

УДК 655.1:778.1

СПЕКТРАЛЬНІ ВИМІРЮВАННЯ ЯК ОСНОВА СТАНДАРТИЗАЦІЇ КОЛЬОРОВІДТВОРЕННЯ В РЕПРОДУКЦІЙНИХ ПРОЦЕСАХ

Н. В. Занько, Н. С. Писанчин, Б. М. Ковальський, А. С. Занько, М. В. Бигар

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Роз'яснено значення вимірювань спектральних даних і розрахунку колориметричних характеристик відбитків шкал для процесів калібрування та профілювання багатофарбового друку. Досліджено вплив оптичних відбілювачів, які містять деякі типи паперу, на результати вимірювань. Проведено аналіз колориметричних особливостей цільових значень координат кольору стандарту ISO 12647-2. Показано, що в основі колориметричного налаштування друкарського процесу є спектральні характеристики, які виконані строго за конкретних умов вимірювання.

Ключові слова: *кольоровідтворення, координати кольору, спектральні вимірювання, цільові значення, стандарт, оптичні відбілювачі, флуоресценція, колориметричні розрахунки.*

Постановка проблеми. Ідея керування кольором у репродукційному процесі ґрунтується на калібруванні, задачею якого є забезпечити регламентовані стандартом колориметричні характеристики тріадних фарб й градаційні характеристики півтонів та на використанні ІСС профілів, які описують кольоровідтворення того чи іншого процесу або пристрою. Для побудови профілів використовуються характеристичні дані, отримані в результаті вимірювання спектральних характеристик кольорових полів тестових шкал. Кольороподілені за відповідним профілем зображення друкують і у виробничому процесі використовують вимірювальні прилади для контролю за відтворенням кольору у процесі друку. Результати вимірювань спектральних характеристик фарб і паперу значною мірою залежать від умов вимірювань та наявності оптичних відбілювачів у матеріалах, оскільки вони поглинають фотони невидимого УФ-випромінювання і трансформують їх у випромінювання видимої зони спектра, чим створюють проблеми одержання різних результатів колориметричних вимірювань різними спектральними приладами. Це спричиняє багато незручностей для поліграфічних підприємств, які прагнуть контролювати відтворення кольору у своєму робочому процесі. До труднощів також призводить неузгодженість між використанням профілів для кольороподілу, які базуються на характеристичних даних, що отримані за одних умов вимірювання, і намаганням досягти цільових стандартизованих значень на відбитку, які виміряні за інших умов.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Міжнародна організація зі стандартизації переглянула документ ISO 13655 — «Вимірювання спектральних характеристик і розрахунок колориметричних параметрів для графічних художніх

зображень» [1] та стандарт ISO 3664 «Умови контролю зображень» [2], оскільки виникла проблема невідповідності між результатами вимірювань різними спектральними пристроями й зазначила, що колір більшості сучасних матеріалів, які застосовуються в поліграфії, значною мірою залежить від умов освітлення. Були внесені поправки, які дають змогу покращити робочі процеси завдяки правильній комбінації чотирьох умов вимірювання: M 0 — без фільтра (No filter); M 1 — з фільтром, що імітує спектр денного світла D 50; M 2 — з фільтром, що відсікає флуоресцентний вплив відбілювачів (UV-cut filter) та M 3 — з фільтром без УФ з поляризацією (pol filter).

Основним галузевим стандартом для офсетного друку є ISO 12647-2 [3], який відображає величезний статистичний матеріал, накопичений в результаті вимірювань в реальних умовах. В останній версії стандарту було враховано те, що на сьогодні більшість матеріалів для поліграфії містять хімічні речовини для надання додаткової білизни та блиску й регламентовано всі спектральні вимірювання, на основі яких обчислені цільові координати CIE $L^*a^*b^*$ для всіх типів паперу і фарб виконувати з фільтром M1. У попередній версії стандарту враховувались умови, за яких оптичні відбілювачі у матеріалах відсутні і вимірювання рекомендували виконувати в режимі приладу No filter (M0). Колір і прозорість фарб для поліграфічного друку, а також інші характеристики визначає стандарт ISO 2846-1:2017 [4].

Зважаючи на ці особливості нової версії стандарту, організація ECI [5] розробила нові профілі PSO Coated v3.icc й PSO Uncoated v3.icc на основі характеристичних даних інституту FOGRA [6] для підготовки зображень до друку тиражу на паперах з високим рівнем флуоресценції. Спектральні вимірювання на них проводились з фільтром M1 для можливості враховувати флуоресцентний зсув на таких типах паперу.

Мета статті — дослідження спрямоване на визначення впливу умов вимірювання та властивостей паперу на значення координат кольору відбитків тріадних фарб та відображення ролі формалізованих кольірних характеристик на колориметричне налаштування процесу репродукції кольорових оригіналів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Високоякісний друк багатофарбових зображень є надзвичайно важливим і непростим завданням. У репродукційному процесі існує велика кількість факторів, які впливають на якість кольоровідтворення. Спектральні характеристики фарб і паперу є тими параметрами, які безпосередньо впливають на кольірне охоплення на відбитку. Міжнародна організація зі стандартизації ISO в останній версії стандарту для офсетного друку ISO 12647-2:2013 вказує цільові значення CIE $L^*a^*b^*$ на відбитку для таких кольорів: голубий, пурпурний, жовтий, червоний, зелений, синій. З теорії кольору відомо, що колір — це відчуття, яке виникає в свідомості людини при впливі на її зоровий апарат електромагнітного випромінювання з довжинами хвиль в діапазоні від 380 до 730 нм [7]. Описати колір можливо трьома параметрами — світлотою, кольірним тоном та насиченістю. Саме тому колір плашок чистих тріадних фарб і їх попарних накладань в стандарті ISO вказано в координатах кольору в системі CIE, а не в одиницях оптичної щільності, яка фактично вказує лише на товщину фарбового шару. Отже, контроль за передачею інформації про колір на усіх етапах, від оцифрування і до друку тиражу на конкретному типі паперу, потрібно виконувати за допомогою спектрофотометра.

