

© А. П. Киричок, канд. наук із соц. комунікацій, доц.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ТАКТИЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ БАНКНОТ ЛЮДЬМИ З ФУНКЦІОНАЛЬНОЮ СЛІПОТОЮ

Розвиток сучасних технологій дозволяє сьогодні вести мову про застосування текстурних елементів та адаптацію тактильних кодів щодо банкнот. Мета подібних технологічних новацій — вдосконалення можливостей задовольняти потреби тих людей із функціональною сліпотою, які користуються готівковим обігом грошей та стикаються із проблемою розпізнавання купюр. Було проведено статистичні тести з отриманою необробленою інформацією, щоб дізнатися окремо частку правильних відповідей та час відповіді.

Ключові слова: дизайн; дисперсія; код; купюра; тактильність; текстура.

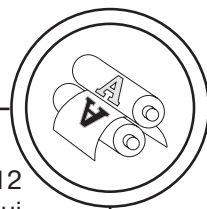
Постановка проблеми

Вплив сучасних технологій на необхідність створення зручних умов придатності людей з обмеженими вадами зору відчувати менше дискомфорту в соціальних умовах. Не пасуть задніх і поліграфічні технології, які з кожним роком набирають все більш потужної можливості вдосконалити користувацькі спроможності — зокрема, в сфері обігу банківських купюр.

Згідно з [1–4] «грошова культура має складну структуру, що відображає різнобічність ролі грошей у суспільстві та для окремих індивідів. В її структурі можна умовно виділити монетарну свідомість і культуру монетарної поведінки» [5, С. 1]. Ця думка, вис-

ловлена 2013 року, пізніше стала основою цікавого експерименту. Йдеться про зарубіжний досвід.

Іноземними фахівцями було проведено дослідження, в ході якого оцінювалася можливість включення випуклого текстурного елемента та коду, який дозволить визначити номінал купюри на дотик до цілої серії купюр долара (\$5, \$10, \$20, \$50 та \$100) (див. [6]). Додавання інформації, що буде доступна для розпізнавання на дотик, дозволить людям з функціональною сліпотою самостійно розпізнавати купюри. В експерименті 11, 20 зрячих студентів із зав'язаними очима розпізнавали набір з восьми різних дизайнів з тактильними функціями.



Мета роботи

Деталізація згадуваного зарубіжного досвіду. За допомогою коректно проведеного конкретного експерименту необхідно довести правильність технологічного вибору текстурного елемента та тактильного коду винаходу, внаслідок якого суттєво поліпшується якість купюр, що дозволить вдосконалити процедуру розпізнавання купюр людьми із вадами зору.

Результати проведених досліджень

Об'єктом статті є тактильні елементи для розрізнення купюр людьми з функціональною сліпотою.

Предметом статті є особливості використання тактильних елементів для розрізнення купюр людьми з функціональною сліпотою.

З естетичних міркувань представники структур, які провадили експеримент, хотіли розглянути ефективність декількох нових значень параметрів для дизайну елементів: діаметр крапки — 0,8 мм, три ряди крапок для кожного елемента, 15,5 мм — відстань між елементами. Найкращими значеннями параметрів згідно з результатами пілотної роботи були: діаметр крапки — 1,0 мм, чотири ряди крапок для кожного елемента та відстань між елементами 14,5 мм. Тестування, проведене в ході експерименту, підтвердило можливість використання крапок висотою 140 мкм, тому така висота крапок використовувалася в обох експериментах.

Учасники. В експерименті взяли участь 27 функціонально сліпих

дорослих людей (15 жінок та 12 чоловіків). Ці люди були набрані зі списку зареєстрованих у певних соціальних та соціологічних службах, які опікуються сліпими. Дослідження проводилося у різних відділеннях різних банків світу. Вік учасників коливався від 21 до 76 років, з середнім віком 47 (стандартне відхилення — 16,9). Серед них шестеро були шульгами, решта 20 — з робочою правою рукою. Серед них були як англомовні (15), так і ті, хто розмовляють французькою (12). Дані отримані від двох додаткових учасників не були враховані через те, що в одного з них була знижена чутливість через діабетичну невропатію, а інший неправильно слідував інструкціям.

