



УДК 655.3.06

DOI: 10.20535/2077-7264.2(76).2022.266872

© Т. Ю. Киричок, д-р техн. наук, проф., О. В. Коротенко,
канд. техн. наук, доц., О. П. Сокол, асп.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ ВИБОРУ СПОСОБУ ІМІТАЦІЇ ЗНОШЕННЯ БАНКНОТ

Проведено експертне оцінювання матриць парних порівнянь критеріїв відносно глобальної цілі — адекватної імітації зношення банкнот та матриць порівнянь альтернатив відносно критеріїв.

Здійснений аналіз дає змогу наглядно оцінити рівень ефективності застосування альтернативних методів зношування банкнот з точки зору їх впливу на глобальну ціль — адекватну імітацію зношення банкнот.

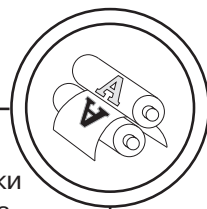
Ключові слова: багатокритеріальна задача прийняття рішень; метод аналізу ієрархій; імітація зношування банкнот; зносостійкість банкнот.

Постановка проблеми

Із моменту виготовлення та введення в обіг, банкноти, циркулюючи через банківську систему, торговельні організації і серед населення, зношуються, а тому, з метою встановлення їх придатності для подальшого використання, підлягають періодичному контролю та сортуванню банківськими установами [1]. Зважаючи на енерго- та ресурсозатратність цих процесів, а також з метою зменшення кількості банкнот, які вилучаються, виробники банкнот постійно вдосконалюють технологічні процеси їх виготовлення. Висновки щодо впливу змін технологічного процесу на зносостійкість банкнот дослідники роблять за результатами

дослідження зношених банкнот — або банкнот, які перебували в умовах реального обігу, або банкнот, підданих імітованому обігу. Основними перевагами імітування обігу банкнот порівняно із реальним обігом є час, необхідний для отримання певного рівня зношеності банкнот та можливість контролю процесу зношення. Тому постає наукова проблема вибору способу імітації зношення банкнот, який зможе забезпечити найбільш достовірні значення показників якості зношених банкнот, які були б максимально наближеними до значень цих показників банкнот, вилучених із реального обігу у відповідний період життєвого циклу.

© Автор(и) 2022. Видавець КПІ ім. Ігоря Сікорського.
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



Аналіз попередніх досліджень

Основними параметрами, що характеризують зносостійкість банкнот, є їх механічні, хімічні та оптичні властивості. Механічні характеристики банкнот, зокрема міцнісні, формуються відповідно до матеріалів та технологій, що застосовуються при їх виробництві. Механічні деформаційні властивості проявляються у процесі зношення банкнот при впливі на основу різних деформуючих чинників: механічних пошкоджень, згинання, розтягування тощо. З точки зору хімічних характеристик зносостійкість забезпечується стійкістю основи банкнот до забруднення під час їх обігу. Оптичні властивості банкнот характеризують їх зносостійкість за допомогою основних кольорних характеристик (ступенем впливу забруднення на їх показники) [2]. Механічні (міцнісні та деформаційні), хімічні та оптичні властивості знаходяться у взаємообумовлюючому зв'язку (рис. 1) та відповідають ступеню зношення банкнот. Високий ступінь зношення банкнот викликає потребу їх вилучення з обігу.

З огляду на це розробити методи імітації, котрі дозволяють отримати зношені банкноти, максимально наближені за деградацією властивостей до банкнот із реального обігу, можливо лише в результаті максимального якомога повнішого врахування процесів та факторів зношування. Штучне зношування є важливою складовою вдосконалення технологічних процесів виготовлення банкнот протягом останніх років. Адекватна деградація характеристик банкнот під час імітації про-

цесу зношування можлива тільки після детального вивчення, аналізу та систематизації факторів зношування та пошкодження банкнот внаслідок їх дії [1].

На сьогодні існує три альтернативи отримання зношених банкнот — штучне зношування банкнот у імітаторах обігу банкнот (приладах, які імітують різні впливи, яким піддається банкнота в реальному обігу) [3]; залучення персоналу, котрий із певною періодичністю контактує з тестовими банкнотами [4]; та контрольований відбір зношених банкнот із реального обігу [5, 6].