Інформація про спектральний склад випромінювання чи відбивання кольорових взірців є в основі профілів цифрових камер, моніторів, друкуючих пристроїв. На вимірюванні спектральних даних базуються методики стандартизації офсетного виробництва.

Результати спектральних вимірювань залежать від спектральних характеристик джерела світла спектрофотометра й опорного білого світла, яке необхідне при розрахунку координат кольору CIE XYZ та CIE L*a*b* зі спектрів.

Розглянемо графік спектральних кривих стандартних джерел світла. Як видно з рис. 1, графіки виглядають по-різному, оскільки джерела світла випромінюють різну кількість енергії за кожною довжиною хвилі. Джерело А практично не випромінює фотонів в області 300-400 нм, тоді як спектральний розподіл енергії джерела денного світла D 50 містить більше ультрафіолету у тій самій області, а D 65 ще значно більше за D 50.

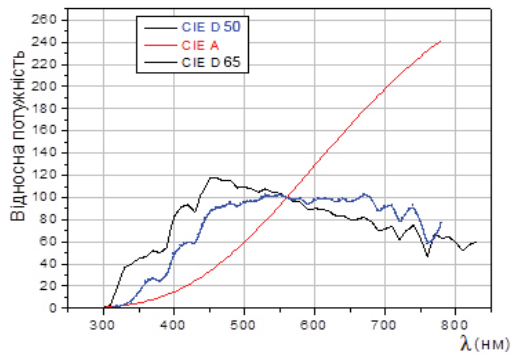


Рис. 1. Спектральний розподіл енергії стандартних джерел A, D 50 та D 65

Очевидно, що під час порівняння результатів вимірювань на відбитках пристроями з різними джерелами освітлення отримаємо різницю у значеннях спектрального коефіцієнта відбивання. Особливо це стосується вимірювань на папері, який містить оптичні відбілювачі. На рис. 2 показано, що спектральна крива відбивання паперу, який містить оптичні відбілювачі, має чітко виражений «шпиль» в короткохвильовій зоні спектра.

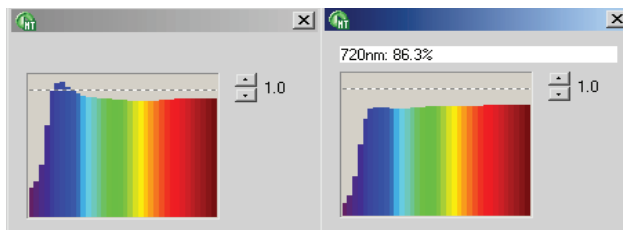


Рис. 2. Спектральні криві коефіцієнта відбивання паперу, одержані за допомогою приладу Gretag Macbeth Spectrolino та програми Measure tool: зліва — з відбілювачем; справа — без відбілювача

Для оцінки впливу оптичних відбілювачів на результати вимірювань в різних режимах освітлення представимо графіки залежностей відбиваючої здатності паперу без оптичних відбілювачів і паперу з відбілювачами (рис. 3).

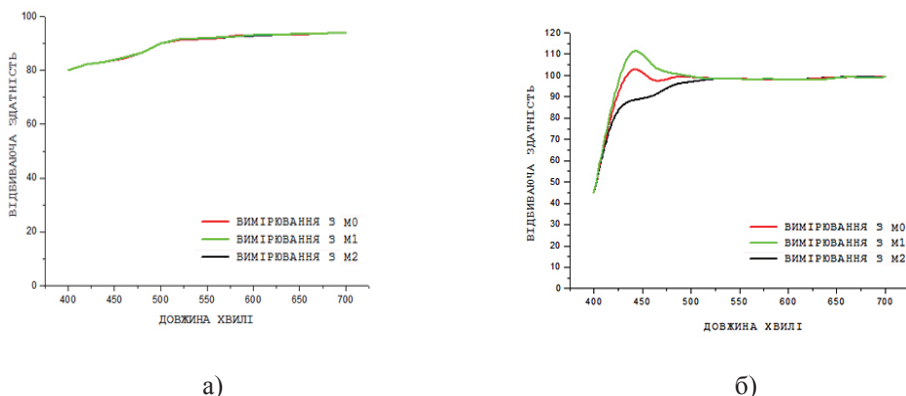


Рис. 3. Відбиваюча здатність матеріалів:
 а) — без оптичного відбілювача; б) — з оптичним відбілювачем

Як видно з рис. 3, в ділянці довжин хвиль 420–450 нм при вимірюваннях з фільтром на папері з оптичним відбілювачем відбивання сягає вище, ніж 100 %. Ці 102–105 % відбивання є результатом флуоресценції, коли ультрафіолетовий невидимий діапазон спектра відбивається у видимій синій ділянці спектра.

Координати кольору паперу, що не містить оптичного відбілювача, які виміряні з фільтром M0, M1 та M2, однакові — 94 L*; -0,5 a*; 0 b*. Тоді як на папері, який містить оптичні підбілювачі, отримали різні результати: з фільтром M0 — 94 L*; 2,5 a*; -4 b*, з фільтром M1 — 94 L*; 3,5 a*; -6 b*, з фільтром M2 — 94 L*; 0,5 a*; -1 b*. Для користувача відбілений папір візуально виглядає білим, зростає лише його білизна (CIE Whiteness), а для фільтра M 1 папір отримує синій відтінок — збільшується значення координати b*.

