

УДК 655.4/5:655.02:655.2:655.3.062.2:655.3.062:002.2:655.3.066:004.932.72'1

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СТУПЕНЯ ДЕТАЛІЗАЦІЇ РИСУНКА НАДРУКОВАНИХ AR-МАРКЕРІВ

Д. І. Баранова

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,
Навчально-науковий видавничо-поліграфічний інститут,
вул. Академіка Янгеля, 1/37, Київ, 03056, Україна*

Під час відтворення надрукованих елементів доповненої реальності велику роль відіграє питання точності та відповідності отриманого відбитка за всіма параметрами цифровому оригіналу. Проте умови використання друкованої продукції, зокрема зовнішні умови експлуатації (умови освітленості, вологість повітря, погодні умови) та характеристики матеріалу (глянцевість, стійкість до дії зовнішніх умов тощо), можуть значно вплинути на візуальні характеристики отриманих відбитків (зміна кольору, двоїння контуру, поява засвітів та зайвих затемнених ділянок тощо), що призведе до появи відмов при їх відтворенні. Особливо це важливо для друкованої продукції, що має інтенсивні умови використання з можливою постійною їх зміною. Тому доволі важливо застосовувати додаткові заходи на етапі додрукарської підготовки такої друкованої продукції, що дало б змогу зменшити кількість контрольних операцій на кожному етапі технологічного процесу її виготовлення, а також забезпечувати відповідні показники надійності та довговічності протягом всього терміну її експлуатації. Зокрема, регулювання характеристик друкованих маркерів дасть змогу підбирати відповідні показники маркерів, що дозволить уникати інтенсивного зовнішнього впливу. Одним із таких вагомих показників є ступінь деталізації рисунка маркера. Стаття присвячена визначенню раціональних значень ступеня деталізації AR-маркерів для поліграфічної продукції із елементами доповненої реальності.

Ключові слова: *імітаційна модель, якість відбитків, показник якості, AR-маркер, струменевий друк, чіткість, друкована продукція, графічна точність відтворення.*

Постановка проблеми. Доповнена реальність є одним із методів вираження різноманітної продукції, зокрема останнім часом вона отримала доволі широке застосування у сфері друкованої поліграфії. Переважно її використовують для доповнення контенту класичної друкованої продукції (книжки, журнали, газети тощо), які мають більш-менш прогнозовані та неінтенсивні умови використання, тому до виробництва такої продукції для забезпечення достатніх показників надійності не висувається додаткових вимог у процесі їх розроблення. Необхідно лише дотримуватися відповідних рекомендацій для виконання відповідних процесів виготовлення

книжок, журналів, газет тощо. Натомість новою сферою, що має більш перспективне використання для цієї технології, оскільки буде завжди актуальною, є сфера продукції з інтенсивними умовами використання, зокрема вулична реклама (білборди, сітілайти, плакати, вивіски, дороговкази, банери тощо). Ця сфера є доволі новою, а отже, і малодослідженою, оскільки практично немає системних рекомендацій у досліджуваному напрямі, що давали б змогу застосовувати різноманітні заходи із зменшення впливу різних факторів, що давало б можливість забезпечувати відповідний рівень показників надійності друкованої продукції з елементами доповненої реальності протягом усього терміну їх експлуатації.

Тому обрана тематика дослідження є доволі актуальною, оскільки вона, по-перше, дасть змогу увиразнити особливості використання такої друкованої продукції, зокрема вплив зовнішніх умов та характеристик матеріалу, що задруковується, на зміну параметрів надрукованих маркерів доповненої реальності та період, за який ці зміни набувають незворотнього характеру, по-друге, результати експерименту та їх оцінювання дадуть змогу розробити рекомендації щодо поліграфічного виконання маркерів відповідно до характеристик друкованої продукції з AR-елементами, що дасть можливість удосконалити процес її виготовлення та зменшити кількість контрольних операцій на кожному його етапі виконання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проведено аналіз наукових публікацій у сфері доповненої реальності та можливостей її використання для друкованої продукції. Більшість праць [1-5] були присвячені застосуванню готових рішень у сфері доповненої реальності для розширення можливостей конкретного наповнення друкованої продукції у різних сферах, зокрема в освіті, щодо визначення корисних показників для певного процесу для визначеної групи людей. Проте більшість проаналізованих досліджень практично не враховували саме поліграфічне виконання маркерів доповненої реальності та умови їх використання, беручи до уваги здебільшого вікові можливості користувачів та технологічні можливості пристроїв. Також низка досліджень [6-9] присвячені розробленню та впровадженню різних видів маркерів, їх особливостям та характеристикам. Також малодослідженими залишилося питання умов використання друкованої продукції.

