

УДК 655.3.066.364

## РОЗВ'ЯЗАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОГО НАПРЯМУ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ БАНКНОТ УКРАЇНСЬКОЇ ГРИВНІ

Т. Ю. Киричок

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна

*Вирішення багатокритеріальної задачі вибору найраціональнішого варіанта підвищення зносостійкості банкнот української гривні здійснено шляхом аналізу вигод та втрат від використання технологій. На основі декомпозиції проблеми з застосуванням МАІ побудовано ієрархії вигод та втрат від використання альтернативних технологічних процесів — двостороннього інтаглюдруку, основи банкноти з підвищеною зносостійкістю, захисного лакування, а також комплексних рішень. На підставі експертних оцінок матриць парних порівнянь критеріїв вигод і втрат відносно глобальних цілей — вигод та втрат від використання технологій, матриць порівнянь альтернатив відносно критеріїв вигод та втрат від використання технологій, встановлено, що найраціональнішим варіантом є одночасне застосування захисного лакування та основи підвищеної зносостійкості, а також окреме використання зносостійкої основи й лакування.*

**Ключові слова:** зносостійкість, МАІ, BOCR-аналіз, українська гривня, інтаглюдрук, лакування банкнот, банкнотний папір.

**Постановка проблеми.** Прийняття рішення щодо реалізації проектів модернізації виробничого процесу є багатокритеріальною задачею, вирішити яку доцільно на основі підходів BOCR (Benefits – Opportunities – Costs – Risks) – аналізу [1–2]. Різні ситуації зміни технологічних процесів виробництва цінних паперів та документів суворого обліку, зокрема й банкнотного виробництва, потребують урахування під час прийняття рішень: 1) вигод; 2) вигод – втрат; 3) вигод – втрат – ризиків; 4) вигод – можливостей – втрат – ризиків [3]. До останнього класу задач належать ситуації змінення технологічних процесів банкнотного виробництва, які мають не лише економічні та технологічні, а й соціальні, політичні наслідки, а також впливають на державну безпеку. Прикладами подібних задач для банкнотного виробництва є зміна виробника національної валюти (для держав, де відсутнє банкнотне виробництво), радикальна зміна системи захисту, основи банкноти (паперу на пластик) тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Оцінка співвідношення пріоритетів альтернативних проектів відносно глобальних цілей (вигод – можливостей – втрат – ризиків) можлива з допомогою методу аналізу ієрархій (МАІ), запропонованого Т. Сааті [2], як шляхом побудови окремих ієрархій для вигод, можливостей, втрат та ризиків з наступною мультиплікативною згорткою глобальних пріоритетів альтернатив за всіма ієрархіями, так і формуванням єдиної ієрархії, де другим рівнем будуть вигоди, можливості, втрати та ризики, а їх критерії — підрівнями. Останній варіант доцільно застосовувати за умови

різної ваги вигод, можливостей, втрат та ризиків, що в подальшому враховується при формуванні згорток глобальних пріоритетів альтернатив.

**Мета статті.** Для задач розвитку банкнотного виробництва — введення нових технологічних процесів (застосування двостороннього інтаглюдруку замість одностороннього для української гривні), доцільність використання традиційних процесів (орловський офсет), заходи щодо підвищення зносостійкості, раціональним є врахування під час прийняття рішень вигод і втрат від альтернативних рішень [4].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дані досліджень напрямів підвищення зносостійкості банкнот української гривні дозволили оцінити вплив на зносостійкість процесів двостороннього інтаглюдруку, застосування зносостійких основ і захисного лакування та зробити висновок про їх позитивний вплив на збільшення очікуваного часу перебування банкнот в обігу. Вибір одного з таких напрямів, чи їх одночасне застосування, повинен робитися з урахуванням як відзначеного позитивного впливу на зносостійкість, так і можливих інших позитивних і негативних процесів і наслідків. Отож процес прийняття рішень щодо застосування напряму підвищення зносостійкості банкнот української гривні повинен розглядатися як задача багатокритеріального вибору. Вирішити її доцільно з допомогою МАІ шляхом представлення у вигляді домінантної ієрархії. Задача вибору ключового технологічного рішення належить до одного з трьох типів задач розподілу ресурсів, описаних Т. Сааті [1], коли відбувається вибір одного проекту, що реалізується з використанням усіх наявних ресурсів. Відповідно до [1, с. 191] аналіз за методом «вартість – ефективність» дозволяє виробити основні принципи розподілу ресурсів, а застосування МАІ сприяє структуруванню проблеми розподілу та виміру факторів, важливих для рішення. Застосування МАІ для структурування проблем «вартість — ефективність» дає можливість поєднати в одній ієрархічній структурі кількісну й якісну інформацію, отримати на основі експертних оцінок парних порівнянь елементів структури пріоритети альтернативних варіантів рішень, а також обґрунтовані компроміси між кількома критеріями вибору.