Побудуємо графік спектральної кривої відбивання паперу PS1 (Крейдований Преміум, 93 L*; 1 a*; -5 b*) [3] за характеристичними даними FOGRA51 [6].

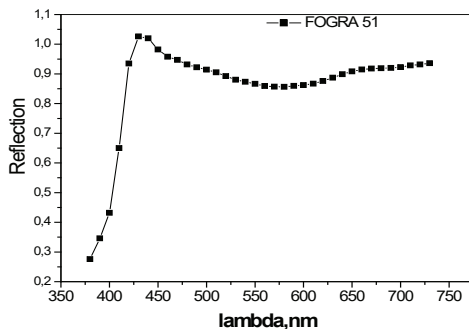


Рис. 4. Спектральна крива відбивання паперу PS1

Відбивання паперу PS1 у короткохвильовому діапазоні буде приблизно 105 %. Оскільки цей тип паперу має помірний рівень флуоресценції, то за стандартом ISO 12647-2:2013 білизна може мати значення 105–135 %.

Для візуального визначення наявності OBAs на поліграфічних підприємствах можуть використовувати ультрафіолетову лампу: що більше світиться папір в ультрафіолеті, то більша різниця між фільтрами. На папері, який не світиться, різниці між вимірюваннями за трьома фільтрами M0, M1 і M2 немає взагалі. Розрахувати на виробництві рівень флуоресценції паперу досить складно. Потрібен лабораторний рефлектометр зі сферичним дифузним розсіювачем. На основі його замірів вираховується ступінь флуоресценції — різниця яскравості D65 між вимірами з фільтром M0 і M2. Тому для оцінювання впливу відбілювача спеціалісти зазвичай порівнюють за візуальною оцінкою рівень освітленості в ультрафіолеті зразків паперу та виміряну спектрофотометром величину відбивання в синій області на довжині хвилі 440 нм.

У стандартах ISO, які стосуються поліграфічної галузі, цільові значення координат кольору відбитків фарб вказані для восьми типів паперу, які поділяються на чотири рівні флуоресценції. Стандарт ISO 2846-1:2017 [4] визначає колір і прозорість фарб для поліграфічного друку, а також інші характеристики. Різні комплекти фарб (як для пробного, так і для друку тиражу), які відповідають цьому документу, забезпечуватимуть подібний колір при друці на стандартизованому типі паперу. Це дає змогу орієнтуватись при кольороподілі для офсетного друку на відомі цільові значення кольору і спрощує завдання послідовного друку тих самих зображень у кількох різних друкарнях.

Усі комплекти фарб, які є на ринку, відрізняються за кольором в кращому випадку на невелике значення ΔE . Вагомий вплив мають характеристики паперу для друку. Якщо значення ΔE для чистих фарб буде в межах 2–4, а попарних накладань $\Delta E \leq 5$, то візуально така різниця в кольорі відбитків буде непомітною.

На рис. 5 наведено графік, де побудовано спектральні криві тріади фарб, характеристики яких визначені стандартом ISO 2846-1:2017.

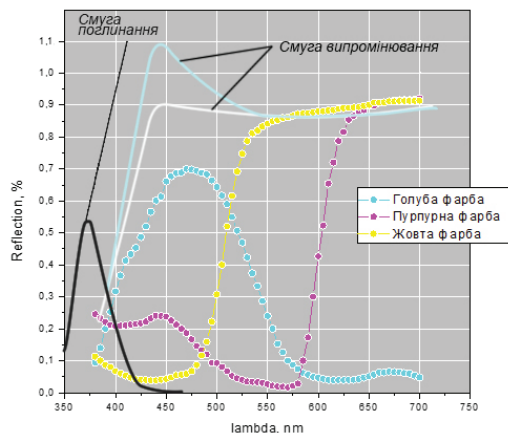


Рис. 5. Спектральні криві тріади фарб на папері, який містить відбілювачі

Порівняємо відмінності при вимірюваннях за фільтром M0 і M1, використавши характеристичні дані FOGRA51 [6] (табл. 1). В обох випадках вимірюється одна і та сама шкала, але колориметричні дані отримані з використанням різних спектральних фільтрів.