Низка праць [10-12] були присвячені застосуванню доповненої реальності в поліграфії. Однак загалом вони були направлені на дослідження поліграфічної продукції із стабільними умовами використання, таких як книжки, газети, журнали. У сфері друкованої продукції з інтенсивними динамічно змінюваними умовами використання такі дослідження майже не проводилися.

Подібні дослідження з визначення раціональних характеристик елементів проводилися і в сфері класичної поліграфії [13-15], проте в межах застосування доповненої реальності для увиразнення контенту надрукованої продукції майже не проводилися.

Отже, дослідження впливу умов використання поліграфічної продукції із елементами доповненої реальності є актуальною задачею, що дасть змогу розробити рекомендації щодо поліграфічного виконання AR-маркерів та стабілізувати сам процес відтворення їх вмісту.

Мета статті — визначити раціональний ступінь деталізації рисунка AR-маркера у друкованій продукції з елементами доповненої реальності, що використовується в динамічно-змінних умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Відповідно до встановленої методики та попередніх досліджень [16-17] було сплановано та проведено експеримент з визначення раціонального ступеня деталізації рисунка маркерів доповненої реальності, враховуючи умови експлуатації та особливості поліграфічного виконання друкованої продукції з елементами доповненої реальності. Тестові зразки, що використовувалися у дослідженні, наведені на рис. 1.

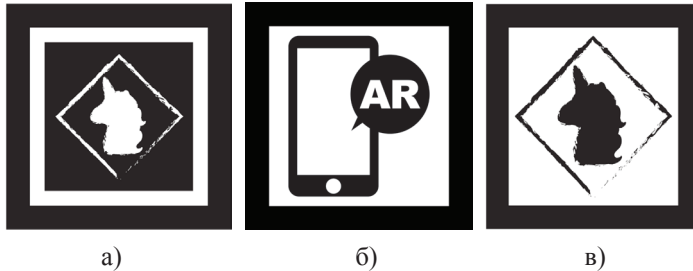


Рис. 1. Тестові зразки для третього етапу дослідження:

- а) — заповнення внутрішнього простору маркера 70-80 %;
- б) — заповнення внутрішнього простору маркера 40-50 %;
- в) — заповнення внутрішнього простору маркера 10-20 %

Зразки були віддруковані на різних матеріалах (глянцевому та матовому) у двох розмірах, які експериментально визначені як найбільш раціональні та стабільні (230×230 мм та 280×280 мм), у чорному кольорі, що теж мав найбільшу стійкість до дії зовнішніх умов. Вони були поміщені в умови, максимально наближені до умов експлуатації потенційної друкованої продукції, у простір якої їх буде впроваджено. Зразки проходили тестування протягом чотирьох місяців (щомісяця у кожному пору року) з визначенням часових затрат на їх розпізнавання та відтворення і фіксування впливу зовнішніх умов на показники надійності надрукованих відбитків. На підставі проведеного аналізу було визначено, що раціональний час розпізнавання має бути в межах 3-5 с, а допустима кількість відмов — 2-3 відмови за одне сканування. За таких вимог можна говорити про успішне відтворення надрукованих маркерів доповненої реальності. Отримані часові затрати наведені у табл. 1.

Отримані дані були статистично оброблені за допомогою використання методів статистичної обробки та теорії ймовірностей. Візуалізація результатів подана у вигляді графіків, що наведені на рис. 2 і рис. 3.

Друк відбувався на матовому та глянцевому оракалах Oracal 640. Друк — цифровий струменевий за допомогою принтера широкоформатного друку Mimaki CJV30 з такими характеристиками: максимальна ширина друку — 1610 мм, швидкість друку — 18 м²/год, роздільна здатність — 2400 × 2400 dpi. Друкувалися зразки за допомогою чорнил Mimaki BS3.

