

УДК 655.3.066 (075.8)

© Т. Ю. Киричок, д.т.н., професор, П. О. Киричок, д.т.н., професор, Ж. Т. Кажмуратов, здобувач, НТУУ «КПІ», Київ, Україна

ПРОБЛЕМИ ТА НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЗНОШЕНОСТІ ПІД ЧАС АВТОМАТИЗОВАНОГО СОРТУВАННЯ БАНКНОТ

Здійснено аналіз проблем автоматизованого сортування банкнот. Встановлено, що має місце помилкове неврахування одночасної наявності різних видів пошкоджень на одній банкноті й повернення в обіг зношених банкнот, а також необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот через помилкову оцінку їх стану як зношених. Визначено причини помилкового сортування: відмінності у калібруванні сенсорів сортувального обладнання, відхилення у межах допуску колірності банкнотного паперу із різних партій, а також окреме урахування показників зношеності.

Запропоновано напрямки підвищення достовірності сортування: 1) періодичний моніторинг даних сортувального обладнання для уточнення критичних меж показників загального забруднення банкнот; 2) удосконалення формування оцінки зношеності на основі показників, що традиційно використовуються в сортувальних комплексах, шляхом формування комплексного показника зношеності; 3) розроблення та впровадження в процес сортування нових показників зношеності.

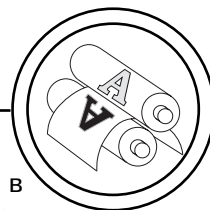
Ключові слова: банкнота, зношування, зносостійкість, банкнотний папір, сортування банкнот, вилучення банкнот, показник зношеності.

Постановка пролеми

Загальне забруднення є основною причиною вилучення банкнот з обігу, тому методам його контролю приділяється велика увага [1]. Тут до ознак, що контролюють, належить зміна оптичних характеристик банкнот — зміна колірності, що контролюється візуально персоналом, зміна оптичної щільності [2–4], вимірювання видимого світла, відображеного від банкноти [5, 6], спектральні характе-

ристики банкнот в діапазоні 380–740 нм [7]. Існують й більш складні методики визначення забруднень — ультразвукові та рентгенівські дослідження [8], але саме оптичні характеристики, що вимірюються як під час наукових досліджень, так і під час оброблення готівкової маси, є основними, хоча і фахівцями відзначається низка проблем достовірного визначення зношеності банкнот. Тому потребують подальшого розвитку як оп-

© 2014 р.



тичні, так і будь-які інші методи оцінювання зношеності банкнот, в тому числі методи візуального оцінювання.

Мета роботи

Метою даного дослідження було здійснити аналіз проблем визначення зношеності, які постають під час автоматизованого сортування, а також визначити напрямки підвищення достовірності визначення зношеності.