Таблиця 1

С	М	Y	К	FOGRA51 з фільтром M0			FOGRA51 з фільтром M1			ΔE 1976
				L*	a*	b*	L*	a*	b*	
0.00	100.00	0.00	0.00	48.48	75.11	-2.76	48.49	75.30	-3.84	1.097
55.00	85.00	0.00	0.00	38.84	37.60	-30.25	38.87	37.84	-31.08	0.820
85.00	100.00	0.00	0.00	27.14	29.43	-41.20	27.16	29.66	-41.87	0.709
20.00	100.00	10.00	0.00	42.87	64.40	-7.37	42.88	64.58	-8.27	0.918
40.00	100.00	20.00	0.00	37.51	52.70	-12.13	37.52	52.88	-12.88	0.771
100.00	0.00	20.00	0.00	54.11	-43.08	-37.00	54.16	-42.74	-37.69	0.782
30.00	100.00	30.00	0.00	40.34	57.00	-2.74	40.35	57.15	-3.47	0.745
40.00	100.00	30.00	0.00	37.67	51.44	-7.51	37.68	51.60	-8.21	0.811
100.00	100.00	30.00	0.00	24.59	13.03	-31.99	24.60	13.21	-32.52	0.559
40.00	85.00	40.00	0.00	42.56	40.02	-2.43	42.57	40.17	-3.11	0.696
40.00	100.00	40.00	0.00	37.85	50.23	-2.78	37.85	50.37	-3.43	0.665
70.00	70.00	40.00	0.00	40.04	10.02	-14.27	40.05	10.20	-14.87	0.626
85.00	100.00	55.00	0.00	26.77	18.86	-15.79	26.77	18.99	-16.27	0.497
100.00	20.00	40.00	0.00	46.97	-39.75	-22.87	46.99	-39.52	-23.43	0.606
100.00	100.00	55.00	0.00	24.10	7.77	-20.87	24.11	7.91	-21.32	0.471
70.00	100.00	70.00	0.00	29.83	28.56	-2.23	29.83	28.66	-2.70	0.481
85.00	100.00	70.00	0.00	26.36	16.67	-8.90	26.36	16.78	-9.34	0.454
40.00	70.00	85.00	0.00	46.83	24.73	27.88	46.83	24.81	27.39	0.564
0.00	0.00	100.00	0.00	89.09	-4.56	92.57	89.11	-4.56	92.06	0.517
10.00	70.00	100.00	0.00	55.73	41.58	53.50	55.74	41.63	53.01	0.492
30.00	100.00	100.00	0.00	39.64	52.12	31.93	39.64	52.18	31.47	0.412
55.00	0.00	100.00	0.00	66.98	-32.18	55.34	67.00	-32.14	54.93	0.405
100.00	100.00	10.00	20.00	21.79	15.76	-35.73	21.79	15.93	-36.23	0.392
20.00	100.00	20.00	20.00	37.24	55.20	-2.64	37.24	55.34	-3.32	0.625
100.00	70.00	40.00	0.00	32.72	-9.70	-26.08	32.73	-9.52	-26.60	0.550
100.00	85.00	55.00	0.00	27.90	-2.33	-19.78	27.91	-2.19	-20.24	0.481
100.00	0.00	0.00	100.00	12.46	-6.96	-9.07	12.43	-6.91	-9.30	0.365
40.00	0.00	0.00	80.00	31.32	-5.20	-9.36	31.31	-5.09	-9.77	0.421
85.00	100.00	85.00	0.00	25.98	14.74	-1.76	25.97	14.83	-2.16	0.410
100.00	100.00	85.00	0.00	23.26	2.39	-7.22	23.25	2.49	-7.61	0.403

Для порівняння в табл. 1 було взято довільні 30 зразків кольору з 1617 можливих. У більшості випадків при вимірюваннях з фільтром M1 координата b^* має більше значення порівняно з традиційним фільтром M0. Але потрібно зазначити, що середнє значення за умов вимірювання з різними фільтрами є меншим за одиницю: $\Delta E=0,592$.

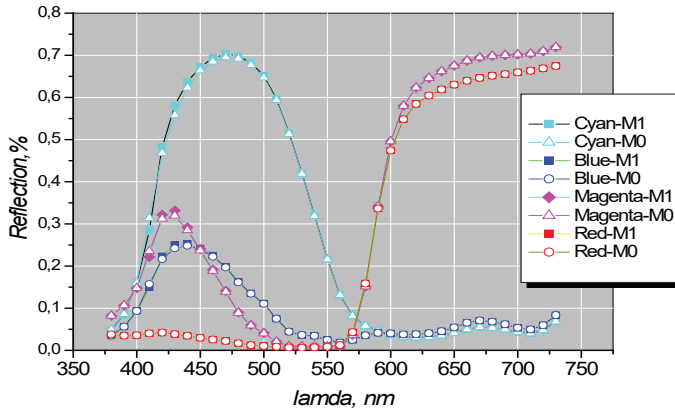


Рис. 6. Порівняння спектральних характеристик відбитків полів шкали

На рис. 6 за даними табл. 2 побудовано спектральні криві кількох зрізів, коефіцієнт відбивання яких виміряний з використанням фільтра M1 і M0. З графіків видно, що криві практично збігаються.

Таблиця 2

	M1	M0	M1	M0	M1	M0	M1	M0
	Cyan		Blue		Magenta		Red	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
380	0,0489	0,0489	0,0347	0,0347	0,0823	0,0823	0,0378	0,0378
390	0,0858	0,0858	0,0561	0,0561	0,1064	0,1064	0,0349	0,0349
400	0,16	0,16	0,0934	0,0934	0,1478	0,1478	0,0353	0,0353
410	0,2855	0,3138	0,1496	0,1572	0,2216	0,2354	0,0403	0,0403
420	0,4829	0,4677	0,2232	0,2167	0,3218	0,3122	0,0418	0,0418
430	0,5807	0,558	0,2507	0,2418	0,3318	0,3192	0,0383	0,0383
440	0,6372	0,6229	0,253	0,2479	0,2915	0,2847	0,0346	0,0346
450	0,6723	0,6642	0,2422	0,2396	0,24	0,2368	0,0298	0,0298
460	0,6932	0,685	0,2249	0,2224	0,1915	0,1888	0,0255	0,0255
470	0,7033	0,6951	0,1988	0,1965	0,1412	0,1388	0,0221	0,0221
480	0,698	0,6918	0,163	0,1614	0,0903	0,0889	0,0164	0,0164
490	0,682	0,6768	0,1355	0,1344	0,0597	0,0588	0,0123	0,0123