Таблиця 1

Отримані часові затрати на сканування та розпізнавання AR-маркерів

№	Відсоток деталізації рисунка	Розміри	Отримані результати (середні значення), с							
			Відстань розпізнавання, мм							
			50–55		75–80		100–105		125–130	
			глянц.	мат.	глянц.	мат.	глянц.	мат.	глянц.	мат.
Початкові вимірювання										
1	70–80 %	230 × 230	2,32	4,66	—	—	—	—	—	—
2		280 × 280	1,96	3,29	4,21	—	—	—	—	
3	40–50 %	230 × 230	1,87	3,10	2,49	5,78	3,05	—	—	—
4		280 × 280	2,92	2,34	3,23	3,50	4,01	4,29	4,59	—
5	10–20 %	230 × 230	7,90	7,98	—	—	—	—	—	—
6		280 × 280	5,60	6,30	6,96	7,01	—	—	—	—
Похмурий день — 10–20 % освітлення										
7	70–80 %	230 × 230	6,07	—	—	—	—	—	—	—
8		280 × 280	3,03	8,39	7,32	—	—	—	—	—
9	40–50 %	230 × 230	2,66	6,39	3,32	7,81	8,79	—	—	—
10		280 × 280	1,49	2,02	3,76	4,55	8,44	4,19	8,98	—
11	10–20 %	230 × 230	5,63	—	—	—	—	—	—	—
12		280 × 280	7,90	10,55	—	—	—	—	—	—
Перемінна хмарність — 50–60 % освітлення										
13	70–80 %	230 × 230	—	—	—	—	—	—	—	—
14		280 × 280	8,45	8,01	9,13	—	—	—	—	—
15	40–50 %	230 × 230	1,75	3,95	2,01	7,85	—	—	—	—
16		280 × 280	1,75	1,97	2,25	2,88	—	—	—	—
17	10–20 %	230 × 230	—	—	—	—	—	—	—	—
18		280 × 280	8,25	9,01	—	—	—	—	—	—
Сонячний день — 90–100 % освітлення										
19	70–80 %	230 × 230	7,20	—	—	—	—	—	—	—
20		280 × 280	8,39	9,01	—	—	—	—	—	—
21	40–50 %	230 × 230	6,69	10,99	7,59	—	—	—	—	—
22		280 × 280	7,14	8,89	8,01	—	—	—	—	—
23	10–20 %	230 × 230	—	—	—	—	—	—	—	—
24		280 × 280	9,62	—	—	—	—	—	—	—