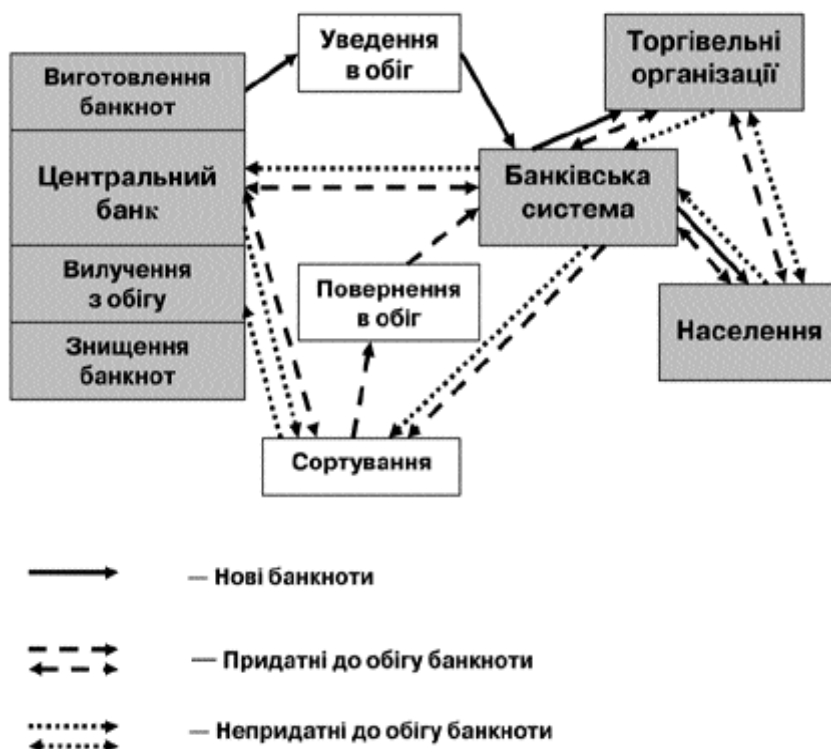
Результати проведених досліджень

Організація контролю зношеності банкнот

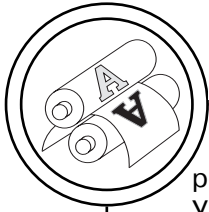
Ознаки пошкодження банкнот внаслідок перебування їх в обігу встановлюють під час об-

роблення грошової маси в банківських установах, установах центральних банків, під час досліджень на банкнотних виробництвах в межах системи життєвого циклу банкнот (рис.). Так, протягом життєвого циклу з моменту виготовлення та введення в обіг центральними банками банкноти, циркулюючи через банківську систему, торговельні організації та серед населення та зазнаючи зношування, підлягають періодичному контролю автентичності, а також сортуванню з метою встановлення зношених та придатних до подальшого обігу.

Моніторинг, вилучення та знищення непридатних для обігу банкнот є завданням центральних банків. В Україні це пре-



Життєвий цикл банкнот

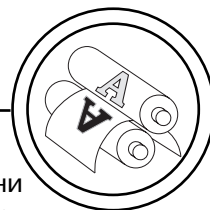


рогатива Національного банку України (НБУ), а саме Генерального департаменту регулювання грошового обігу та Центрального сховища НБУ [9], в Казахстані — Національного банку Казахстану (НБК), а саме Департаменту готівково-грошового обігу та Центру касових операцій і зберігання цінностей НБК [10]. Метою моніторингу є вилучення несправжніх та забруднених і пошкоджених в обігу банкнот, отримання статистичних даних щодо вилучення для планової заміни готівкової маси. Сортування з метою встановлення зношених та придатних до подальшого обігу здійснюється також установами банків на основі нормативних документів [2, 3]. Контроль зношеності проводиться установами банків та центральним банком з метою вилучення надмірно зношених банкнот через низку причин, серед яких забезпечення автоматизованої обробки банкоматами та сортувальним обладнанням, імідж національної валюти країни, біологічна безпека.

Устаткування, яке використовується для визначення придатності банкнот в Центральному сховищі НБУ, а також в Центрі касових операцій і зберігання цінностей НБК — це автоматичні технологічні лінії контролю банкнот німецької компанії Giesecke & Devrient серії BPS 1000 [11]. Таке ж, або подібне за функціями, устаткування використовують центральні банки багатьох країн світу [5, 6, 12, 13]. Це високошвидкісна система обробки банкнот, забезпечує сортування 20–30 банкнот на

секунду (72000–108000 банкнот на годину). Завдяки оснащенню сенсорними модулями NotaScan Image та NotaScan Profile обладнання дозволяє оцінити лице та зворот кожної банкноти, котра проходить через провідну систему зі швидкістю 5–7,5 м/с, визначити її номінал, розміри, автентичність, наявні забруднення та пошкодження, розподілити на такі, що мають сумнівну автентичність (передаються для подальшого дослідження), придатні до подальшого обігу (пакуються та передаються до сховища) та непридатні (пакуються та передаються на знищення).