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	0,6514	0,6473	0,1113	0,1104	0,0409	0,0403	0,0103	0,0103
510	0,5958	0,5933	0,0752	0,0748	0,0209	0,0206	0,0084	0,0084
520	0,515	0,5134	0,0445	0,0443	0,0099	0,0099	0,0064	0,0064
530	0,4198	0,4187	0,036	0,0361	0,009	0,0089	0,0063	0,0063
540	0,3192	0,3185	0,0346	0,0346	0,01	0,0101	0,0072	0,0072
550	0,2159	0,2157	0,0246	0,0245	0,0088	0,0089	0,0083	0,0083
560	0,1309	0,1309	0,0185	0,0185	0,0104	0,0104	0,0121	0,0121
570	0,0814	0,0814	0,0244	0,0244	0,0368	0,0368	0,0428	0,0428
580	0,0581	0,0581	0,0353	0,0353	0,1514	0,1514	0,1587	0,1587
590	0,0464	0,0464	0,0413	0,0413	0,3413	0,3413	0,3363	0,3363
600	0,0376	0,0376	0,04	0,04	0,4958	0,4958	0,4742	0,4742
610	0,0321	0,0321	0,0376	0,0376	0,5803	0,5803	0,5479	0,5479
620	0,0308	0,0308	0,0381	0,0381	0,623	0,623	0,5845	0,5845
630	0,0316	0,0316	0,0405	0,0405	0,646	0,646	0,6044	0,6044
640	0,0348	0,0348	0,0453	0,0453	0,6623	0,6623	0,6187	0,6187
650	0,0414	0,0414	0,0544	0,0544	0,6757	0,6757	0,6302	0,6302
660	0,05	0,05	0,0655	0,0655	0,6875	0,6875	0,6398	0,6398
670	0,0552	0,0552	0,0709	0,0709	0,6946	0,6946	0,6462	0,6462
680	0,054	0,054	0,068	0,068	0,6987	0,6987	0,6512	0,6512
690	0,0495	0,0495	0,0617	0,0617	0,7005	0,7005	0,6551	0,6551
700	0,043	0,043	0,0531	0,0531	0,7018	0,7018	0,6594	0,6594
710	0,0403	0,0403	0,0495	0,0495	0,7038	0,7038	0,6634	0,6634
720	0,0479	0,0479	0,0596	0,0596	0,7097	0,7097	0,6688	0,6688
730	0,0682	0,0682	0,0835	0,0835	0,7194	0,7194	0,6747	0,6747

Вимірювання на матеріалах, у яких присутні відбілювачі, потрібно виконувати сучасними спектрофотометрами типу X-Rite серії eXact, де фільтр M1 реалізовано з двох різних джерел світла для видимої і ультрафіолетової ділянок. У випадку, якщо прилад може виконувати лише вимірювання з фільтром M0, можна скористатись пакетом програм ArgyllCMS [8], який має в своєму складі утиліту для конверсії між фільтрами.

За результатами обчислень видно, що ArgyllCMS може забезпечити доволі точний математичний перехід від значень кольору зі спектрів M0 до M1. За умови зсуву кольору взірців у синю зону спектра, який виражається збільшенням значення координати b^* в системі CIE LAB, така конверсія колориметричних даних є необхідною для узгодження координат кольору паперу та фарб діючої версії стандарту з попередньою. Потрібно зазначити, що FOGRA та ECI спектральні дані у профілі не вносять, лише колориметричні координати, розраховані за цими спектрами.

Таблиця 3

№ п/п	Виміряні з фільтром M1 X-Rite eXact Standart			Виміряні з фільтром M 0 і перераховані до умов M 1 спектр. калькул. ArgyllCMS			ΔE 1976
	L	a	b	L	a	b	
1	55.53	-38.43	-49.51	55.71	-38.83	-50.1	0.74
2	25.27	21.18	-47.65	25.39	20.6	-47.63	0.59
3	24.85	-0.89	2.49	24.89	-0.94	1.98	0.51
4	67.89	-25.01	-36.58	67.99	-25.48	-36.93	0.59
5	42.44	17.84	-38.03	42.52	17.35	-38.03	0.50
6	40.66	5.08	6.33	40.71	4.98	5.74	0.60
7	79.82	-12.13	-21.1	79.89	-12.55	-21.32	0.48
8	65.86	9.3	-22.68	65.93	8.86	-22.71	0.45
9	62.47	5.74	3.32	62.5	5.52	3.15	0.58
10	87.09	-4.94	-12.63	87.15	-5.33	-12.8	0.43
11	79.91	4.7	-13.66	79.96	4.28	-13.7	0.42
12	79.01	3.07	0.36	79.05	2.76	0.28	0.32
13	90.45	-2.52	-7.55	90.51	-2.88	-7.75	0.42
14	87.41	2.65	-8.73	87.46	2.26	-8.81	0.40
15	87.22	1.56	-1.55	87.26	1.21	-1.64	0.66
16	48.41	75.03	-6.07	48.43	74.81	-5.75	0.59
17	46.72	67.38	48.22	46.73	67.37	47.95	0.57
18	53.76	37.6	27.1	53.76	37.38	27.97	0.90
19	61.23	50.32	-8.67	61.27	50.02	-8.53	0.33
20	58.98	46.05	34.72	58.98	45.8	35.9	1.21
Середнє значення колірних відмінностей							0.60

Хоча різниця між координатами $L^*a^*b^*$ відбитків фарб не є значною, проте вона все ж присутня. Тому, порівнюючи координати зразків з нового стандарту на папері з вмістом відбілювачів, потрібно додавати приблизно дві одиниці до координати b^* для зіставлення з координатами зразків попередньої версії стандарту ISO 12647-2.

Коли йдеться про точність кольоровідтворення, то не можна нехтувати цими особливостями при спектральних вимірюваннях з різними фільтрами. Результати вимірювання FOGRA лежать в основі стандартних профілів, якими користуються для кольороподілу зображень на сучасних виробництвах. У характеристичних даних FOGRA наводяться числові значення координат CIE $L^*a^*b^*$ 1617 полів шкали: координат паперу, плашок тріадних кольорів, бінарних кольорів, чорного кольору та інших комбінацій значень відносних площ S растрових елементів тріадних фарб (включно зі всіма можливими варіантами їх подвійного та потрійного накладання в офсетному друці), які обчислені зі спектрів.