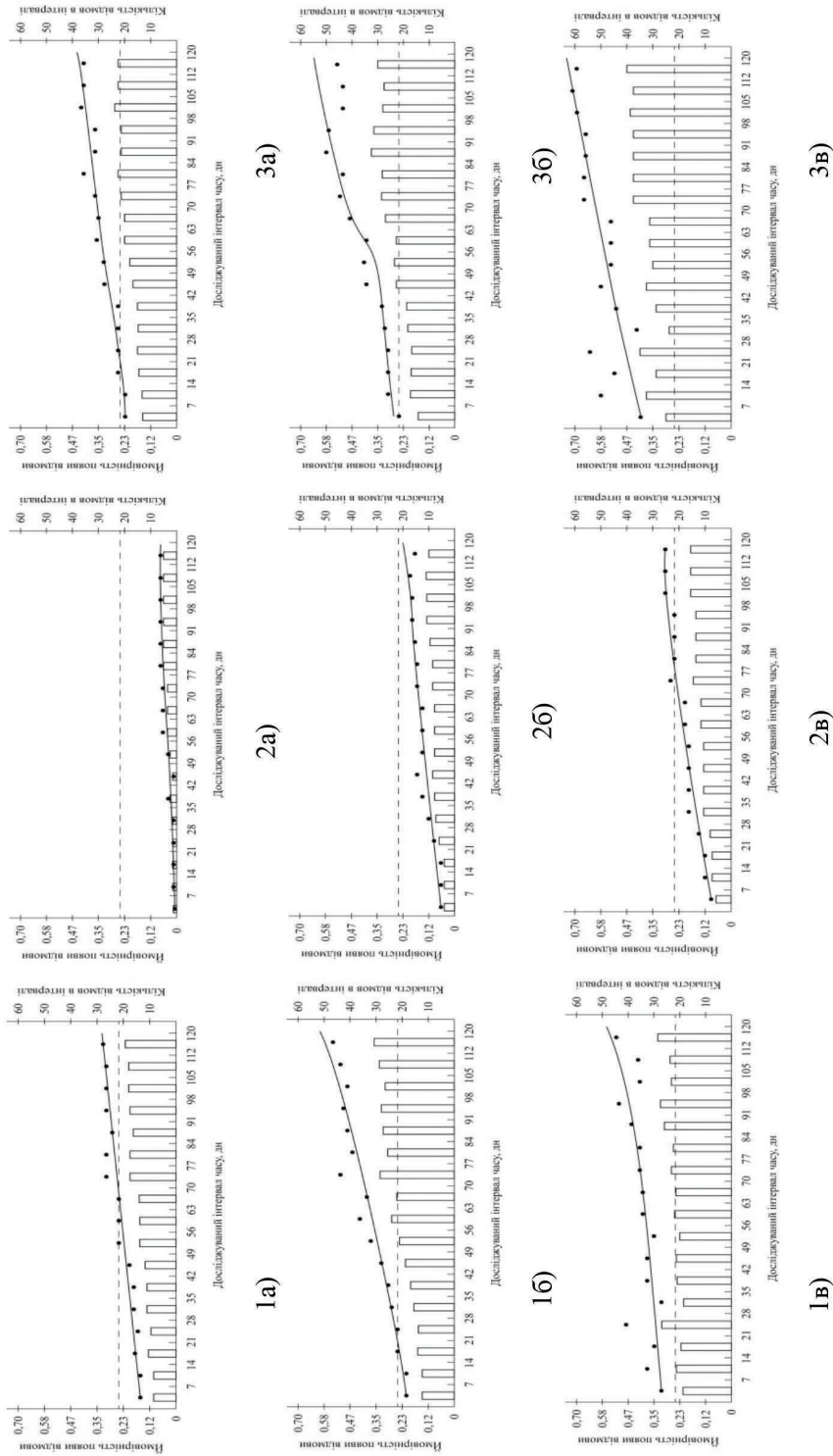


Рис. 2. Графіки розподілу вмілов для глинцевих тестових зразків, віддрукованих на глинцевому матеріалі: 1 — ступінь деталізації рисунка маркера 70–80 %; 2 — ступінь деталізації рисунка маркера 40–50 %; 3 — ступінь деталізації рисунка маркера 10–20 %; а) — похмурий день; б) — помірна хмарність; в) — сонячний день