Сенсорний модуль NotaScan Image оснащений трьома камерами, котрі з роздільною здатністю 125 dpi (0,2×0,2 мм²) здійснюють цифрову фіксацію зображення: дві з них — на відбивання світла, що падає, лица та звороту кожної банкноти, одна — на пропускання та поглинання, працюючи в колірних каналах RGB, а також ІЧ-діапазоні. Програмне забезпечення обробки зображень базується на колірній системі XCMS (X Color Management System), котра імітує сприйняття кольору людиною незалежно від засобу виведення [14]. Алгоритми обробки сканованих зображень дозволяють встановити та оцінити номінал, лінійні розміри, орієнтацію під час проходження, серійний номер, ІЧ-захисні ознаки (пропускання та поглинання світла в ІЧ-діапазоні), водяні знаки (пропусканням видимого світла), а також низку ознак зношування та пошкодження. До таких ознак нале-



жать отвори (розміром від 1×1 мм), надриви, втрачені частини, загнуті кути, а також забруднення.

Сенсорний модуль NotaScan Image також аналізує відхилення з певними допусками від еталонних зображень, виявляючи локальні забруднення, сторонні штампи та написи, а також області втрати фарбового шару та пожовтіння.

Сенсорний модуль NotaScan Profile шляхом ультразвукового сканування товщини банкнот дозволяє визначити наявність клейкої стрічки, отворів площею від 1 мм², надривів довжиною від 5 мм. Точність вимірювань становить 5 мкм, що дозволяє оцінювати автентичність багатотонових водяних знаків та мікроперфорацію (якщо такий елемент захисту є). Також дуже важливим для оцінювання загальної зношеності банкноти є можливість вимірювання втрати жорсткості.

Застосування обробних комплексів дозволяє достовірно оцінити стан банкнот, хоча й наявні певні проблеми, котрі відзначаються низкою фахівців.

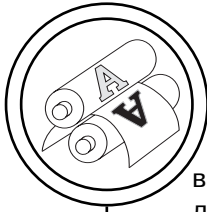
Проблеми достовірності визначення зношеності

Встановлено, що сприйняття поняття, ознак та критичності показників зношеності банкнот населенням не співпадає з нормативними показниками зношеності [15]. Так, люди не вважають втрату жорсткості та загнуті кути причинами для вилучення банкнот з обігу, в той час як під час машинного сортування такі банкноти одразу сортуються для знищення. Також бу-

ло виявлено, що втрата частини паперової банкноти, плями, наклепки не сприймається населенням, як серйозний дефект. Цікаво, що населення, відповідно до дослідження [15], сприймає зношеність банкнот комплексно, оцінюючи як більш зношені, банкноти, на яких присутні одночасно декілька ознак зношування (наприклад, загнутий кут та пляма). В той же час, сортувальне обладнання оцінює окремі пошкодження на предмет перевищення допустимих (критичних) порогів, встановлених нормативними документами [2], вилучаючи з обігу банкноти через перевищення хоча б одного параметру, ігноруючи можливі випадки наявності одночасно багатьох пошкоджень передкритичного рівня. Тобто, однією з проблем сортування є неврахування одночасної присутності різних видів пошкоджень на одній банкноті, що призводить до повернення в обіг банкнот, котрі фактично є більш зношеними, ніж вилучені через перевищення одного критерію.

Має місце під час сортування банкнот також і необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот через помилкову оцінку їх стану як зношених, про що говорять фахівці [5, 6, 15–17].

Причиною необґрунтованого вилучення придатних банкнот в окремих випадках є відмінності в калібруванні сенсорів забруднення сортувальних машин [6, 15]. Часто мають місце суттєві відмінності сортування за результатами оцінки забрудненості в сортувальних машинах та денситометричними вимірю-



ваннями [5], що свідчить про недосконалість процесів сортування. Так, вимірювання відбивання світла під час розробки специфікацій відбувається на стосі з мінімум 10 аркушами, а в сортувальних машинах такі вимірювання здійснюються на одному аркуші, що призводить до втрати частини відбитого світла та зниження яскравості, наслідком чого є необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот. Зменшення яскравості залежно від частини спектру може складати від 2 до 10 % [16].

Усунення такого недоліку можливе за рахунок уточнення критичних меж для вилучення через забрудненість шляхом періодичного моніторингу даних сортувального обладнання і встановлення їх кореляції з результатами денситометричних чи спектрофотометричних вимірювань та візуальної оцінки фахівцями грошового обігу.

