, передаваних системою Wide Gamut, для $Y=0,7$ та $L_A=50\text{кд/м}^2$, представлена в координатах a'_M, b'_M

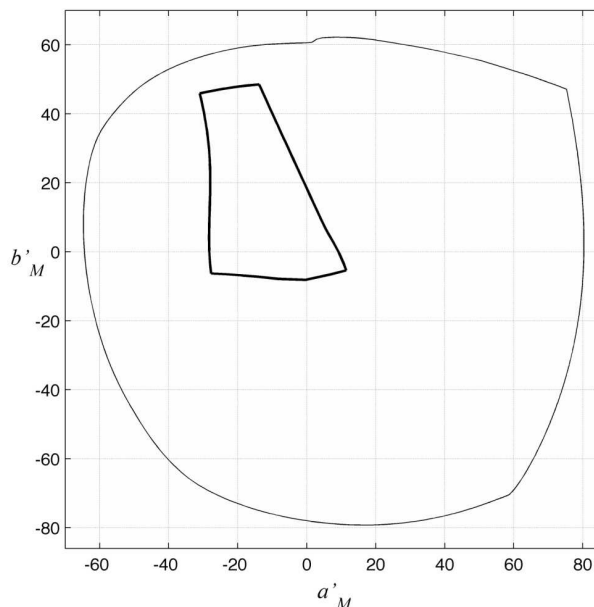


Рисунок 24 – Область колірностей, передаваних системою Wide Gamut, для $Y=0,9$ та $L_A=50\text{кд/м}^2$, представлена в координатах a'_M, b'_M

Зіставлення області колірностей, що їх може бути передано системами RIMM-ROMM, ROM, WideGamut, з областю колірностей, що їх може бути передано системами ТБВЧ і ТБНВЧ

У табл. 2 наведено оцінки частки діаграми колірності ζ , що характеризує віднесений до площі проекції діаграми колірності на площині координат a'_M, b'_M розмір області кольорів, передаваних системами.

Таблиця 2 – Порівняльна оцінка частки діаграми колірності ζ , що характеризує відносний розмір області переданих кольорів системами HDTV, UHDTV, RIMM-ROMM, ROM і WideGamut

Y	$\zeta \cdot 100\%$				
	HDTV	UHDTV	RIMM-ROMM	ROM	Wide Gamut
0,05	39,1	64,0	82,4	89,5	71,6
0,25	37,0	59,6	72,8	73,0	60,7
0,50	22,3	38,9	48,3	46,4	38,6
0,70	14,8	26,2	33,6	31,8	26,3
0,90	3,7	6,5	11,2	19,4	8,8

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Adobe Photoshop © 5.0, Adobe Systems Inc., San Jose, CA.
- 2 Eastman Kodak Company, Reference output medium metric RGB color space (ROMM RGB) white paper, <http://www.colour.org/tc8-05>.
- 3 Eastman Kodak Company, Reference input medium metric RGB color space (RIMM RGB) white paper, <http://www.pima.net/standards/iso/tc42/wq18>.
- 4 Spaulding K. E., Reference input/output medium metric RGB color encodings (RIMM/ROMM RGB)/ K. E Spaulding, G. J. Woolfe, and E. J. Giorgianni PICS 2000 Conf., Portland, OR, March 26–29 (2000).
- 5 Spaulding K. E. Definition of standard reference output medium RGB color space (ROM RGB) for best practice tone/color processing./ K. E. Spaulding, B. Pridham, and E. J. Giorgianni - Kodak Imaging Science Best Practice Document.

6 Recommendation ITU-R BT.709-5:2002 Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange.

7 Recommendation ITU-R BT.2020:2012 Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange.

8 M. Ronnier Luo Uniform Colour Spaces based on CIECAM02 Colour Appearance Model – Colour Research and Application. / M. Ronnier Luo, Guihua Cui, Changjun Li – Volume 31. – Issue 4. – May 2005

9 CIE 159:2004 Technical Report. A Colour Appearance Model for Colour Management Systems: CIECAM02.

10 Fairchild M.D. Color appearance models. John Wiley & Sons, 2005. – 408 p.

11 Gofaizen O.V. Matching of some color space for use in different industries and color space of television systems / O.V. Gofaizen, V.V. Pilyavskiy // Proceedings of scientific journal “ONAT n.a. A.S. Popov”. – 2013. – N. 2. – P. 33-40