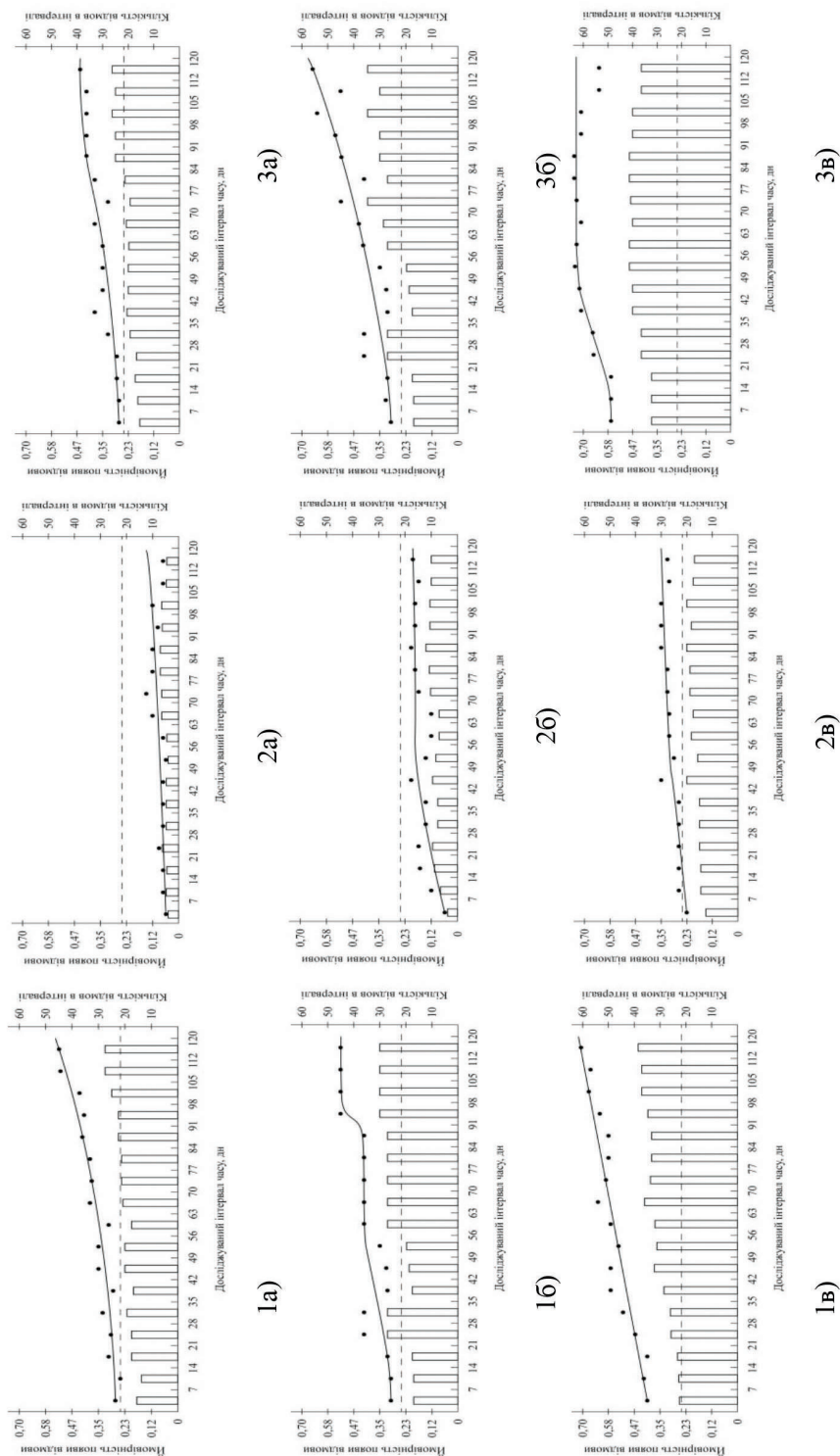


Рис. 3. Графіки розподілу відмов для тестових зразків, віддрукованих на матовому матеріалі:
 1 — ступінь деталізації рисунка маркера 70–80 %; 2 — ступінь деталізації рисунка маркера 40–50 %; 3 — ступінь деталізації рисунка маркера 10–20 %; а) — похмурий день; б) — помірний день; в) — сонячний день

Аналізуючи отримані результати, було встановлено, що за часовими затратами як для глянцевого, так і для матових зразків (табл. 1) найкращі результати мають зразки із середнім рівнем деталізації. Глянцеві зразки доволі швидко відтворюються (у середньому час на відтворення 3-5 с) з різних відстаней (до 110 см) у будь-якому розмірі за різних умов освітленості. Це пов'язано з достатнім балансом між співвідношенням темних та світлих пікселів, що забезпечує достатній контраст із фоном, що дає змогу уникати появи додаткових засвітів від захисного матеріалу при збільшенні рівня освітленості та зменшення кількості відмов при скануванні та розпізнаванні. Глянцеві відбитки невеликого ступеня деталізації (10-20 %) та великого ступеня деталізації (70-80 %) найкраще відтворюються у більшому розмірі (280 мм) з мінімальної відстані (до 70 см) та мають доволі великий час на їх відтворення. Це, ймовірно, пов'язано із недостатнім співвідношенням темних та світлих ділянок (у низькодеталізованих забагато світлого простору, у високодеталізованих — темного), внаслідок чого відбувається занадто сильне затемнення/засвітлення внутрішнього простору маркера, через що він перестає бути схожим на цифровий оригінал, що призводить до появи великої кількості відмов. Для матових зразків характерним є більший час на відтворення надрукованих маркерів та менші відстані розпізнавання. Зразки з високим та низьким рівнем деталізації відтворюються або з мінімальної відстані (до 55 см), або не відтворюються взагалі (особливо характерне для маркерів меншого розміру, а саме: 230 мм та при високому рівні освітленості). Це може бути пов'язано з відсутністю додаткової глянцевої, що дещо підсилює насиченість контурів, що робить їх менш видимими при засвіченні, що унеможливує процес їх розпізнавання.

Аналізуючи результати для глянцевого зразків (рис. 1), можна зробити висновок, що знову-таки найкращі результати показують зразки із середнім рівнем деталізації (40-50 %) — вони мають невелику кількість відмов при різних варіантах освітленості (до 3-5 в середньому на кожні 7 днів дослідження), водночас крива ймовірності відмов не виходила за межі встановленого рівня у 0,25.

Глянцеві зразки з високим рівнем деталізації (70-80 %) мають найбільш високі показники надійності тільки при невисокому рівні освітленості (10-20 %) протягом 50-55 % досліджуваного періоду (55-60 днів). Потім вплив зовнішніх умов стає значно суттєвим, що призводить до появи значної кількості відмов (до 15-20 за кожні 7 днів дослідження), що свідчить про неможливість друкованих маркерів виконувати покладені на них функції. Зразки з невеликим рівнем деталізації (10-20 %) зберігають свої показники надійності тільки при невисокому рівні освітленості 10-20 % досліджуваного періоду (до 30 днів).