На банкнотних виробництвах з метою оперативного отримання результатів дослідження впливу застосовуваних технологій на зносостійкість використовують імітатори обігу банкнот. Однак часто використання цих пристроїв не може забезпечити повноцінного відтворення життєвого циклу банкноти. Постає питання кореляції результатів, отриманих в імітаторах та в реальних умовах обігу, котре досі, фактично, не вирішено через складність вибору режимів обробки банкнот в імітаторі [3]. Те саме зауваження можна віднести й до імітації зношування із залученням персоналу, в якому частково враховано, що фактором найбільшого впливу на банкноти є люди, але в умовах реального обігу банкноти контактують з набагато більшим спектром людей, ніж банківські працівники, залучені до дослідження [1]. Подібний спосіб під час Другої світової війни застосовували німці для зношування підробленої готівки концтаборів. Для такої процедури використовували ув'язнених: їх шикували в дві колони, купюри



передавалися ними з рук в руки, тим самим імітуючи процес грошового обігу; купюри згортали, розгортали, м'яли, проколювали, робили надписи [7]. Цікавий підхід до штучного зношування банкнот описаний в дослідженні Центрального банку Нідерландів (DNB) [8], коли на основі аналізу факторів зношування (механічних, хімічних, теплових, часу) визначено дії, які необхідно застосувати

до банкнот (змінання, зволоження, перемішування, нагрівання, тертя тощо). Реалізація цих дій відбувалася не одночасно, а почергово, що не відповідає дійсним процесам під час обігу, не інтегровано, частково вручну, частково автоматизовано. Однак, в результаті отримано штучно зношені банкноти з яскравістю, дуже наближеною до реально зношених банкнот.

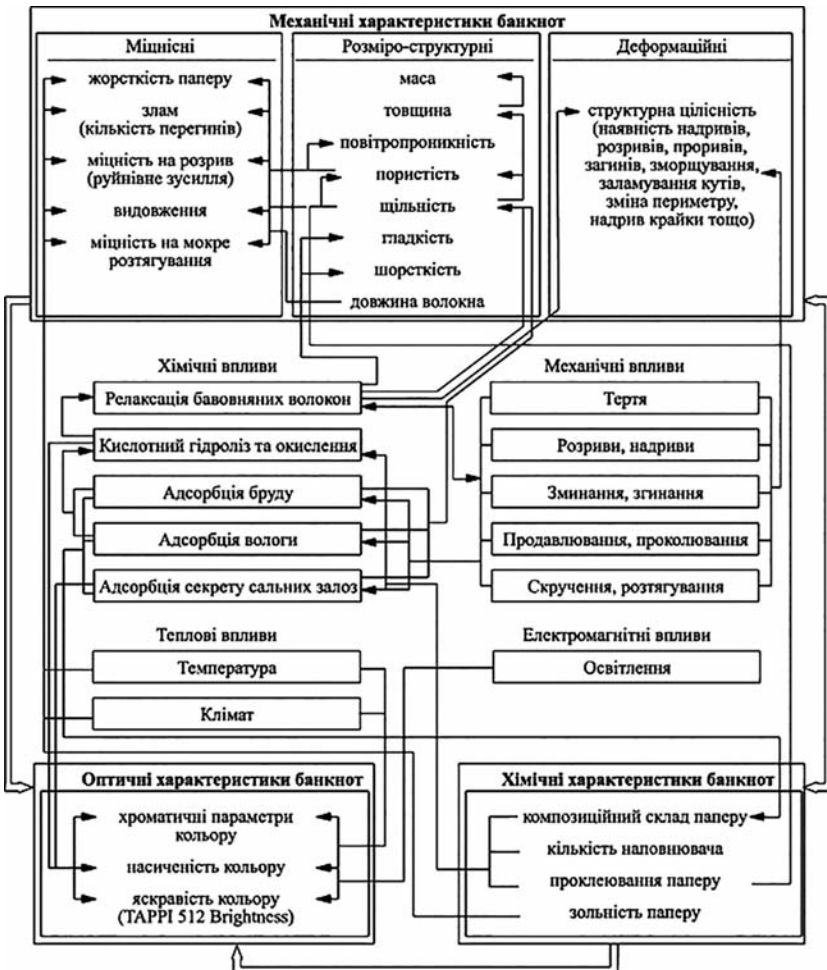
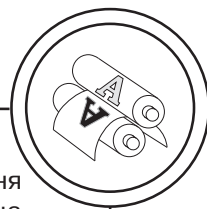