Застосування МАІ для структурування відбувається шляхом побудови ієрархій вигод і втрат, які доповнюють одна одну [3–4]. На основі декомпозиції проблеми з використанням МАІ побудовано ієрархії вигод (рис. 1) та втрат (рис. 2) від застосування альтернативних технологічних процесів. Альтернативами, що досліджуються (останній рівень ієрархії), є використання двостороннього інтаглюдруку (ІН), основи банкноти з підвищеною зносостійкістю (ЗО), захисного лакування (ЗЛ), а також комплексних рішень: двостороннього інтаглюдруку, основи банкноти з підвищеною зносостійкістю та захисного лакування (ІНОЛ), двостороннього інтаглюдруку та основи банкноти з підвищеною зносостійкістю (ІНО), основи банкноти з підвищеною зносостійкістю та захисного лакування (ЗОЛ), двостороннього інтаглюдруку й захисного лакування (ІНЛ). У представлених ієрархіях, побудованих у результаті декомпозиції проблеми, глобальною метою є, відповідно, вигоди та втрати від використання прийнятих технологічних рішень. Другий рівень ієрархії — критерії вигод та втрат: вигоди і втрати якості,



Рис. 1. Ієрархія втрат від використання технологій



Рис. 2. Ієрархія вигод від використання технологій

економічні, організаційні й технологічні. Так, до вигод якості доцільно віднести підвищення безпечності користування та виготовлення банкноти, збільшення зносостійкості, підвищення рівня поліграфічного захисту. Економічними вигодами є зменшення витрат на планову заміну готівки; організаційними й технологічними — обмеження доступу до технології та обладнання, відповідність вимогам міжнародних норм захищеності банкнот від несанкціонованого копіювання, можливість застосування без зміни дизайну банкнот. До втрат якості запропоновано віднести зниження безпечності користування й виготовлення банкноти, зміну візуального сприйняття банкноти населенням. Економічними втратами є високі витрати на обладнання, матеріали та підвищення кваліфікації персоналу; організаційними й технологічними — погіршення друкарсько-технічних властивостей матеріалів, застосування додаткових технологічних процесів.

Необхідно зазначити: застосування в ієрархіях вигод і втрат взаємно протилежних критеріїв — підвищення та зниження безпечності — зумовлено тим, що одні варіанти технології підвищують безпечність користування та виготовлення банкноти, другі — знижують, що потребувало окремого врахування.

Наступним етапом є визначення пріоритетів усіх елементів обох ієрархій шляхом використання методу парних порівнянь. Матриці парних порівнянь критеріїв вигод та втрат відносно глобальних цілей наведено в табл. 1–2, матриці парних порівнянь альтернатив відносно критеріїв вигод і щодо критеріїв втрат — у табл. 3–16.

Для зручності в матрицях парних порівнянь вжито умовні позначки для елементів ієрархій

- глобальні цілі: ВИГ — вигода від використання варіанта технології, ВТР — втрати від використання варіанта технології;

- критерії вигод: ПБ — підвищення безпечності користування та виготовлення, ЗН — збільшення зносостійкості, РЗ — підвищення рівня поліграфічного захисту, ЗГ — зменшення витрат на планову заміну готівки, ОД — обмеження доступу до технології та обладнання, МН — відповідність вимогам міжнародних норм захищеності банкнот від несанкціонованого копіювання, ЗД — можливість застосування без зміни дизайну банкнот;

- критерії втрат: ЗБ — зниження безпечності для користувачів, ВС — зміни візуального сприйняття банкноти населенням, ВО, ВМ і ВП — високі витрати на обладнання, матеріали та підвищення кваліфікації персоналу відповідно, ДТ — погіршення друкарсько-технічних властивостей, НТ — застосування нових для певного підприємства технологічних процесів.