Матові зразки (рис. 2) також найкраще себе проявляють при середньому рівні освітленості. Вони, на відміну від глянцевого, піддаються впливу зовнішніх умов лише при високому рівні освітленості (80-90 %). Починаючи з 30-40 % досліджуваного періоду (40-45 днів), з'являється більша кількість відмов при їх скануванні, що свідчить про зменшення стійкості зразків до зміни умов освітленості. Тому матові зразки такого рівня деталізації можна використовувати протягом короткого часу (до 30-35 днів). Зразки ж і з високим (70-80 %), і з низьким рівнем деталізації за будь-яких варіантів освітлення мають велику кількість відмов вже на початку

досліджуваного періоду (до 10-15 днів), що свідчить про необхідність застосування або додаткових заходів із захисту друківаних відбитків, або неможливість їх використання при неможливості застосування превентивних заходів.

Також зразки були досліджені за допомогою мікроскопа та спектрофотометра для визначення впливу зовнішніх умов на колірні характеристики відбитків. Зразки тестувалися на початку, у середині та наприкінці досліджуваного періоду та, аналізуючи отримані дані, було визначено, що найбільшу стійкість до дії зовнішніх умов як у випадку використання глянцевого, так й у випадку матового матеріалу для віддрукування продукції з AR-елементами мають зразки з середнім рівнем деталізації — колірні спотворення не виходять за межі 3-5 одиниць протягом усього досліджуваного періоду, водночас немає особливого відшарування фарбового шару.

Висновки. Отже, в результаті виконання цього дослідження отримано такі результати:

1. На основі проведеного експериментального дослідження з визначення раціонального ступеня деталізації рисунка AR-маркера відповідно до умов експлуатації друкованої продукції з інтенсивними умовами використання було встановлено, що найбільш стабільними та стійкими зразками є з середнім рівнем деталізації (40-50 %). Вони мають достатньо високі показники надійності протягом усього досліджуваного періоду (4 місяці) — кількість відмов у середньому не перевищувала 4-5 відмов за кожні 7 днів дослідження, а значення ймовірності їх появи не перевищувало встановлену межу у 0,25 одиниць. Це свідчить про можливість їх застосування за різних умов та варіантів поліграфічного виконання продукції з AR-елементами з різним терміном експлуатації.

2. Було проведено спектрофотометричне та мікроскопне дослідження зразків з визначенням впливу зовнішніх умов на стійкість фарбового шару. Результати дослідження також показали, що найбільш стабільними є зразки із середнім рівнем деталізації рисунка (40-50 %) — показник колірних спотворень не виходить за межі у 3-5 одиниць, а мікроскопні дослідження показували відсутність появи додаткових відшарувань фарби з матеріалу з часом. Все це свідчить про те, що найбільш раціональним ступенем деталізації для поліграфічного виконання маркерів доповненої реальності є середній ступінь у 40-50 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Syamsinar, S. Augmented Reality Media in Teaching English for Young Learner. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*. 2022. 5(3). 272-277. doi: <https://doi.org/10.30605/jsjg.5.3.2022.2030>.
2. Nurillah, H. S., Purwanto, K. K., & Fatayah, F. (2022). The Effectiveness of Using Reality Augmented Media to Increase The Students' Learning Motivation in Chemical Bonding Material. *Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*. 2022. 11(2), 58-69. doi: <https://doi.org/10.18592/tarbiyah.v11i2.7127>.
3. Smith Ch., C. J Friel. Development and use of augmented reality models to teach medicinal chemistry. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*. 2021. 13. 1010-1017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2021.06.008>.
4. Ceccariglia F, Cercenelli L, Badiali G, Marcelli E, Tarsitano A. Application of Augmented Reality to Maxillary Resections: A Three-Dimensional Approach to Maxillofacial Oncologic Surgery. *Journal of Personalized Medicine*. 2022. 12(12). 1-11. doi: <https://doi.org/10.3390/jpm12122047>.