Рис. 1. Взаємообумовлюючий зв'язок механічних, оптичних та хімічних характеристик банкнот



Контрольований відбір зношених банкнот (реальне зношення) є достатньо тривалим, але найбільш достовірним. Контрольоване перебування в реальному обігу — це контрольоване введення в обіг на подальше вилучення з обігу відповідних серій/номерів банкнот [2]. Контрольований відбір здійснюється експертами у лабораторних умовах за допомогою спеціального обладнання. Пошкодженні банкноти відправляють на утилізацію.

Процес прийняття рішень щодо застосування штучної імітації зношування банкнот може розглядатися як задача багатокритеріального вибору, яку доцільно реалізувати за допомогою методу аналізу ієрархій (МАІ), запропонованого Т. Сааті, шляхом представлення у виді домінантної ієрархії [9]. Цей метод пропонує засоби для упорядкування пріоритетів у системі, для вимірювання інтенсивності взаємодії компонентів, які є в ієрархії.

Мета роботи

Вибір найбільш раціонального способу імітації зношення банк-

нот за допомогою розв'язання багатокритеріальної задачі на основі експертного оцінювання із застосуванням методу аналізу ієрархій.

Результати проведених досліджень

Застосування МАІ для структуризації відбувається шляхом побудови ієрархії оптимальної імітації зношування банкнот (рис. 2). Глобальна мета ієрархії є адекватна імітація зношування банкнот (АІЗ). Критеріями ієрархії, які формують глобальну мету, є імітація впливів (ІВ) — фактори навколишнього середовища, які мають вплив на зносостійкість банкнот у реальному обігу, та мають бути імітовані під час штучного зношування; тривалість (Т) — час, необхідний для здійснення зношування банкнот; витрати (В) — ресурси (персонал, прилади та їх компоненти, потрібна електроенергія, матеріали тощо), необхідні для здійснення процесу імітації зношування банкнот. Імітація впливів сформована групою підкритеріїв, а саме: механічний

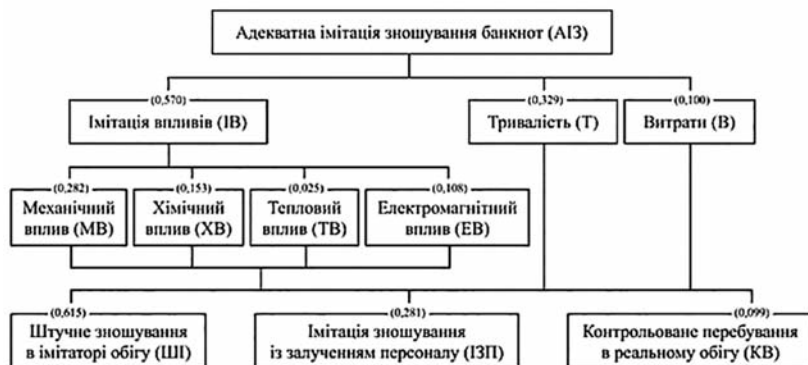
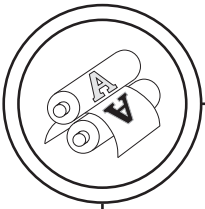


Рис. 2. Ієрархія адекватної імітації зношування банкнот



Таблиця 1

Шкала відношень матриць парних порівнянь

Оцінки	Значимість факторів	Визначення
1	Однакова значимість	Однаковий вплив
3	Слабка (один фактор переважає над іншим)	Один фактор важливіший за інший
5	Суттєва значимість чи сильна	Один фактор має певну перевагу над іншим
7	Дуже сильна (очевидна) значимість	Значна перевага одного фактору над іншим
9	Абсолютна значимість	Абсолютна перевага
2, 4, 6, 8	Проміжні	Визначення важливості має компромісне значення

вплив (МВ), хімічний вплив (ХВ), тепловий вплив (ТВ), електромагнітний вплив (ЕВ).