Ще однією з причин необґрунтованого вилучення банкнот з обігу через загальне забруднення є відмінності, які мають місце для будь-якого виробництва, колірності та інших параметрів (товщини, поверхневої вбирності, шорсткості і т. і.) банкнотного паперу.

Напрямки підвищення достовірності визначення зношеності

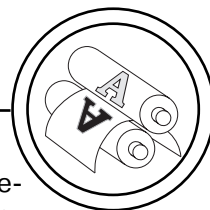
Підвищення достовірності сортування можливе трьома шляхами: 1) періодичним моніторингом даних сортувального обладнання для уточнення критичних меж показників загального забруднення банкнот; 2) удосконалення формування

оцінки зношеності на основі показників, що традиційно використовуються в сортувальних комплексах; 3) розроблення та впровадження в процес сортування нових показників зношеності.

Підходи до встановлення порогових рівнів загального забруднення відрізняються. Так, їх встановлюють в нормативних документах [4, 16, 18], чи як, зокрема і в Україні, визначення критеріїв непридатності банкнот до обігу за загальним забрудненням та зношенням здійснюється на основі експертної оцінки рівня зношення під час налагодження обладнання для автоматизованого оброблення банкнот [2, 19]. Саме останнє положення нормативних документів дозволило б удосконалити систему сортування банкнот, з одного боку, наблизивши результат сортування до суспільного сприйняття поняття зношеності, з іншого — підвищивши якість готівкової маси та знизивши відсоток придатних до обігу банкнот, необґрунтовано вилучених з обігу.

Ще одним напрямком підвищення достовірності сортування банкнот є урахування всіх показників зношеності із формуванням комплексного показника зношеності [20], що дозволить наблизити оцінку зношеності до суспільного сприйняття поняття зношеності, відповідно до якого, як вже зазначалося вище, населення, сприймає зношеність банкнот комплексно [15].

Важливим є урахування зношеності фарбового рельєфу інтаглідруку. Вимірювання рівня загального забруднення



відбувається в певних, чітко визначених зонах банкноти біля водяного знака, в той же час зміни колірних характеристик банкнот через зношеність, зокрема, фарбового шару інтаглідруку, залишаються поза контролем. Залучення такого показника можливе використанням методу середнього кольору [21] відповідно до розробленої нами моделі середнього кольору зображення, згідно з якою зображення віддаляється від глядача на певну відстань, на якій всі кольори зображення змішуються, утворюючи нероздільну кольорову пляму. Тобто, зображення перетворюється на умовний піксель, який є сумішшю кольорів всіх його пікселів. На підставі запропонованої моделі можливо оцінити ступінь наближеності оптичних характеристик двох зображень за відхиленням середнього кольору. Такий спосіб, що має на меті усунення суб'єктивності оцінки зображень, може бути застосований для обробки як цифрових зображень, так і друкованих, зокрема і зношених банкнот.

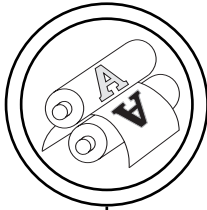
Проведене оцінювання зношеності зразків, задрукованих інтаглідруком, показало, що оцінка зображення за відхиленням середнього кольору відповідно до розробленої моделі достатньо точним показником зношеності фарбового шару, має середню похибку середнього арифметичного меншу, ніж традиційні оптичні методи оцінювання зношеності — зміна яскравості та колірний зсув [22].

Таким чином, методика середнього кольору може бути застосована для контролю зношеності банкнот в сортувальних комплексах і сприятиме підвищенню точності загальної оцінки.

Висновки

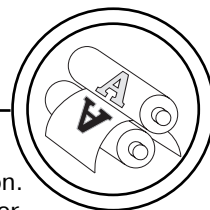
Під час автоматизованого сортування банкнот має місце як помилкове неврахування одночасної наявності різних видів пошкоджень на одній банкноті й повернення в обіг зношених банкнот, так і необґрунтоване вилучення з обігу придатних банкнот через помилкову оцінку їх стану як зношених. Це є наслідком дії низки чинників: відмінностей у калібруванні сенсорів сортувального обладнання, відхилень у межах допуску колірності банкнотного паперу із різних партій, а також окремим урахуванням показників зношеності.