На сьогодні в центрах підготовки до друку ще доволі часто використовують для кольороподілу на крейдованому папері профіль ISO Coated v2 (ECI), який побудований на характеристичних даних FOGRA 39, що були виміряні без використання фільтра (умови вимірювання з фільтром M0), тоді як FOGRA51, на якій базується PSO Coated v3, — з використанням фільтра M1. Тому у них різна біла точка і різниця у колористиці (синій зсув профілю FOGRA51 щодо FOGRA 39). За допомогою утиліти Profile Inspector [9] можна побачити, що біла точка профілів ISO Coated v2 і PSO Coated v3 різна (рис. 7). Біла точка у профілі PSO Coated v3.icc — L=95; a=2; b=-6; в профілі ISO Coated v2.icc — L=95; a=0; b=-2.

Різниця за значенням координати b^* : -2 і -6. Папір у профілі FOGRA51 має синій відтінок за фільтром M1 в стандарті 2013 року — $b^*=-4$.

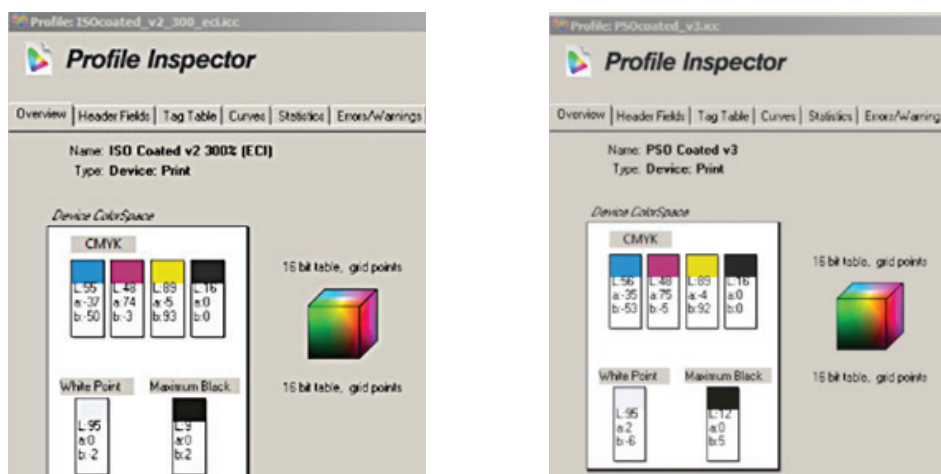


Рис. 7. Загальна інформація з профілів у вікні утиліти Profile Inspector

Профіль PSOcoated_v3.icc містить характеристики друкарського процесу на преміальному крейдованому папері PS1; друк згідно з кривою розтискування А стандарту ISO 12647-2:2013, використовується біла підкладка при вимірюваннях. Під час створення профілю було використано програму Heidelberg Color Tool [10] з такими налаштуваннями:

- довжина чорного «black length» — 9 (початок 10 %);
- ширина чорного «black width» — 10 %;
- максимальне фарбоперенесення — 300 %;
- максимальний чорний — 96 %.

Поліграфічним підприємствам, які є ланками одного ланцюжка постачання, дуже важливо мати стандартизовані способи проведення вимірювань. Багато неузгоджень виникне у випадку, коли замовники виконують кольороподіл з використанням профілю PSO Coated v3.icc, а кольоропроба виконана за профілем ISO Coated v2.icc чи в інших подібних випадках.

Характеристичні дані FOGRA51, які є в основі профілю для друку на папері PS1, в кінцевій редакції містять заміри лише із фільтром M1, хоча раніше були

опубліковані координати кольору відбитків шкал у двох варіантах — із фільтрами M0 та M1. Алгоритм конверсії координат кольору між цими фільтрами інститут FOGRA не розголошує.

На сьогодні організація ECI представляє спосіб перетворення файлів кольороподілених за FOGRA 39 у FOGRA 51. Це калібрувально-градаційний DLP — ISOcoated_v2_to_PSOcoated_v3_DeviceLink. ECI представила на сайті 2 DLP:

- ISOcoated_v2_to_PSOcoated_v3_DeviceLink.icc (39 →51);
- PSOcoated_v3_to_ISOcoated_v2_DeviceLink.icc (51→39).

Ці профілі DeviceLink були створені за допомогою модуля DeviceLink у ColorLogic CoPrA v3.3.

Якщо друкарня працює за старим стандартом, а кольороподіл виконано до профілю PSOcoated_v3.ICC, який побудований на даних FOGRA51, то застосовується DLP: PSOcoated_v3_to_ISOcoated_v2_DeviceLink.icc (51→39).

Якщо друкарня працює за стандартом 2013 року, але замовник підготував файл, кольороподілений за даними FOGRA39, то в друкарні можна виконати обробку такого файлу в DLP за ISOcoated_v2_to_PSOcoated_v3_DeviceLink.icc.