Варіанти дизайну текстурного елемента. Загалом було надруковано 72 купюри. Використовувалися чотири варіанти дизайну текстурного елемента — А, В, Е та F (з оригінальних восьми, що використовувалися в експерименті 1). Як і раніше, кожен варіант дизайну складався з набору з шести рівнів: «порожня» купюра, купюри номіналом \$5, \$10, \$20, \$50 та \$100. Три набори по 24 купюри були приготовані для того, щоб учасники змогли зробити три повторення.

Методика проведення та експериментальний дизайн. Більшості учасників знадобилося шість спроб перед тим, як вони сказали, що готові розпочати процес формального тестування. У формальному експерименті кожен учасник мав назвати всі шість купюр з кожного з чотирьох наборів купюр з різним дизайном текстурного елемента. 24 банкноти подавалися в довільному



порядку та різному положенні. Блок з 24-х випробувань повторювався тричі, з 24-ма купюрами поданими в довільному порядку щоразу. Під час формального тестування був відсутній зворотній зв'язок. Учасникам задавали ряд питань після того як вони виконали поставлене завдання.

Було проведено статистичні тести з отриманою необробленою інформацією, щоб дізнатися окремо частку правильних відповідей та час відповіді. У кожному випадку ми почали з проведення трифакторного внутрішньосуб'єктного дисперсійного аналізу (ANOVA), включаючи вісім дизайнів текстурного елемента (вісім рівнів), номінали (шість рівнів, включаючи «порожні» купюри) та повторення (три рівні). У цих аналізах ми розглядаємо ефект номіналу лише для того, щоб ясно порівняти результати «порожніх» купюр з результатами п'яти номіналів з тактильною інформацією.

Потім проводився дисперсійний аналіз лише з п'ятьма рівнями номіналів (без «порожніх» купюр). Врахування «порожніх» купюр до кожної серії купюр зменшило б статистичну потужність для знаходження відмінностей між серіями купюр. Було використано поправку Грінахауса-Гейсера на кожному дисперсійному аналізі: про скориговані ступені вільності ми доповімо потім.

Було проведено внутрішньосуб'єктний дисперсійний аналіз отриманих результатів, щоб розрахувати частку правильних відповідей та час відповіді для всіх учасників, окремо з «порожніми» купюрами та без. У всіх випадках три фактори включали варіанти

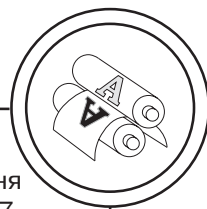
дизайну текстурного елемента (чотири рівні), номінали (шість рівнів з «порожніми» купюрами та п'ять без) і повторення (три рівні).

Точність: варіанти дизайну текстурного елемента. Результати не варіювалися статистично між чотирма різними варіантами дизайну текстурного елемента і не було знайдено будь-яких взаємодій з повтореннями та/або номіналами, які були б статистично значущими. Висока точність була підтверджена також й великою часткою учасників, які не зробили жодної помилки за всі чотири різні набори купюр.

Точність: «порожні» купюри. Середня частка правильних відповідей становила .98 (SEM = .02) з відсутністю помилок у 24-х з 27-ми учасників. Цей показник вище за показники купюр іншого номіналу та статистично вище за показники купюр \$5 та \$50 ($p < .05$, попарне порівняння за критерієм найменшої значущої різниці).

Точність: номінал. Головний ефект номіналу не був статистично значущим. Середні значення були взяті в середньому для чотирьох варіантів дизайну текстурного елемента, тому що цей фактор статистично не взаємодіяв з номіналами. Середня частка правильних відповідей не опускалася нижче 90 і стандартна похибка була дуже низькою. Всі купюри були названі з ідеальною точністю досить великою кількістю учасників (≥ 63), за виключенням купюри \$50. Проте, навіть цю купюру ідеально щоразу розпізнало 41 учасників.