Альтернативами, котрі досліджуються (можливим варіантами дій), є штучне зношування в імітаторі обігу (ШІ), імітація зношування із залученням персоналу

(ІЗП), контрольоване перебування в реальному обігу (КВ) [9–13].

Для аналізу ієрархії застосовують матриці попарних порівнянь (МПП) — елементи даних матриць попарно порівнюються, відносно їх ваги для розглядуваної проблеми.

Таблиця 2

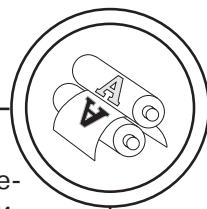
Порівняння критеріїв адекватної імітації зношування банкнот щодо глобальної цілі — адекватної імітації зношення

АІЗ	ІВ	Т	В	Вектор локального пріоритету (0,570; 0,329; 0,100).
ІВ	1	5	3	Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,4$.
Т	1/5	1	4	Індекс узгодженості ІУ = 0,2.
В	1/3	1/4	1	Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,3.

Таблиця 3

Порівняння підкритеріїв імітації впливів

ІВ	МВ	ХВ	ТВ	ЕМВ	Вектор локального пріоритету (0,495; 0,269; 0,044; 0,190).
МВ	1	4	7	5	Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 4,3$.
ХВ	1/4	1	5	3	Індекс узгодженості ІУ = 0,14.
ТВ	1/7	1/5	1	1/5	Випадковий індекс ВІ = 0,9.
ЕМВ	1/5	1/3	5	1	Відношення узгодженості ВУ = 0,16.



Під час формування матриць парних порівнянь використано шкалу відношень (шкалу Сааті) [9], наведену у табл. 1.

У табл. 2 та 3 наведено усереднені матриці з оцінками порівняння критеріїв адекватної імітації зношування банкнот та порівняння критеріїв імітації впливів відповідно.

З урахуванням вагомості імітації впливів ω_{iB} (0,282; 0,153; 0,025; 0,108), маємо $\omega_{PK} = \omega_{iB} \cdot \omega_{PKi}$, де ω_{iB} — вагомість імітації впливів (табл. 2), ω_{PKi} — локальний пріоритет визначений у табл. 3 відповідного підкритерію $i = 1 \dots 4$.

Визначені вагомості всіх критеріїв і підкритеріїв досягнення головної мети позначено на рис. 2. На рис. 3 графічно представлено значення порівняння критеріїв відносно глобальної цілі — адекватної імітації зношення. Із рисунку видно, що ранжування критеріїв визначено наступним чином: імітація впливів (найбільш важли-

вий критерій) — тривалість (середньо важливий критерій) — витрати (найменш важливий критерій). У свою чергу ранжування підкритеріїв критерія «Імітація впливів» визначено таким чином: механічний вплив (найбільш важливий) — хімічний вплив — електромагнітний вплив — тепловий вплив (найменш важливий).

На наступному етапі із застосуванням принципу ієрархічного синтезу здійснюється зважування власних векторів матриць парних порівнянь альтернатив вагами критеріїв, що знаходяться в ієрархії, тобто визначаються вектори пріоритетів альтернатив щодо критеріїв оцінювання адекватної імітації зношування (табл. 4). На рис. 4 графічно представлено значення порівняння альтернатив відносно підкритеріїв та критеріїв, де прослідковується наступне ранжування впливу альтернатив щодо кожного із критеріїв ієрархії адекватної імітації