Під час формування матриць парних порівнянь використано шкалу відношень з оцінками від 1 до 9 [2], яким відповідають певні судження про значимість факторів чи дій: 1 — значимість однакова, 3 — слабка (певне переважання значимості одного фактора над іншим), 5 — суттєва чи сильна, 7 — дуже сильна або очевидна значимість, 9 — абсолютна значимість, 2, 4, 6, 8 — проміжні значення між сусідніми значеннями шкали, зворотні величини наведених вище чисел відповідають значимості факторів  $j$  порівняно з фактором  $i$  за умови, що факторів  $i$  приписується одне зі значень шкали.

Експертна оцінка здійснена фахівцями банкнотного виробництва з урахуванням даних щодо зносостійкості різних варіантів технологічного та матеріального забезпечення підвищення зносостійкості, отриманих як у межах запропонованих, так і комплексу інших досліджень.

Оцінка безпечності користування та виготовлення банкноти ґрунтувалася на дослідженнях щодо застосування зносостійкої основи з безформальдегідним просочуванням. На сьогодні для друку банкнот української гривні використовується папір на меламінформальдегідній основі. Однак формальдегід належить до третього класу небезпечних речовин, є сильним алергеном та канцерогеном, викликає подразнення шкіри й слизових оболонок; випари формальдегіду небезпечні для здоров'я як працівників підприємств – виготовлювачів, так і, згідно з останніми даними, для користувачів продукції, що містить формальдегід [5]. У зв'язку з цим нові світові тенденції полягають у застосуванні безформальдегідного проклеювання паперу, зокрема й для банкнотного виробництва [6], із використанням для проклеювання, наприклад, поліамідепіхлоргідринних смол [7]. Маючи незаперечні переваги перед формальдегідним проклеюванням щодо екологічності виготовлення та нетоксичності для користувачів, безформальдегідні види паперу можуть характеризуватися гіршими друкарсько-технічними властивостями та стійкістю до зношування [7], тому застосування їх у банкнотному виробництві потребувало додаткового вивчення, під час якого було з'ясовано, що виробництво двошарового паперу з безформальдегідним проклеюванням дозволяє отримати папір з показниками, не гіршими за тиражний одношаровий папір [8]. Проведені дослідження, а також вивчення адгезії фарбового шару інтагліодруку до основи [9] стали підґрунтям для оцінок технологічних варіантів щодо погіршення друкарсько-технічних властивостей матеріалів.

Зниження безпечності виготовлення та користування оцінювалося за даними щодо можливого утворення шкідливого пилу внаслідок проходження покритих лаками УФ-твердіння банкнот через апаратуру оброблення готівки (банкомати, сортувальне обладнання тощо) [10], хоча цим лакам властива значно вища стійкість до стирання порівняно з лаками на водній основі та значно нижчий час висихання, через що й застосовуються вони для захисного лакування банкнот ширше. Враховано й можливий вплив лакування на візуальне сприйняття банкнот, оскільки лаки УФ-твердіння мають тенденцію до пожовтіння з часом та є більш глянцевиими [10–11].

Таблиця 1

**Порівняння критеріїв вигод відносно глобальної цілі — вигоди від використання технології**

ВИГ	ПБ	ЗН	РЗ	ЗГ	ОД	МН	ЗД
1	2	3	4	5	6	7	8
ПБ	1	1/5	3	1/5	1	5	1
ЗН	5	1	5	1	5	9	5
РЗ	1/3	1/3	1	1/5	1	3	1/5

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
ЗГ	5	1	5	1	5	9	5
ОД	1	1/5	1	1/5	1	3	1
МН	1/5	1/9	1/3	1/9	1/3	1	1/7
ЗД	1	1/5	5	1/5	1	7	1

Вектор пріоритетів матриці вигод (0,090; 0,331; 0,052; 0,331; 0,071; 0,023; 0,101). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,56$ , індекс узгодженості IV = 0,093, відношення узгодженості ВУ = 0,070.

Найвагомішими критеріями вигод є збільшення зносостійкості (ЗН) та зменшення витрат на планову заміну готівки (ЗГ). Найбільш вагомі критерії витрат — високі витрати на обладнання (ВО) та матеріали (ВМ).