Підвищення достовірності сортування можливе трьома шляхами: 1) періодичним моніторингом даних сортувального обладнання для уточнення критичних меж показників загального забруднення банкнот; 2) удосконаленням формування оцінки зношеності на основі показників, що традиційно використовуються в сортувальних комплексах (формування комплексного показника зношеності); 3) розробленням та впровадженням в процес сортування нових показників зношеності (наприклад, показників зношеності фарбового рельєфу інтаглідруку).



Список використаної літератури

1. Киричок Т. Ю. Зносостійкість банкотної продукції : монографія / Т. Ю. Киричок. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 308 с.
2. Інструкція про ведення касових операцій банками в Україні (Затверджено Постановою Правління Національного банку України від 01.06.2011 № 174).
3. Правила визначення платіжності та обміну банкнот і монет Національного банку України (Затверджено Постановою Правління Національного банку України від 17 листопада 2004 р. № 547).
4. Federal Reserve Bank Services Fitness guidelines for Federal Reserve note (FRNs) [Electron. resource]. — Currency Technology Office, Federal Reserve Bank, USA. — 2008. — Access link : http://www.frbservices.org/files/operations/pdf/FRB_fitness_guidelines_2008_dec_11.pdf.
5. Kropnick E. Measurement of banknote soiling by sorting machines: An empirical study / E. Kropnick. — *Billetaria. International Review on Cash Management* 11. — 2012. — P. 24–26.
6. Martinez M. Mechanical banknote sorting: an empirical study / M. Martinez, E. Kropnick, J. D. Negueruela. — *Billetaria. International Review on Cash Management*. — Issue 6. — October 2009. — P. 16–19.
7. Balke P. From Fit to Unfit : How Banknotes Become Soiled [Electron. resource] / P. Balke. — *Watermark 2011, Rostov-on-Don*. — Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. — Access link : <http://www.dnb.nl/binaries>.
8. 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 : <http://www.dnb.nl/binaries>.
9. Офіційний сайт Національного банку України. Статистичний бюлетень [Електрон. ресурс]. — Режим доступу : http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/category?cat_id=57897.
10. Официальный сайт Национального банка Республики Казахстан [Электрон. ресурс]. — Режим доступа : <http://www.nationalbank.kz/?docid=178&switch=russian>.
11. Banknote Processing Systems. Офіційний сайт компанії Giesecke & Devrient [Електронний ресурс]. — Режим доступу : http://www.gide.com/en/products_and_solutions/products/banknote_processing_systems/banknote-processing-systems.jsp.
12. Cantero F. Banknote authentication devices / F. Cantero // *Billetaria. International Review on Cash Management*. — Issue 8. — October 2010. — P. 21–22.
13. Takagi M. Toshiba's banknote processing machines / M. Takagi. — *Billetaria. International Review on Cash Management*. — Issue 4. — October 2008. — P. 24–25.
14. O'Reilly T. X Users Guide Motif R5 : Motif Edition. Vol. III (Definitive Guides to the X Window System) / T. O'Reilly, V. Quercia. — Second Edition. — O'Reilly Media, 1994. — 955 p.
15. Van der Horst F. What is a fit banknote? The Dutch public responds / F. van der Horst, M. Meeter, J. Theeuwes, M. van der Woude. — *DNB Occasional Studies*. — Vol. 9 / No. 4. — 2011. — De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam. — 47 p.
16. Buitelaar T. Sources of variations in papertint [Electron. resource] / T. Buitelaar. — Access link : <http://www.currencyaffairs.org/templates/files/library/>.



17. 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 : <http://www.dnb.nl/binaries>.

18. Comments to «The Bank of Russia Notes Fitness Criteria» [Electron. resource]. — Access link : http://www.cbr.ru/eng/bank-notes_coins/?Prtid=unfit.