5. Uriarte-Portillo A, Zatarain-Cabada R, Barrón-Estrada ML, Ibáñez MB, González-Barrón L-M. Intelligent Augmented Reality for Learning Geometry. *Information*. 2023. 14(4). 245-263. doi: <https://doi.org/10.3390/info14040245>.
6. Putra, I Kadek Agus Andika; Putra, I Gusti Ngurah Anom Cahyadi (2022). Development of Augmented Reality Application for Canang Education Using Marker-Based Tracking Method. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*. 2022. 9(3). 365-374. doi: <https://doi.org/10.24843/JLK.2021.v09.i03.p07>.
7. Marker Based Tracking Augmented Reality Alat Musik Tradisional Khas Kalimantan Timur / Firdaus M. B., Laksono G. D., Prafanto A., Kridalaksana A. H. *JNANALOKA*. 2023. 4 (1). 27-35. doi: <https://doi.org/10.36802/jnanaloka.2023.v4-no01-27-34>.
8. Oufqir Z., Abderrahmani A. El., Satori Kh. From Marker to Markerless in Augmented Reality. *Embedded Systems and Artificial Intelligence*. Springer, Singapore. April 8, 2020. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0947-6_57.
9. Pranata C. Aji. Marker based augmented reality pada buku poa dengan metode fast corner detection. *EXPLORE*. 2021. 11(2). 58-64. doi: <https://doi.org/10.35200/explore.v11i2.461>.
10. Tanaka, K., & Zhang, Y. Single-Image Camera Calibration for Furniture Layout Using Natural-Marker-Based Augmented Reality. *IEICE Transactions on Information and Systems*. 2022. E105.D(6). 1243–1248. doi: <https://doi.org/10.1587/transinf.2021EDL8086>.
11. Margaritopoulos M., Georgiadou E. The application of augmented reality in print media. *Journal of Print and Media Technology Research*. 2019. 8(1). 43-55.
12. Щегельська Ю. П. Особливості застосування технологій доданої реальності як інструментаперетворення друкованої продукції на тривимірну в практиці промодійних комунікацій. *Поліграфія і видавнича справа*. 2019. 1 (77). 101–110.
13. Influence of Primers on the Optical Characteristics of Ink-Jet Imprints / Havenko S., Khadzhy-nova S., Olejnik K., Kibirskštis E., Vaitasius K. *Mechanika*. 2020. 26 (4). 360–364. doi: <https://doi.org/10.5755/j01.mech.26.4.24434>.
14. Гавенко С. Ф. Оптимізація процесу оцінювання якості штрихових кодів. *Поліграфія і видавнича справа*. 2020. 1. 68-77.
15. Havenko S., Konyukhov O., Konyukhova I. Electronic and microscopic analysis of offset imprints of barcodes on cardboards. *Journal of Graphic Engineering and Design*. 2019. 10 (1). 19–24. doi: <https://doi.org/10.24867/jged-2019-1-019>.
16. Ranking of Technologically Significant Factors Determining the Quality of Reproduction of Augmented Reality Elements (February 25, 2022) / Baranova D., Skyba V., Rozum T., Zolotukhina K. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. 1 (4 (115)). 51–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251225>; URL: <https://ssrn.com/abstract=4068854>.
17. Баранова Д. І. Дослідження процесу відтворення елементів доповненої реальності. *Технологія і техніка друкарства*. 2022. 3 (77). 54-63.

REFERENCES

1. Syamsinar, S. (2022). Augmented Reality Media in Teaching English for Young Learner. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 5(3), 272-277. doi: <https://doi.org/10.30605/jsgp.5.3.2022.2030> (in English).
2. Nurillah, H. S., Purwanto, K. K., & Fatayah, F. (2022). The Effectiveness of Using Reality Augmented Media to Increase The Students' Learning Motivation in Chemical Bonding