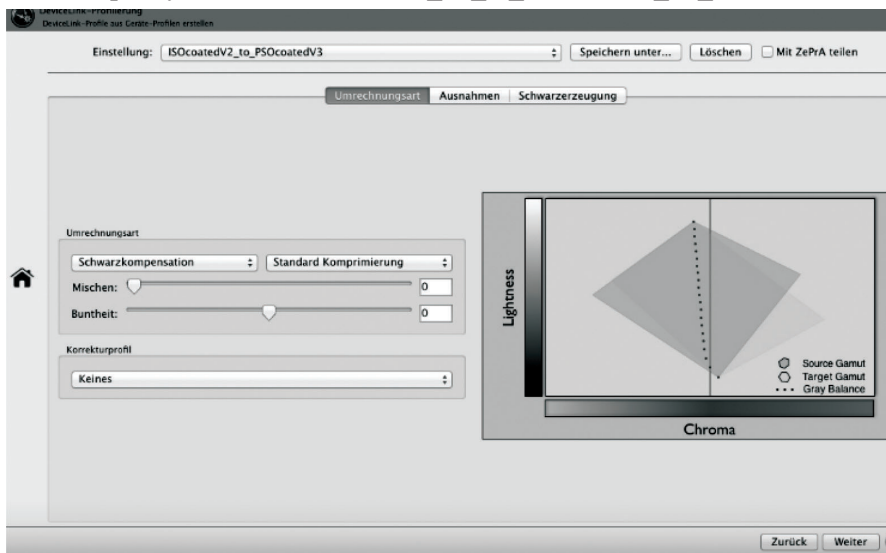


Рис. 8. Налаштування для конверсії DeviceLink

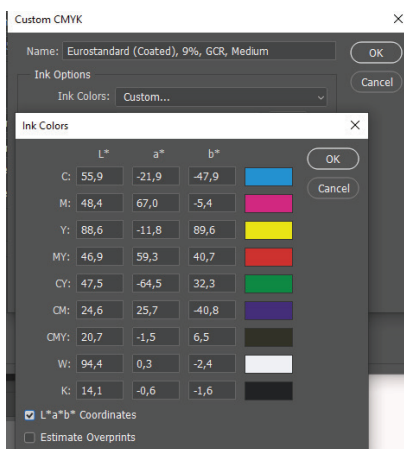
Якщо для побудови власного профілю друкуючого пристрою виконати вимірювання з фільтром M1 координат кольору полів тестової шкали на папері, який містить оптичні відбілювачі, та вивести зображення шкали на екран монітору, то кольори зображення матимуть незначний синій відтінок. Для коректного виконання екранної кольоропроби потрібно: роздрукувати тестову шкалу для побудови профілю і виміряти координати $L^*a^*b^*$ з використанням фільтра M1; побудувати профіль друкарської системи за допомогою спеціального програмного забезпечення; використовувати режим екранної кольоропроби у програмі Adobe PhotoShop і вибрати як робочий СМУК-простір створений профіль принтера.

За умови підготовки до друку, за стандартизованих умов за 12647-2:2013, потрібно конвертувати зображення до стандартного профілю на основі даних FOGRA51, а як алгоритм Rendering intent обрати колориметричний метод перерахунку кольорів Relative colorimetric.

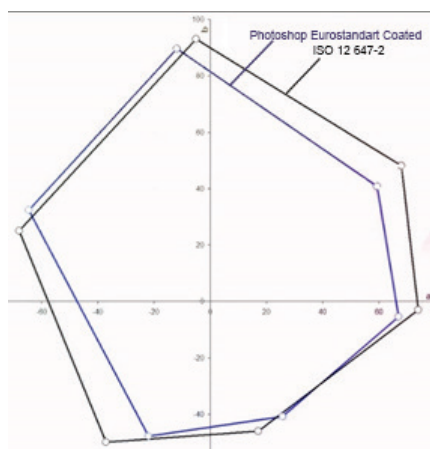
Пройшло уже багато років з моменту публікації нової версії стандарту для офсетного друку, проте організація ECI станом на 2023 рік представила на сайті профілі лише для двох з восьми типів паперу: профілі за даними FOGRA 51 і 52 для крейдованого (PS1) і не крейдованого офсетного паперу (PS5), які мають назви «PSOcoated v3» і «PSOuncoated v3 FOGRA52», відповідно.

ECI ще опублікувала колірний профіль з врахуванням стохастичного растрування при підготовці до друку — «PSO Coated NPscreen ISO12647 (ECI)» за даними FOGRA 43 для крейдованого паперу. А також запропонувала використовувати колірні простори обміну даними CMYK: есіCMYK (FOGRA53) і есіCMYK v2 (FOGRA59) для підготовки до офсетного друку на папері з покриттям преміум-класу друку файлів. Проте вони містять розширене колірне охоплення, якого неможливо досягнути в аркушевому та рулонному офсетному друці, тому, напевно, не отримують широкого розповсюдження. Дуже важливо для кольороподілу зображень використовувати профілі, які максимально відповідатимуть обраним умовам майбутнього друку та типу паперу, на якому буде друкуватись тираж.

Колір фарб на різних паперах і різними тріадами пов'язується з однозначним описом кольору на відбитку в ICC-профілях, всередині яких об'ємні таблиці співвідношень між значеннями відсотків фарб і кольором в координатах $L^*a^*b^*$. Щоб коректно обрати колористику фарб при кольороподілі, варто користуватись саме профілями від ECI або будувати їх самостійно у спеціалізованому програмному забезпеченні. Програма Adobe Photoshop також пропонує створити власний профіль на основі профілю, який називається Coated Fogra 39. Але колористика фарб, яка є в цьому профілі, відрізняється від тої, що рекомендована стандартом ISO 12647-2.



а)



б)

Рис. 9. Колориметричні характеристики фарб: а) — координати кольору європейської тріади фарб; б) — порівняння колірних охоплень тріад фарб

Як видно з графіка на рис. 9, колірне охоплення тріади фарб за стандартом ISO 12 647-2 відрізняється від тої, яка закладена Adobe у профіль Coated Fogra 39. На такі особливості потрібно звертати увагу спеціалісту з додрукарської підготовки, оскільки від якості виконання кольороподілу значною мірою буде залежати результат кольоровідтворення на відбитку.

Висновки. За результатами дослідження впливу умов спектральних вимірювань кольорових взірців на кінцеве значення координат кольору в міжнародній системі CIE показано, що порівнювати значення, отримані спектрофотометром з використанням фільтра M1 і без фільтра (M0), некоректно. Те ж стосується і порівняння координат плашок тріадних фарб, які регламентовані стандартом ISO 12647-2:2004 і останньої на сьогодні версії 2013 року. На папері, який не містить оптичних відбілювачів, різниці між вимірюваннями з фільтрами M0, M1 і M2 немає.