19. Pat. WO2012/165959 A1 WIPO, МПК G07D 7/20. Method and device for classifying security documents such as banknotes / P. Balke, J.-M. Geusebroek, applicant: De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam. — PCT/NL2012/050380; заявл. 01.06.2011; опубл. 06.12.2012.

20. Киричок Т. Ю. Методологія комплексного оцінювання рівня якості продукції / Т. Ю. Киричок // Зб. наук. праць «Технологія і техніка друкарства». — К., 2013. — № 1(39). — С. 4–16.

21. Kyrychok T. Yu. Image Evaluation Procedure Based on the Average Color Deviation / T. Yu. Kyrychok, P. A. Kyrychok, A. V. Parkhomenko // Radioelectronics and Communications Systems. — 2014. — Vol. 57(4). — P. 175–179.

22. Киричок Т. Ю. Методика оцінювання колірних відмінностей зображень / Т. Ю. Киричок // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. — 2013. — № 4(67). — С. 50–55.

References

1. Kyrychok T. Іu. Znosostiikist banknotnoi produktsii : monohrafiia / T. Іu. Kyrychok. — К. : NTUU «KPI», 2014. — 308 s.

2. Instruksiia pro vedennia kasovykh operatsii bankamy v Ukraini (Zatverdzheno Postanovoiu Pravlinnia Natsionalnoho banku Ukrainy vid 01.06.2011 № 174).

3. Pravyla vyznachennia platizhnosti ta obminu banknot i monet Natsionalnoho banku Ukrainy (Zatverdzheno Postanovoiu Pravlinnia Natsionalnoho banku Ukrainy vid 17 lystopada 2004 r. № 547).

4. Federal Reserve Bank Services Fitness guidelines for Federal Reserve note (FRNs) [Electron. resource]. — Currency Technology Office, Federal Reserve Bank, USA. — 2008. — Access link : http://www.frbervices.org/files/operations/pdf/FRB_fitness_guidelines_2008_dec_11.pdf.

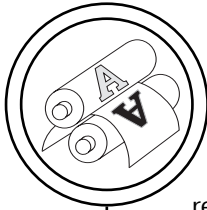
5. Kropnick E. Measurement of banknote soiling by sorting machines: An empirical study / E. Kropnick. — Billetaria. International Review on Cash Management 11. — 2012. — P. 24–26.

6. Martinez M. Mechanical banknote sorting: an empirical study / M. Martinez, E. Kropnick, J. D. Negueruela. — Billetaria. International Review on Cash Management. — Issue 6. — October 2009. — P. 16–19.

7. Balke P. From Fit to Unfit : How Banknotes Become Soiled [Electron. resource] / P. Balke. — Watermark 2011, Rostov-on-Don. — Cash Policy Department, De Nederlandsche Bank NV. — Access link : <http://www.dnb.nl/binaries>.

8. 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 : <http://www.dnb.nl/binaries>.

9. Ofitsiynyi sait Natsionalnoho banku Ukrainy. Statystychnyi biuletен [Elektron. resurs]. — Rezhym dostupu : http://www.bank.gov.ua/control/uk/publish/category?cat_id=57897.



10. Oficial'nyj sajt Nacional'nogo banka Respubliki Kazahstan [Jelektron. resurs]. — Rezhim dostupa : <http://www.nationalbank.kz/?docid=178&switch=russian>.

11. Banknote Processing Systems. Ofitsiyni sait kompanii Giesecke & Devrient [Elektronnyi resurs]. — Rezhym dostupu : http://www.gi-de.com/en/products_and_solutions/products/banknote_processing_systems/banknote-processing-systems.jsp.

12. Cantero F. Banknote authentication devices / F. Cantero // Billetaria. International Review on Cash Management. — Issue 8. — October 2010. — P. 21–22.

13. Takagi M. Toshiba's banknote processing machines / M. Takagi. — Billetaria. International Review on Cash Management. — Issue 4. — October 2008. — P. 24–25.

14. O'Reilly T. X Users Guide Motif R5 : Motif Edition. Vol. III (Definitive Guides to the X Window System) / T. O'Reilly, V. Quercia. — Second Edition. — O'Reilly Media, 1994. — 955 p.