- Material. *Tarbiyah: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, 11(2), 58–69. doi: <https://doi.org/10.18592/tarbiyah.v11i2.7127> (in English).
3. Smith, Ch., & C. J Friel. (2021). Development and use of augmented reality models to teach medicinal chemistry. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, 13, 1010–1017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2021.06.008> (in English).
 4. Ceccariglia F, Cerenelli L, Badiali G, Marcelli E, Tarsitano A (2022). Application of Augmented Reality to Maxillary Resections: A Three-Dimensional Approach to Maxillofacial Oncologic Surgery. *Journal of Personalized Medicine*. 2022; 12(12), 1–11. doi: <https://doi.org/10.3390/jpm12122047> (in English).
 5. Uriarte-Portillo A, Zatarain-Cabada R, Barrón-Estrada ML, Ibáñez MB, González-Barrón L-M (2023). Intelligent Augmented Reality for Learning Geometry. *Information*, 14(4), 245-263. doi: <https://doi.org/10.3390/info14040245> (in English).
 6. Putra, I Kadek Agus Andika; Putra, I Gusti Ngurah Anom Cahyadi (2022). Development of Augmented Reality Application for Canang Education Using Marker-Based Tracking Method. *JELIKU (Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Udayana)*, 9(3), 365-374. doi: <https://doi.org/10.24843/JLK.2021.v09.i03.p07> (in English).
 7. Firdaus, M. B., Laksono, G. D., Prafanto, A., & Kridalaksana, A. H. (2023). Marker Based Tracking Augmented Reality Alat Musik Tradisional Khas Kalimantan Timur. *JNANALOKA*, 4 (1), 27-35. doi: <https://doi.org/10.36802/jnanaloka.2023.v4-no01-27-34> (in English).
 8. Oufqir, Z., Abderrahmani, A. El., & Satori, Kh. (April 8, 2020). From Marker to Markerless in Augmented Reality. *Embedded Systems and Artificial Intelligence*. Springer, Singapore. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-0947-6_57 (in English).
 9. Pranata, C. Aji. (2021). Marker based augmented reality pada buku poa dengan metode fast corner detection. *EXPLORE*, 11(2), 58-64. doi: <https://doi.org/10.35200/explore.v11i2.461> (in English).
 10. Tanaka, K., & Zhang, Y. (2022). Single-Image Camera Calibration for Furniture Layout Using Natural-Marker-Based Augmented Reality. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E105.D(6), 1243–1248. doi: <https://doi.org/10.1587/transinf.2021EDL8086> (in English).
 11. Margaritopoulos, M., & Georgiadou, E. (2019). The application of augmented reality in print media. *Journal of Print and Media Technology Research*, 8 (1), 43-55 (in English).
 12. Shchehelska, Yu. P. (2019). Osoblyvosti zastosuvannia tekhnolohii dodanoi realnosti yak instrumentaperetvorenna drukovanoi produktsii na tryvymirnu v praktytsi promotsiinykh komunikatsii: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 1 (77), 101–110 (in Ukrainian).
 13. Havenko, S., Khadzhyanova, S., Olejnik, K., Kibirkštis, E., & Vaitasius, K. (2020). Influence of Primers on the Optical Characteristics of Ink-Jet Imprints. *Mechanika*, 26 (4), 360–364. doi: <https://doi.org/10.5755/j01.mech.26.4.24434> (in English).
 14. Havenko, S. F. (2020). Optymizatsiia protsesu otsiniuvannia yakosti shtrykhovykh kodiv: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 1, 68-77 (in Ukrainian).
 15. Havenko, S., Konyukhov, O., & Konyukhova, I. (2019). Electronic and microscopic analysis of offset imprints of barcodes on cardboards. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 10 (1), 19–24. doi: <https://doi.org/10.24867/jged-2019-1-019> (in English).
 16. Baranova, D., Skyba, V., Rozum, T., & Zolotukhina, K. (2022). Ranking of Technologically Significant Factors Determining the Quality of Reproduction of Augmented Reality Elements

(February 25, 2022). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (4 (115)), 51–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251225>; Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=4068854> (in English).

17. Baranova, D. I. (2022). Doslidzhennia protsesu vidtvorennia elementiv dopovnenoї realnosti: Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva, 3 (77), 54-63 (in Ukrainian).

doi: 10.32403/0554-4866-2023-2-86-49-59

DETERMINATION OF THE REASONABLE DEGREE OF DETAILING OF THE DRAWING OF PRINTED AR-MARKERS

D. I. Baranova

*National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»,
Publishing and Printing Institute,
1/37, Yangel St., Kyiv, 03056, Ukraine
mycromes@gmail.com*

When reproducing printed elements of augmented reality, the issue of accuracy and compliance of the obtained imprint in all parameters with the digital original plays a big role. However, the conditions of use of printed products, in particular external operating conditions (lighting conditions, air humidity, weather conditions) and material characteristics (glossiness, resistance to external conditions, etc.), can significantly affect the visual characteristics of the obtained imprints (color change, doubling of the contour, appearance highlights and extra darkened areas, etc.), which will lead to failures in their reproduction. This is especially important for printed products that have intensive conditions of use with possible constant changes. Therefore, it is quite important to apply additional measures at the stage of pre-press preparation of this kind of printed products, which would allow reducing the number of control operations at each stage of the technological process of its production, as well as to ensure appropriate indicators of reliability and durability throughout the entire period of its operation. In particular, the regulation of the characteristics of printed markers will allow selecting the appropriate indicators of the markers, which will avoid intense external influence. One of these important indicators is the degree of detail of the marker drawing. This work is devoted to determining the rational values of the degree of detail of AR-markers for printing products with elements of augmented reality.

Keywords: *simulation model, imprints quality, quality indicator, AR marker, ink-jet printing, clarity, printed products, reproduction-graphic properties.*

Стаття надійшла до редакції 23.08.2023.

Received 23.08.2023.