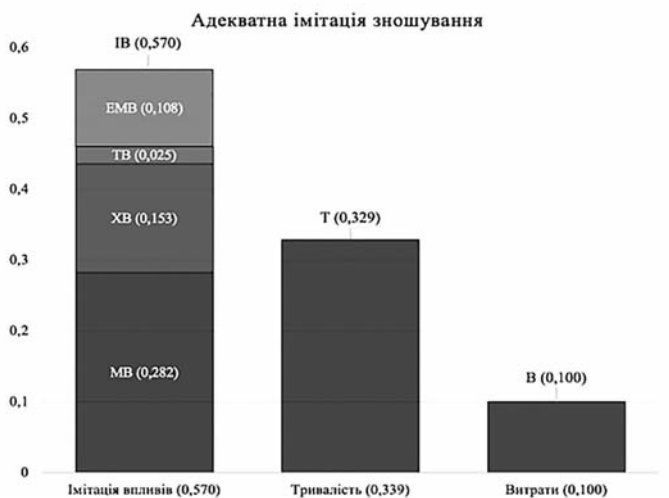
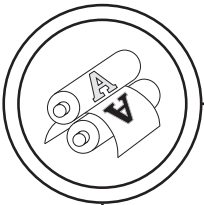


Рис. 3. Порівняння критеріїв відносно глобальної цілі — адекватної імітації зношення



Таблиця 4

Порівняння альтернатив відносно критеріїв адекватної імітації зношування

Механічний вплив				
МВ	ШІ	ІЗП	КВ	Вектор локального пріоритету (0,570; 0,329; 0,100). Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,4$. Індекс узгодженості ІУ = 0,2. Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,3.
ШІ	1	5	3	
ІЗП	1/5	1	4	
КВ	1/3	1/4	1	
Хімічний вплив				
ХВ	ШІ	ІЗП	КВ	Вектор локального пріоритету (0,752; 0,140; 0,107). Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,2$. Індекс узгодженості ІУ = 0,1. Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,2.
ШІ	1	3	4	
ІЗП	1/3	1	1/6	
КВ	1/4	1/6	1	
Тепловий вплив				
ТВ	ШІ	ІЗП	КВ	Вектор локального пріоритету (0,506; 0,396; 0,096). Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,4$. Індекс узгодженості ІУ = 0,2. Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,3.
ШІ	1	4	3	
ІЗП	1/4	1	5	
КВ	1/3	1/5	1	
Електромагнітний вплив				
ЕМВ	ШІ	ІЗП	КВ	Вектор локального пріоритету (0,657; 0,248; 0,094). Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,2$. Індекс узгодженості ІУ = 0,1. Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,2.
ШІ	1	6	4	
ІЗП	1/6	1	3	
КВ	1/4	1/3	1	
Тривалість				
Т	ШІ	ІЗП	КВ	Вектор локального пріоритету (0,570; 0,320; 0,109). Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,0$. Індекс узгодженості ІУ = 0,0002. Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,0004.
ШІ	1	2	5	
ІЗП	1/2	1	3	
КВ	1/5	1/3	1	
Витрати				
В	ШІ	ІЗП	КВ	Вектор локального пріоритету (0,681; 0,250; 0,068). Власне значення матриці $\lambda_{\max} = 3,2$. Індекс узгодженості ІУ = 0,1. Випадковий індекс ВІ = 0,58. Відношення узгодженості ВУ = 0,2.
ШІ	1	7	6	
ІЗП	1/7	1	4	
КВ	1/6	1/4	1	

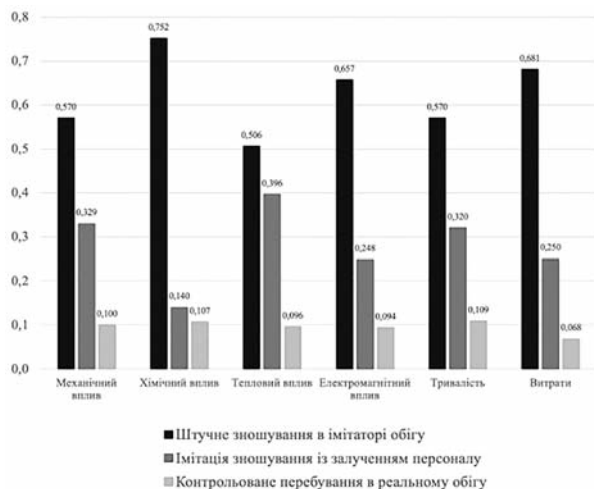
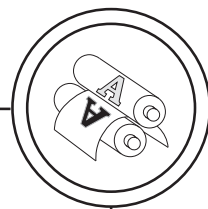