Експериментатори намагалися отримати більш глибоке уяв-



лення про ефект двох психофізичних параметрів, за якими відрізнялися чотири варіанти дизайну текстурного елемента, що оцінювалися сліпими учасниками у другому експерименті: діаметр крапок та кількість рядів. Було проведено чотирифакторний дисперсійний аналіз з повторними вимірами набору даних (без «порожніх» купюр), з двома новими параметрами (діаметр крапок та кількість рядів), що замінювали чотири варіанти дизайну текстурного елемента з першого аналізу.

Діаметр крапок. Головний ефект діаметру крапок (0,8 мм проти 1,0 мм) знову ж таким був статистично значущим, $F(1, 26) = 5.0$, $p < .05$. Середній час відповіді для двох умов становив 12,3 с та 12,9 с відповідно, що підтверджує той факт, що середній час коротший при вужчому діаметрі крапок.

Ефект використання брайлівського друку. Лише п'ять з наших учасників не користувалися брайлівським друком на постійній основі і цієї кількості не було достатньо для проведення статистичних тестів для ефекту брайлівського друку. Ті, хто регулярно користувалися брайлівським друком були дещо швидшими ніж ті, хто користувався ним не так часто (середні показники = 12,9 проти 13,8 відповідно). Крім того, обидві групи мали ідентичну точність (середня частка правильних відповідей для обох груп становила .94).

Суб'єктивна оцінка учасників. В кінці експерименту учасників просили дати рейтингові відповіді на ряд питань. Вони дуже високо оцінили використання так-

тильного коду для розрізнення купюр (середній рейтинг = 1,37, де 1 = дуже легко та 5 = дуже важко) порівняно з сучасними методами. Серед різних варіантів дизайну текстурного елемента, учасники оцінили купюру \$50 найвище з дизайном F (діаметр крапок 1 мм, чотири ряди крапок) з середнім рейтингом 1,91, другим найкращий рейтинг був у дизайну B (діаметр крапок 0,8 мм, чотири ряди) з середнім рейтингом 2,07. Дизайн A (діаметр крапок 0,8 мм) та Дизайн B (діаметр крапок 1,0 мм), обидва з трьома рядами крапок, зайняли третю та четверту позицію з середнім рейтингом 2,59 та 3,43 відповідно.

Учасники оцінили код купюри \$100 як дуже легкий для розрізнення (середній рейтинг = 1,89, де 1 = дуже легко та 5 = дуже важко). Проте, їх думки розділилися, коли їх запитували, чи надають вони перевагу цьому елементу порівняно з будь-яким іншим (середній рейтинг = .41, де 0 = ні і 1 = так). Учасники оцінили запропоновану їм техніку огляду купюри для її розрізнення як дуже зручну (середній рейтинг = 4,5, де 1 = дуже незручна і 5 = дуже зручна). Врешті-решт, коли учасників спитали, чи можуть вони запропонувати кращу техніку огляду купюр, 25 із 27-ми сказали, що не можуть. Інші два учасники запропонували класти купюру на стіл.

З точки зору відносної ефективності (точність, швидкість та рейтинг серед учасників) ми рекомендуємо дизайн B (діаметр крапок 0,8 мм, чотири ряди крапок), тому що: а) середня частка правильних відповідей для цього



дизайну становила .93; б) час відповіді для цього дизайну був найшвидшим (користувачі надаватимуть перевагу якомога коротшому часу для розрізнення купюри); та в) цей дизайн отримав високий рейтинг від учасників. Тим не менш, всі чотири варіанти дизайну мали високу точність, яка була найбільш прийнятною для учасників. Якщо час розпізнавання купюри не грає ключову роль, то будь-який з варіантів дизайну був би дуже відносно ефективним на практиці, адже точність була статистично еквівалентною для всіх чотирьох варіантів, а середній час відповіді варіювався лише в діапазоні ~1 с.