15. Van der Horst F. What is a fit banknote? The Dutch public responds / F. van der Horst, M. Meeter, J. Theeuwes, M. van der Woude. — DNB Occasional Studies. — Vol. 9 / No. 4. — 2011. — De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam. — 47 p.

16. Buitelaar T. Sources of variations in papertint [Electron. resource] / T. Buitelaar. — Access link : <http://www.currencyaffairs.org/templates/files/library/>.

17. 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 : <http://www.dnb.nl/binaries>.

18. Comments to «The Bank of Russia Notes Fitness Criteria» [Electron. resource]. — Access link : http://www.cbr.ru/eng/bank-notes_coins/?Prtid=unfit.

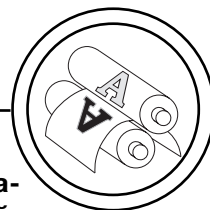
19. Pat. WO2012/165959 A1 WIPO, МПК G07D 7/20. Method and device for classifying security documents such as banknotes / P. Balke, J.-M. Geusebroek, applicant: De Nederlandsche Bank NV, Amsterdam. — PCT/NL2012/050380; заявл. 01.06.2011; опубл. 06.12.2012.

20. Kyrychok T. Іu. Metodolohiia kompleksnoho otsiniuvannia rivnia yakosti produktsii / T. Іu. Kyrychok // Zb. nauk. prats «Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva». — K., 2013. — № 1(39). — S. 4–16.

21. Kyrychok T. Yu. Image Evaluation Procedure Based on the Average Color Deviation / T. Yu. Kyrychok, P. A. Kyrychok, A. V. Parkhomenko // Radioelectronics and Communications Systems. — 2014. — Vol. 57(4). — P. 175–179.

22. Kyrychok T. Іu. Metodyka otsiniuvannia kolirnykh vidminnostei zobrazhen / T. Іu. Kyrychok // Visnyk ZhDTU. Tekhnichni nauky. — 2013. — № 4(67). — P. 50–55.

Осуществлен анализ проблем автоматизированной сортировки банкнот. Установлено, что имеет место ошибочный учет одновременного наличия различных видов повреждений на одной банкноте и возвращение в оборот изношенных банкнот, а также необоснованное изъятие из обращения пригодных банкнот из-за ошибочной оценки их состояния как изношенных. Определены причины ошибочной сортировки:



различия в калибровке сенсоров сортировочного оборудования, отклонения в границах допусков цветности банкнотной бумаги из разных партий, а также отдельный учет показателей изношенности.

Предложены направления повышения достоверности сортировки: 1) периодический мониторинг данных сортировочного оборудования для уточнения критических пределов показателей общего загрязнения банкнот; 2) совершенствование формирования оценки износа на основе показателей, традиционно используемых в сортировочных комплексах, путем формирования комплексного показателя износа; 3) разработка и внедрение в процесс сортировки новых показателей изношенности.

Ключевые слова: банкнота, износ, износостойкость, банкнотная бумага, сортировка банкнот, изъятие банкнот, показатель изношенности.

The problems of automated banknotes sorting were analyzed. It has been established that there is a mistaken omission of the simultaneous presence of various kinds of damage on one banknote and return to the circulation of deteriorated banknotes and unjustified withdrawal from circulation of suitable banknotes due to the erroneous assessment of their condition as deteriorated. Determine the cause of incorrect sorting: differences in calibration of sensor sorting equipment, the deviation permitted color tint for banknote paper from different production lots, as well as separate accounting of deterioration indices.

It has been suggested the ways to improve the reliability of the sorting: 1) periodic monitoring of sorting equipment data to clarify the critical values of soiling indices; 2) improvement of deterioration assessment on the basis of complex deterioration index determination; 3) development of the new deterioration indices and their implementation into sorting process.

Keywords: banknote, deterioration, durability, banknote paper, banknote sorting, withdrawal of banknotes, deterioration index.

Рецензент — О. І. Лотоцька, к.т.н.,
доцент, НТУУ «КПІ»

Надійшла до редакції 25.12.14