Рис. 4. Порівняння альтернатив відносно критеріїв ієрархії адекватної імітації зношення банкнот

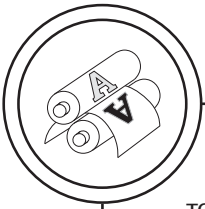
зношення — штучне зношування в імітаторі обігу, імітація зношування із залученням персоналу, контрольоване перебування в реальному обігу.

Визначені вектори пріоритетів альтернатив дозволяють досягти основної мети методу аналізу ієрархій — визначити глобальні пріоритети альтернатив по відношенню до основної мети ієрархії. Ці пріоритети утворюють вектор глобальних пріоритетів (ВГП).

Визначено, що глобальні пріоритети альтернатив відносно глобальної цілі — адекватної імітації зношення є результатом синтезу всіх рівнів ієрархії та визначаються як сума добутків локальних пріоритетів критеріїв адекватної імітації зношення банкнот щодо глобальної цілі та пріоритетів альтернатив відносно критеріїв ієрархії адекватної імітації зношення банкнот (табл. 5).

Таблиця 5
Глобальні пріоритети альтернатив відносно адекватної імітації зношення банкнот

Альтернативи	Пріоритети альтернатив відносно кожного критерію						Глобальні пріоритети альтернатив
	МВ	ХВ	ТВ	ЕМВ	Т	В	
ШІ	0,570	0,752	0,506	0,657	0,570	0,681	0,615
ІЗП	0,329	0,140	0,396	0,248	0,320	0,250	0,281
КВ	0,100	0,107	0,096	0,094	0,109	0,068	0,099



Таким чином, вирішення багатокритеріальної задачі вибору найраціональнішого варіанта імітації зношення банкнот шляхом проведеного аналізу на основі експертних оцінок матриць парних порівнянь критеріїв відносно глобальної цілі — адекватної імітації зношення банкнот, матриць порівнянь альтернатив відносно критеріїв, дозволило визначити, що таким варіантом є штучне зношування в імітаторі обігу (рис. 5).

Висновки

Проведене дослідження направлене на встановлення найраціональнішого способу імітації зношення банкнот за допомогою розв'язання багатокритеріальної задачі на основі експертного оцінювання із застосуванням методу аналізу ієрархій.

Здійснений аналіз дає змогу наглядно оцінити рівень ефективності застосування альтернативних методів зношування банкнот,

таких як: штучне зношування в імітаторі обігу, імітація зношування із залученням персоналу та контрольоване перебування банкнот в реальному обігу, — з точки зору їх впливу на глобальну цілі — адекватну імітацію зношення банкнот.

Результати розрахунків продемонстрували, що найбільш доцільним способом імітації зношення банкнот, який зможе забезпечити найбільш достовірні значення показників якості зношених банкнот, є штучна імітація зношування банкнот, який здійснюється експертами у лабораторних умовах за допомогою спеціального обладнання — імітаторів обігу банкнот.

Запропонований алгоритм розв'язання задачі розглядається як основа методики аналізу альтернативних методів досліджень у розрізі їх застосування при вивченні якості банкнот, зокрема їх зносостійкості.