Частка правильних відповідей. Серед восьми різних дизайнів, частка правильних відповідей ніколи не була нижчою за 0,97; середній час реакції становив від 11,4 с до 13,1 с на одну купюру. В експерименті 2, 27 учасників з функціональною сліпотою розрізняли чотири з восьми наборів купюр, що використовувалися в минулому експерименті. Частка правильних відповідей ніколи не була нижчою за 0,92; середній час відповіді становив від 11,7 с до 13,7 с на одну купюру. Було обрано один із чотирьох представлених дизайнів з текстурним елементом для його подальшого включення в їх нову серію купюр. Це також можливо застосувати для розробки тактильних дисплеїв та систем віртуального середовища.

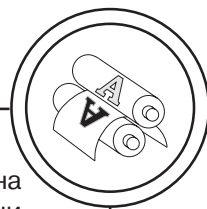
Вибір текстурного елемента. За теорією виявлення сигналу (Мак Ніколь, 1972), в дизайні тактильного дисплею для людей з вадами зору, цільовий стимул

(текстурний елемент на купюрі) являє собою сигнал. Всі інші елементи (інші ділянки поверхні купюри) являють собою шум. Щоб обрати елемент, який легко виявити, потрібно тримати відношення сигналу до шуму досить високим.

Тактильний код. Ще одне з основних рішень при розробці полягає в виборі того, як презентувати інформацію на дисплеї так, щоб відмінності між різними дисплеями було легко розрізнити та вивчити. Деякі дослідники (наприклад, Роберта Клатскі, Сюзан Ледерман, Вікторія Метзгер [7]) показали, що люди класифікують невідомі об'єкти на дотик швидше за умови присутності властивостей, які визначають об'єкт, що повторюється (наприклад, всі об'єкти А тверді та шорсткі, в той час як всі об'єкти В м'які та гладкі). Застосовуючи такий принцип зростання повторюваності на нашому дизайні, ми вирішили поєднати дві властивості, що повторюються — кількість та просторове положення текстурних елементів — для того, щоб створити код для розрізнення купюр різного номіналу. Варто підкреслити, що слід врахувати існуючі обмеження обробки точної просторової інформації на дотик, а тому варіювали місцеположення елементів у рамках просторового масштабу зручного для руки.

Висновки

Суть цього дослідження не полягала в оцінці різних способів ручного огляду купюри. Розробляючи нашу техніку, ми не лише взяли до уваги обмеження щодо розташування тактильної інфор-



мації, але й сильні та слабкі сторони почуття дотику у зрячих людей та людей з вадами зору. Ми продовжували ітеративним шляхом вносити зміни до тактики дослідження купюри, поки не були певні, що розробили ефективний метод оцінки результатів розрізнення купюр зрячими учасниками та учасниками з вадами зору.

Отже: а) учасники з вадами зору оцінили запропоновану техніку огляду купюри як дуже зручну (4,5/5); б) швидкість та точність були дуже задовільними; в) учасникам знадобилося лише декілька хвилин, щоб вивчити цю техніку; г) ця техніка є дуже зручною з точки зору дрібної моторики, адже, коли користувач правильно розміщує купюру, він може просто рухати свої вказівний та великий пальці правої руки вниз (сила тяжіння робить цей рух дуже зручним).

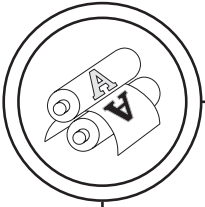
Актуальною є рекомендація розглянути можливість проведення коротких тренувань з користування технологією, яку використали канадські колеги. Користувачів потрібно ретельно навчати детально оглядати кожну банкноту, щоб запевнитися в тому, що текстурні елементи, які знаходяться ближче до центру купюри, не будуть пропущені [1, 8–10].

Результати дослідження відносяться виключно до варіантів дизайну текстурного елемента в поєднанні з особливим тактильним кодом, субстратом, процедурами друкування та штучного зношування купюр і технікою огляду купюр, що використовувалися у цьому дослідженні. Майбутні зміни можуть мати вплив на ці результати. Успішність роз-

різнювання може бути обмежена когнітивною здатністю людини та серйозними вадами шкіри (такими як периферійні невропатії, спричинені діабетом).