Таблиця 2

**Порівняння критеріїв витрат відносно глобальної цілі — витрати від використання технології**

ВТР	ЗБ	ВС	ВО	ВМ	ВП	ДО	НТ
ЗБ	1	5	1/7	1/7	1/5	1/7	1/7
РЗ	1/5	1	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7
ВО	7	7	1	1	5	3	5
ВМ	7	7	1	1	5	3	5
ВП	5	7	1/5	1/5	1	1	1
ДО	7	7	1/3	1/3	1	1	1
НТ	7	7	1/5	1/5	1	1	1

Вектор пріоритетів матриці витрат (0,032; 0,019; 0,310; 0,310; 0,101; 0,122; 0,106). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,79$ , індекс узгодженості IV = 0,132, відношення узгодженості ВУ = 0,100.

Таблиця 3

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод від використання технології (підвищення безпечності)**

ПБ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1/5	5	1/2	1/5	1/4	5
ЗО	5	1	9	3	2	2	7
ЗЛ	1/5	1/9	1	1/5	1/9	1/7	1
ІНОЛ	2	1/3	5	1	1/3	1/2	5
ІНО	5	1/2	9	3	1	1	7
ЗОЛ	4	1/2	7	2	1	1	7
ІНЛ	1/5	1/7	1	1/5	1/7	1/7	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,073; 0,318; 0,025; 0,113; 0,236; 0,208; 0,027). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,29$ , індекс узгодженості IV = 0,048, відношення узгодженості ВУ = 0,036.

Таблиця 4

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод  
від використання технології (збільшення зносостійкості)**

ЗН	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1/5	1/7	1/9	1/5	1/8	1/6
ЗО	5	1	1/3	1/7	1/3	1/7	1/3
ЗЛ	7	3	1	1/5	1	1/5	1/3
ІНОЛ	9	7	5	1	8	2	3
ІНО	5	3	1	1/8	1	1/5	1/3
ЗОЛ	8	7	5	1/2	5	1	2
ІНЛ	6	3	3	1/3	3	1/2	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,019; 0,043; 0,079; 0,373; 0,070; 0,266; 0,151). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,53$ , індекс узгодженості IV = 0,088, відношення узгодженості ВУ = 0,067.

Таблиця 5

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод  
від використання технології (підвищення рівня захисту)**

РЗ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	5	9	1/3	1/3	5	1
ЗО	1/5	1	7	1/5	1/5	1	1/5
ЗЛ	1/9	1/7	1	1/9	1/9	1/5	1/7
ІНОЛ	3	5	9	1	1	7	5
ІНО	3	5	9	1	1	7	5
ЗОЛ	1/5	1	5	1/9	1/7	1	1/5
ІНЛ	1	5	9	1/5	1/5	5	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,147; 0,049; 0,016; 0,310; 0,310; 0,041; 0,127). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,72$ , індекс узгодженості IV = 0,119, відношення узгодженості ВУ = 0,090.

Таблиця 6

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод  
від використання технології (зменшення витрат на заміну готівки)**

ЗГ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1/5	1/7	1/9	1/5	1/8	1/6
ЗО	5	1	1/3	1/7	1/3	1/7	1/3
ЗЛ	7	3	1	1/5	1	1/5	1/3
ІНОЛ	9	7	5	1	8	1	3
ІНО	5	3	1	1/8	1	1/5	1/3
ЗОЛ	8	7	5	1	5	1	5
ІНЛ	6	3	3	1/3	3	1/5	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,019; 0,042; 0,078; 0,333; 0,069; 0,329; 0,131). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,61$ , індекс узгодженості IV = 0,101, відношення узгодженості ВУ = 0,077.

Таблиця 7

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод від використання технології (обмеження доступу до технології та обладнання)**

ОД	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1	6	1/3	1/3	1	1
ЗО	1	1	5	1/3	1/3	1	1
ЗЛ	1/6	1/5	1	1/9	18	1/7	1/7
ІНОЛ	3	3	9	1	1	3	3
ІНО	3	3	8	1	1	7	5
ЗОЛ	1	1	7	1/3	1/7	1	1
ІНЛ	1	1	7	1/3	1/5	1	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,096; 0,094; 0,020; 0,317; 0,312; 0,077; 0,085). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,34$ , індекс узгодженості IV = 0,057, відношення узгодженості ВУ = 0,043.