Для узгоджень результатів вимірювань можна скористатись програмою ArgyllCMS, оскільки при конвертації значень отримано прийнятне значення кольірних відмінностей. При кольороподілі зображень доцільно користуватись профілями від ECI, які орієнтовані на останню версію стандарту ISO 12647-2 і передбачають вимірювання з фільтром M1.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ISO 13655:2017 Graphic technology Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images. URL: <https://www.iso.org/standard/65430.html>.
2. ISO 3664:2009 Graphic technology and photography Viewing conditions. URL: <https://www.iso.org/standard/43234.html>.
3. ISO 12647-2 Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints (2013). Part 2: Offset processes. Graphic technology. Geneva, Switzerland. ISO/DIS 12647-2-2013. URL: <https://www.iso.org/standard/57833.html>.
4. ISO 2846-1:2017 Graphic technology Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing Part 1: Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing. URL: <https://www.iso.org/standard/70905.html>.
5. European Color Initiative. URL: <http://www.eci.org/en/start>.
6. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium. URL: <http://www.color.org/FOGRA.html>.
7. Дудяк В. О., Занько Н. В., Сельменська З. М. Природа кольору та його характеристики: навч. посіб. Львів : УАД, 2013.
8. Argyll Color Management Microsoft. URL: <https://www.argyllcms.com/downloadwin.html>.
9. ICC Profile Inspector. URL: <https://www.color.org/profileinspector.xalter>.
10. Color and Quality. Expert Guide. Heidelberg Druckmaschinen AG. URL: https://www.heidelberg.com/us/en/products/workflow/prinect_topics/archive_1/color_workflow/downloads_12/download_links.jsp.

REFERENCES

1. ISO 13655:2017 Graphic technology Spectral measurement and colorimetric computation for graphic arts images. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/65430.html> (in English).

2. ISO 3664:2009 Graphic technology and photography Viewing conditions. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/43234.html> (in English).
3. ISO 12647-2 Process control for the production of half-tone color separation, proof and production prints (2013). Part 2: Offset processes. Graphic technology. Geneva, Switzerland. ISO/DIS 12647-2-2013. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/57833.html> (in English).
4. ISO 2846-1:2017 Graphic technology Colour and transparency of printing ink sets for four-colour printing Part 1: Sheet-fed and heat-set web offset lithographic printing. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/70905.html> (in English).
5. European Color Initiative. Retrieved from <http://www.eci.org/en/start> (in English).
6. FOGRA characterisation data for offset: International Color Consortium. Retrieved from <http://www.color.org/FOGRA.html> (in English).
7. Dudiak, V. O., Zanko, N. V., & Selmenska, Z. M. (2013). Pryroda koloru ta yoho kharakterystryky. Lviv : UAD (in Ukrainian).
8. Argyll Color Management Microsoft. Retrieved from <https://www.argyllcms.com/download-win.html> (in English).
9. ICC Profile Inspector. Retrieved from <https://www.color.org/profileinspector.xalter> (in English).
10. Color and Quality. Expert Guide. Heidelberger Druckmaschinen AG. Retrieved from https://www.heidelberg.com/us/en/products/workflow/prinect_topics/archive_1/color_workflow/downloads_12/download_links.jsp (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2023-2-86-13-27

SPECTRAL MEASUREMENTS AS A BASIS FOR STANDARDIZATION OF COLOUR IMAGES IN REPRODUCTION PROCESSES

N. V. Zanko, N. S. Pysanchyn, B. M. Kovalskyi, A. S. Zanko, M. V. Bygar

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
zankonatalya@gmail.com*

Colorimetric adjustment of the printing process is based on spectral characteristics, which are performed by strictly defined measurement conditions. The value of spectral data measurements and calculation of colorimetric characteristics of imprints for the processes of calibration and profiling of multi-colour printing is clarified.

Paper types containing bleaches present many challenges for printing companies seeking to control colour reproduction in their workflows. Optical Brighteners absorb photons of invisible UV radiation and transform them into radiation of the visible zone of the spectrum. The influence of optical brighteners, which are part of some types of paper, on the results of measurements is studied. An analysis of the colorimetric features of the target values of the colour coordinates of the ISO 12647-2 standard is carried out.

It is shown that the colorimetric adjustment of the printing process is based on spectral characteristics, which are performed strictly under specific measurement conditions.

*Only the colour coordinates in the systems of the International Illumination Commission CIE accurately describe the colour of the samples. The CMYK value is just a combination of the percentages of colours that are applied to the paper. The same CMYK values will produce a different colour on different types of paper. The colour of inks on different papers and different triads is associated with an unambiguous description of the colour on the print in ICC profiles, which contain volumetric tables of correlations between the values of percentages of inks and colour in $L^*a^*b^*$ units. The influence of the measurement conditions on the colour of the inks on the imprint in CIE $L^*a^*b^*$ units is studied. The values of colour differences were calculated for a large number of samples, the values of the colour coordinates of which are obtained under the conditions of measurement with the M1 and M0 filters. It is shown that measurements give different results.*

The effect of fluorescence enhancement by the M1 filter applies specifically to bleached papers. Measurements of paper, which does not glow at all in ultraviolet, behind filters M0, M1 and M2 are equal in spectrum and colour, but the higher the level of fluorescence in the paper, the more filter M1 enhances the blue shift.

Keywords: *colour reproduction, colour coordinates, spectral measurements, target values, standard, optical brighteners, fluorescence, colorimetric calculations.*

Стаття надійшла до редакції 28.07.2023.

Received 28.07.2023.