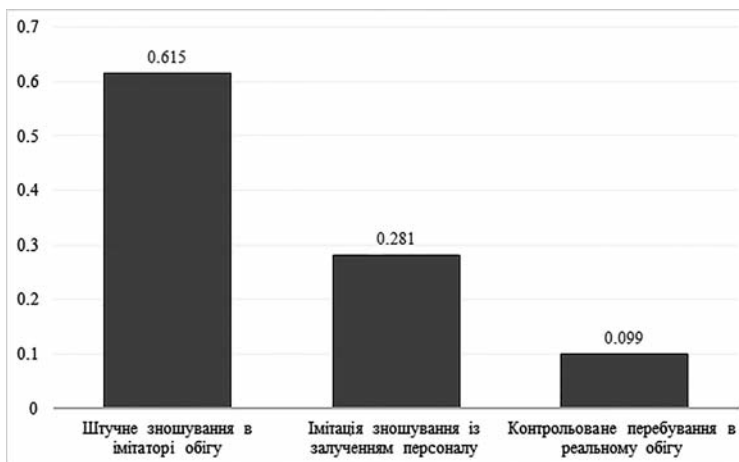
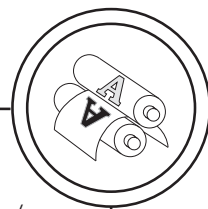
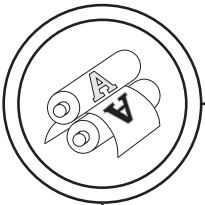


Рис. 5. Глобальні пріоритети альтернатив відносно глобальної цілі — адекватної імітації зношення банкнот

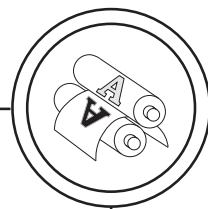
**Список використаної літератури**

1. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкотної продукції: монографія / Т. Ю. Киричок. К.: НТУУ «КПІ», 2014. 308 с.
2. Киричок Т. Ю. Дослідження зміни характеристик зразків банкнот під час імітації зношування / Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко, Є. Г. Сухіна, О. В. Гуца // Технологія і техніка друкарства. 2012. № 4(38). С. 4–25. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(38\).2012.32192](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(38).2012.32192).
3. Bartz W. Circulation simulator method for evaluating bank note and optical feature durability / W. Bartz, T. Crane // Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI; Edited by van Renesse, Rudolf L. Proceedings of the SPIE. 2006. Vol. 6075. pp. 75–83.
4. Meuer T. The Eurosystem's efforts in the search for a longer lasting banknote / T. Meuer, J. Martin // Billetaria. International Review on Cash Management. April 2011. Issue 9. pp. 22–24.
5. Киричок Т. Ю. Багатокритеріальна задача вибору показника зношування банкнот української гривні в умовах реального обігу / Т. Ю. Киричок // Зб. наук. праць «Поліграфія і видавнича справа». Львів, 2012. № 4(60). С. 89–101.
6. Geusebroek J.-M. Learning banknote Fitness for Sorting [Electron. resource] / J.-M. Geusebroek, P. Markus, P. Balke. DNB Betalingsverkeer. Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. Access link: <https://www.dnb.nl/binaries>.
7. Bower Peter. Operation Bernhard: The German Forgery of British Paper Currency in World War II // The Exeter Papers. London: The British Association of Paper Historians, 2001. С. 43–65.
8. Balke P. New Soiling Test Method: Anti-Dirty Fingers [Electron. resource] / P. Balke // Banknote, December, 2009. Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. Access link: <https://www.dnb.nl/binaries>.
9. Thomas L. Saaty. How to make and justify a decision: the analytic hierarchy process. Part 1. Examples and Applications // Системні дослідження та інформаційні технології. 2002. 1. С. 95–108.
10. Banknote Processing Systems. Офіційний сайт компанії Giesecke & Devrient [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.gi-de.com/en/products_and_solutions/products/banknote_processing_systems/banknote_processing-systems.jsp.
11. Кульчицька Х. Б. Застосування методу аналізу ієрархій при виборі проекту в поліграфії / Х. Б. Кульчицька, Л. С. Предко. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pvs.uad.lviv.ua/static/media/1-75/7.pdf>.
12. Розвиток методу аналізу ієрархій як механізму вибору інвестиційного проекту на підприємстві. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://economics.kntu.kr.ua/pdf/5\(38\)/26.pdf](https://economics.kntu.kr.ua/pdf/5(38)/26.pdf).
13. Buitelaar T. The Colour of Soil. [Electron. resource] / T. Buitelaar. DNB Cash Seminar 2008 / Amsterdam, 28–29 February, 2008. De Nederlandsche Bank NV. Access link: <https://www.dnb.nl/binaries>.