Таблиця 8

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод від використання технології (відповідність міжнародним нормам захищеності банкнот)**

МН	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	5	9	1/2	1/2	4	1
ЗО	1/5	1	5	1/3	1/3	1	1
ЗЛ	1/9	1/5	1	1/9	18	1/7	1/7
ІНОЛ	2	3	9	1	1	3	3
ІНО	2	3	8	1	1	7	5
ЗОЛ	1/4	1	7	1/3	1/7	1	1
ІНЛ	1	1	7	1/3	1/5	1	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,174; 0,074; 0,018; 0,296; 0,291; 0,063; 0,084). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,55$ , індекс узгодженості IV = 0,091, відношення узгодженості ВУ = 0,069.

Таблиця 9

**Порівняння альтернатив відносно критерію вигод від використання технології (застосування без зміни дизайну)**

ЗД	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
1	2	3	4	5	6	7	8
ІН	1	1/2	1/9	7	5	1/2	1
ЗО	2	1	1/7	5	5	1	3
ЗЛ	6	4	1	9	7	3	5



Продовження табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8
ІНОЛ	1/7	1/5	1/9	1	1	1/3	1/5
ІНО	1/5	1/5	1/7	1	1	1/4	1/3
ЗОЛ	2	1	1/3	3	4	1	2
ІНЛ	1	1/3	1/7	5	3	1/2	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,102; 0,159; 0,431; 0,031; 0,034; 0,153; 0,089). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,28$ , індекс узгодженості IV = 0,047, відношення узгодженості ВУ = 0,036.

Таблиця 10

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат  
від використання технології (зниження безпечності)**

ЗБ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	3	1/7	1/5	3	1/5	1/7
ЗО	1/3	1	1/9	1/9	1/2	1/7	1/9
ЗЛ	7	9	1	3	8	5	2
ІНОЛ	5	9	1/3	1	9	1	1/2
ІНО	1/3	2	1/8	1/9	1	1/5	1/6
ЗОЛ	5	7	1/5	1	5	1	1/3
ІНЛ	7	9	1/2	2	6	3	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,045; 0,021; 0,360; 0,166; 0,029; 0,129; 0,249). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,45$ , індекс узгодженості IV = 0,076, відношення узгодженості ВУ = 0,057.

Таблиця 11

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат  
від використання технології (зміна візуального сприйняття банкноти)**

ВС	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	3	1/7	1/5	3	1/5	1/7
ЗО	1/3	1	1/9	1/9	1/2	1/7	1/9
ЗЛ	7	9	1	2	8	3	2
ІНОЛ	5	9	1/2	1	9	1	1/2
ІНО	1/3	2	1/8	1/9	1	1/5	1/6
ЗОЛ	5	7	1/3	1	5	1	1/3
ІНЛ	7	9	1/2	2	6	3	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,046; 0,021; 0,324; 0,181; 0,029; 0,143; 0,255). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,36$ , індекс узгодженості IV = 0,061, відношення узгодженості ВУ = 0,046.

Таблиця 12

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат  
від використання технології (високі витрати на обладнання)**

ВО	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	5	5	1/5	1/3	3	1/4
ЗО	1/5	1	1/2	1/9	1/2	1/2	1/7
ЗЛ	1/5	2	1	1/6	1/5	1/3	1/5
ІНОЛ	5	9	6	1	3	4	2
ІНО	3	5	5	1/3	1	5	1/2
ЗОЛ	1/3	3	3	1/4	1/5	1	1/7
ІНЛ	4	7	5	1/2	2	7	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,101; 0,026; 0,036; 0,342; 0,176; 0,056; 0,261). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,54$ , індекс узгодженості IV = 0,090, відношення узгодженості ВУ=0,068.

Таблиця 13

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат  
від використання технології (високі витрати на матеріали)**

ВМ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1/3	1/2	1/9	1/7	1/4	1/6
ЗО	3	1	1	1/5	1/3	1/3	1/2
ЗЛ	2	1	1	1/5	1/2	1/3	1/2
ІНОЛ	9	5	5	1	5	3	4
ІНО	7	3	2	1/5	1	1	1
ЗОЛ	4	3	3	1/3	1	1	1
ІНЛ	6	2	2	1/4	1	1	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,029; 0,065; 0,065; 0,411; 0,143; 0,151; 0,136). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,19$ , індекс узгодженості IV = 0,032; відношення узгодженості ВУ = 0,024.

Таблиця 14

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат від використання  
технології (високі витрати на підвищення кваліфікації персоналу)**

ВП	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1	1/2	1/9	1/3	1/2	1/7
ЗО	1	1	1/2	1/9	1/3	1/3	1/3
ЗЛ	2	2	1	1/5	1/6	1/2	1/3
ІНОЛ	9	9	5	1	7	2	5
ІНО	3	3	6	1/7	1	1	1/2
ЗОЛ	2	3	2	1/2	1	1	1
ІНЛ	7	3	3	1/5	2	1	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,040; 0,042; 0,059; 0,442; 0,124; 0,132; 0,162). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,52$ , індекс узгодженості  $IV=0,087$ ; відношення узгодженості  $VU=0,066$ .

Таблиця 15

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат  
від використання технології  
(погіршення друкарсько-технічних властивостей матеріалів)**

ДТ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1/3	7	1/5	1/3	1/3	1
ЗО	3	1	5	1/5	1/3	1	3
ЗЛ	1/7	1/5	1	1/9	1/9	1/5	1/7
ІНОЛ	5	5	9	1	1	3	5
ІНО	3	3	9	1	1	3	3
ЗОЛ	3	1	5	1/3	1/3	1	4
ІНЛ	1	1/3	7	1/5	1/3	1/4	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,067; 0,120; 0,020; 0,329; 0,264; 0,135; 0,065). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,55$ , індекс узгодженості  $IV = 0,092$ ; відношення узгодженості  $VU=0,070$ .

Таблиця 16

**Порівняння альтернатив відносно критерію втрат  
від використання технології  
(застосування додаткових технологічних процесів)**

НТ	ІН	ЗО	ЗЛ	ІНОЛ	ІНО	ЗОЛ	ІНЛ
ІН	1	1/2	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3
ЗО	2	1	1	1/9	1/3	1/3	1/2
ЗЛ	5	1	1	1/5	1/6	1/2	1/3
ІНОЛ	5	9	5	1	7	2	5
ІНО	3	3	6	1/7	1	1	1/2
ЗОЛ	3	3	2	1/2	1	1	1
ІНЛ	3	2	3	1/5	2	1	1

Вектор локального пріоритету матриці (0,038; 0,057; 0,064; 0,424; 0,129; 0,146; 0,141). Власне значення матриці  $\lambda_{\max} = 7,76$ , індекс узгодженості  $IV = 0,126$ ; відношення узгодженості  $VU = 0,095$ .

Глобальні пріоритети альтернатив відносно глобальної цілі — вигоди від застосування технологій, визначимо як добуток матриці локальних пріоритетів альтернатив щодо критеріїв вигод і власного вектора матриці вигод (табл. 17).

Таблиця 17

**Глобальні пріоритети альтернатив відносно вигоди  
від застосування технологій**

Матриця власних векторів локальних пріоритетів альтернатив щодо вигод								Матриця критеріїв вигод	Глобальні пріоритети альтерна- тив			
ВИГ	ПБ	ЗН	РЗ	ЗГ	ОД	МН	ЗД					
ІН	0.073	0.019	0.147	0.019	0.096	0.174	0.102	X	0.090	ПБ	=	0.048
ЗО	0.318	0.042	0.049	0.042	0.094	0.074	0.159		0.331	ЗН		0.083
ЗЛ	0.025	0.077	0.016	0.078	0.020	0.018	0.431		0.052	РЗ		0.100
ІНОЛ	0.113	0.365	0.310	0.333	0.317	0.296	0.031		0.331	ЗГ		0.290
ІНО	0.236	0.069	0.310	0.069	0.312	0.291	0.034		0.071	ОД		0.115
ЗОЛ	0.208	0.304	0.041	0.329	0.077	0.063	0.153		0.023	МН		0.253
ІНЛ	0.027	0.126	0.127	0.131	0.085	0.084	0.089		0.101	ЗД		0.111

Глобальні пріоритети альтернатив відносно глобальної цілі — втрат від застосування технологій, визначимо як добуток матриці локальних пріоритетів альтернатив щодо критеріїв втрат і власного вектора матриці втрат (табл. 18).