References

1. Kyrychok, T. Yu. (2014). *Znosostiikist banknotnoi produktsii [Wear resistance of banknote products]*. Kyiv: NTUU 'KPI', 308 p. [in Ukrainian].
2. Kyrychok, T. Yu., Nesterenko, V. M., Sukhina, Ye. H., & Hushcha, O. V. (2012). Doslidzhennia zminy kharakterystyk zrazkiv banknot pid chas imitatsii znoshuvannia [The Research of Changing Banknote Samples Characteristics during the Process of Simulated Deterioration]. *Tekhnolohiia i tekhnika druzkarstva*, 4(38), 4–25. DOI: [https://doi.org/10.20535/2077-7264.4\(38\).2012.32192](https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(38).2012.32192) [in Ukrainian].
3. Bartz, W., & Crane, T. (2006). Circulation simulator method for evaluating bank note and optical feature durability. *Proceedings of the SPIE. Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques VI*, Vol. 6075, 75–83.
4. Meuer, T., & Martin, J. (April 2011). The Eurosystem's efforts in the search for a longer lasting banknote. *Billetaria. International Review on Cash Management*, Issue 9, 22–24.
5. Kyrychok, T. Yu. (2012). Bahatokryterialna zadacha vyboru pokaznyka znoshuvannia banknot ukrainskoi hryvni v umovakh realnoho obihu [The multi-criteria problem of choosing the indicator of wear and tear of Ukrainian hryvnia banknotes in real circulation conditions]. *Polihrafiia i vydavnycha sprava*, 4(60), 89–101 [in Ukrainian].
6. Geusebroek, J.-M., Markus, P., & Balke, P. *Learning banknote Fitness for Sorting. DNB Betalingsverkeer*. Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. Retrieved from <https://www.dnb.nl/binaries>.
7. Bower, P. (2001). *Operation Bernhard: The German Forgery of British Paper Currency in World War II. The Exeter Papers*. London: The British Association of Paper Historians, 43–65.
8. Balke, P. (2009). *New Soiling Test Method: Anti-Dirty Fingers. Banknote, December. Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV*. Retrieved from <https://www.dnb.nl/binaries>.
9. Saaty, T. L. (2002). How to make and justify a decision: the analytic hierarchy process. Part 1. Examples and Applications. *Systemni doslidzhennia ta informatsiini tekhnolohii*, 1, 95–108.
10. *Banknote Processing Systems. Giesecke & Devrient*. Retrieved from http://www.gi-de.com/en/products_and_solutions/products/banknote_processing_systems/banknote-processing-systems.jsp.
11. Kulchytska, Kh. B., & Predko, L. S. *Zastosuvannia metodu analizu iierarkhii pry vybori proektu v polihrafiu [Application of the method of analysis of hierarchies when choosing a project in printing]*. Retrieved from <https://pvs.uad.lviv.ua/static/media/1-75/7.pdf> [in Ukrainian].
12. *Rozvytok metodu analizu iierarkhii yak mekhanizmu vyboru investytsiino-ho proiektu na pidpriemstvi [Development of the method of analysis of hierarchies as a mechanism for choosing an investment project at the enterprise]*. Retrieved from [https://economics.kntu.kr.ua/pdf/5\(38\)/26.pdf](https://economics.kntu.kr.ua/pdf/5(38)/26.pdf) [in Ukrainian].
13. Buitelaar, T. (28–29 February, 2008). *The Colour of Soil. DNB Cash Seminar 2008. Amsterdam. De Nederlandsche Bank NV*. Retrieved from <https://www.dnb.nl/binaries>.



An expert evaluation of matrices of pairwise comparisons of criteria in relation to the global goal of adequate imitation of banknote deterioration and matrices of comparisons of alternatives in relation to criteria were carried out. The conducted analysis makes it possible to clearly assess the level of effectiveness of the use of alternative methods of banknote wear from the point of view of their impact on the global goal, in particular the adequate imitation of banknote wearing.

Keywords: multi-criteria decision-making problem; method of analysis of hierarchies; imitation of banknotes deterioration; banknotes durability.

Надійшла до редакції 23.08.22