Таблиця 18

**Глобальні пріоритети альтернатив відносно втрат  
від застосування технологій**

Матриця власних векторів локальних пріоритетів альтернатив щодо вигод								Матриця критеріїв вигод	Глобальні пріоритети альтерна- тив			
ВИГ	ПБ	ЗН	РЗ	ЗГ	ОД	МН	ЗД					
ІН	0.045	0.046	0.101	0.029	0.040	0.067	0.038	X	0.032	ЗБ	=	0.059
ЗО	0.021	0.021	0.026	0.065	0.042	0.120	0.057		0.019	ВС		0.054
ЗЛ	0.360	0.324	0.036	0.065	0.059	0.020	0.064		0.310	ВО		0.064
ІНОЛ	0.166	0.181	0.342	0.411	0.442	0.329	0.424		0.310	ВМ		0.372
ІНО	0.029	0.029	0.176	0.143	0.124	0.264	0.129		0.101	ВП		0.159
ЗОЛ	0.129	0.143	0.056	0.151	0.132	0.135	0.146		0.122	ДО		0.116
ІНЛ	0.249	0.255	0.261	0.136	0.162	0.065	0.141		0.106	НТ		0.175

За критерієм максимальності відношення вигод та втрат [1, 4] — табл. 19, можна зробити висновок, що за сукупністю всіх критеріїв вигод і втрат з точки зору забезпечення зносостійкості найраціональнішим вибором є виготовлення української гривні на новій двошаровій паперовій основі з двостороннім лакуванням. Достатньо раціональне також і окреме використання зносостійкої основи й лакування.

Таблиця 19

**Відношення глобальних пріоритетів альтернатив  
відносно вигод/втрат**

Альтернативи	Вигоди	Втрати	Відношення вигоди/ втрати
ІН	0.048	0.059	0.811
ЗО	0.083	0.054	1.529
ЗЛ	0.100	0.064	1.559
ІНОЛ	0.290	0.372	0.779
ІНО	0.115	0.159	0.725
ЗОЛ	0.253	0.116	2.176
ІНЛ	0.111	0.175	0.634

Таким чином, вирішення багатокритеріальної задачі вибору найраціональнішого варіанта підвищення зносостійкості банкнот української гривні шляхом проведеного аналізу на основі експертних оцінок матриць парних порівнянь критеріїв вигод і втрат відносно глобальних цілей — вигод та втрат від використання технологій, матриць порівнянь альтернатив відносно критеріїв вигод і втрат від використання технологій, дозволило визначити, що таким варіантом є одночасне застосування захисного лакування та основи підвищеної зносостійкості.

**Висновки.** Розв'язання багатокритеріальної задачі вибору найраціональнішого варіанта підвищення зносостійкості банкнот української гривні шляхом проведеного аналізу на основі експертних оцінок матриць парних порівнянь критеріїв вигод та втрат відносно глобальних цілей — вигод і втрат від використання технологій, матриць порівнянь альтернатив відносно критеріїв вигод та втрат від використання технологій, дало можливість встановити, що таким варіантом є одночасне застосування захисного лакування та основи підвищеної зносостійкості. Достатньо раціональні також окреме використання зносостійкої основи та лакування.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем : [пер. с англ.] / Т. Саати, К. Кернс. — М. : Радио и связь, 1991. — 224 с.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. — М. : Радио и связь, 1993. — 315 с.
3. Киричок Т. Ю. Вирішення багатокритеріальних задач розвитку банкнотного виробництва / Т. Ю. Киричок // Системний аналіз та інформаційні технології : матеріали 15-ої Міжнар. наук.-техн. конф. SAIT 2013 (Київ, 27–31 травня 2013 р.). — К. : ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2013. — С. 113.
4. Киричок Т. Ю. Аналіз за методом «вартість – ефективність» застосування технології орловського офсетного друку для виготовлення української гривні / Т. Ю. Киричок, В. М. Нестеренко // Наукові записки [Українська академія друкарства] : наук.-техн. зб. — Львів : Укр. акад. друкарства, 2012. — № 4 (41). — С. 148–156.
5. Norliana S. The health risk of formaldehyde to human beings / Norliana S., Abdulamir A. S., F. Abu Bakar, Salleh A. B. // American J. of Pharmacology and Toxicology. — 2009. — Vol. 4 (3). — P. 98–106.

6. Normand N. How Green is your Banknote [Electron. resource] / N. Normand // Proceedings of Currency Conference. — Prague, 2008. — October 12–15. — Access link : <http://currencyresearch.com/conferences/currency-conference>.
7. Lindström T. On the nature of joint strength in paper — a review of dry and wet strength resins used in paper manufacturing / Lindström T., Wagberg L., Larsson T. // Proceedings of the 13th Fundamental Research Symposium. — Cambridge, UK. — September 2005. — P. 457–562.
8. Shevchuk A. V. Research of the printing properties of formaldehyde free banknote paper / Shevchuk A. V., Kyrychok T. Iu., Nesterenko V. M. et al. // Технологія і техніка друкарства : зб. наук. праць. — К., 2013. — № 3 (41). — С. 4–11.
9. Киричок Т. Ю. Методологія візуального оцінювання стійкості фарбового шару інтаглюдруку до імітації зношування / Т. Ю. Киричок // Технологія і техніка друкарства зб. наук. праць. — К., 2013. — № 4 (42). — С. 4–12.
10. Leon F. Varnishing solutions for a long-lasting banknote / F. Leon, A. Walter // Billetaria. International Review on Cash Management. — Issue 9. — April 2011. — P. 25–27.
11. De Heij H. A. M. Durable banknote paper [Electron. resource] / H. A. M. de Heij. — De Nederlandsche Bank N.V., Amsterdam, Netherlands. — March, 1995. — P. 1–11. — De Nederlandsche Bank NV. — Access link: <http://www.dnb.nl/binaries>.

#### REFERENCES

1. Saaty T. and Cairns C. (1991), Analytical planning. Organization of: systems, Radio and communication, Moscow.
2. Saaty T. (1993), Decision making. The method of the hierachy analysis, Radio and communication, Moscow.
3. Kyrychok T. Solving multicriteria problems of banknote production, Proceedings of the 15th International scientific-technical conference SAIT 2013, May 27-31, 2013), ESC «IASA» NTU «KPI», Kyiv, pp. 113.
4. Kyrychok T. (2012), Analysis by the «cost-effectiveness» method of the Orjol offset printing technology application for the Ukrainian hryvnia manufacturing, Scientific Papers [Ukrainian Academy of Printing], No. 4 (41). pp.148–156.
5. Norliana S. (2009), The health risk of formaldehyde to human beings, American Journal of Pharmacology and Toxicology, Vol. 4 (3), pp. 98–106.
6. Normand N. (2008), How Green is Your Banknote, Proceedings of Currency Conference, Prague, October 12–15, 2008, available at: <http://currencyresearch.com/conferences/currency-conference>.
7. Lindström T. (2005), On the nature of joint strength in paper – a review of dry and wet strength resins used in paper manufacturing, Proceedings of the 13th Fundamental Research Symposium, Cambridge, UK, September 2005, pp.457–562.
8. Shevchuk A.V. (2013), Research on the printing properties of formaldehyde free banknote paper, Technology and techniques of printing, No. 3 (41), pp. 4–11.
9. Kyrychok T. (2013), Visual evaluation methodology of the paint layer resistance of intaglio printing to simulate wearing, Technology and techniques of printing, No.4 (42), pp. 4–12.
10. Leon F. (2011), Varnishing solutions for a long-lasting banknote, Billetaria. International Review on Cash Management, No. 9, pp. 25–27.
11. De Heij H.A.M. (1995), Durable banknote paper, De Nederlandsche Bank NV available at: <http://www.dnb.nl/binaries>.

## THE SOLUTION OF THE MULTICRITERIAL PROBLEM OF THE RATIONAL DIRECTION CHOICE FOR THE UKRAINIAN HRYVNIA BANKNOTE DURABILITY

T. Yu. Kyrychok

*National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute»  
37, Prosp. Peremohy, Kyiv, 03056, Ukraine*

*The solution of the multicriterial solution of a rational variant for improving of the Ukrainian hryvnia banknote durability has been carried out by analyzing the costs and benefits of the technologies used. Based on the decomposition problem using AHP there have been constructed the hierarchies of costs and benefits of the alternative processes using of double-side intaglio printing, durable banknotes substrate, protective varnishing, as well as integrated solutions. Based on the expert matrix judgment on the conjugal comparisons criteria of costs and benefits of global goals, i.e. costs and benefits of technology using and their alternative comparison matrices there have been determined that the most efficient option is the simultaneous application of a protective vanishing and durable substrate, and also the separate use of a protective vanishing and durable substrate.*

**Keywords:** *durability, AHP, BOCR analysis, Ukrainian hryvnia, intaglio printing, banknotes varnishing, banknote paper.*

*Стаття надійшла до редакції 02.12.2014.*

*Received 02.12.2014.*