Базуючись на даному дослідженні та інших естетичних міркуваннях, коректно додати купюри дизайну А (діаметр крапок 0,8 мм, три ряди крапок) до нової серії купюр. При цьому досить обмежена кількість фізичних параметрів та значень, що визначали варіанти дизайну текстурного елемента дещо обмежували універсальність наших висновків. Наукові рішення обмежувалися особливостями друку купюр, їх довговічністю і естетичними міркуваннями. Проте, психофізичний аналіз показав, що в певному діапазоні значень для кожного параметра, точність розрізнення була дуже високою і не залежала від вибору. Час відповіді ж залежав від варіанта дизайну текстурного елемента: навіть незначна (з фізичної точки зору) зміна в діаметрі крапок мала дуже помітний ефект, у той час як кількість рядів та відстань між елементами не мали значущого ефекту.

Дане дослідження слугує і прикладом можливого подолання тих труднощів, з якими доводиться мати справу при розробці допоміжних засобів для людей з вадами зору, де виключно наукові методи поєднуються з практичним дослідженням. У цьому проекті ми мали справу з критично важливим питанням дизайну, які присутні в будь-якому дослідженні з розробки ефективних допоміжних засобів для людей з вадами зору. Тому ми закінчимо наш документ у вигляді висновку із трьома ключовими елементами.

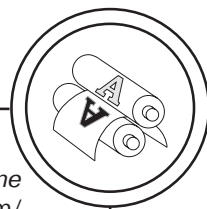


Список використаної літератури

1. Гілета І. В. Субстрактний аналіз процесу сприйняття зображень шрифту Брайля особами з порушеннями зору / І. В. Гілета, М. М. Гавенко. IX Міжнар. наук.-практ. конф. «Квалілогія книги»: тези доп. (Львів, 26 травня 2017 р.). Львів, 2017. С. 15–17.
2. Kyrychok T. Y. Optical methods of banknotes sorting for Ukrainian Hryvnia: results and problems / T. Y. Kyrychok, V. A. Baglai, A. P. Kyrychok. // Fourteenth International Conference on Correlation Optics. 2019. pp. 325–335.
3. Kyrychok A. P. Money bill technology of tactile recognition engravings for visually impaired / A. P. Kyrychok // Science and education a new dimention. 2018b. 6. pp. 33–36.
4. Standard LSTEN 15823:2010. Packaging — Braille on packaging for medicinal products. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=000000000030180500>.
5. Киричок А. П. Грошова культура населення в контексті дослідження соціальних комунікацій / А. П. Киричок, А. А. Мельниченко // Вісник Книжкової палати. 2013. № 12. С. 42–43.
6. Butler B. Yoocan 3D Brings 3D Printing and Braille Together to Streamline Communication for the Visually Impaired / B. Butler. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://3dprint.com/28765/yoocan3d-3d-printing-braille/>.
7. Klatzky Roberta L. Identifying objects by touch: An 'expert system' / Roberta L. Klatzky, Susan J. Lederman, Victoria A.. Metzger // Perception & Psychophysics. 1985. 37(4). pp. 299–302.
8. Kyrychok A. P. Money making technology for visually impaired people / A. P. Kyrychok // Science and education a new dimention. 2019. VII(26). Issue 215. pp. 57–60.
9. Kyrychok A. P. The overview of investigation in the field of banknote design for visually impaired people / A. P. Kyrychok // Eureka: physics and engineering. 2018a. 3. pp. 33–41.
10. Parametry geometryczne szczęście punkty Braille i czcionki Brajlowskiej. Dostępne pod. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://pzn.org.pl/stanowisko-polskiego-zwiazku-niewidomych-w-sprawie-napi-sow-w-brajluna-opakowani-ach-lekow/>.

References

1. Hileta, I. V. & Havenko, M. M. (2017). Substraktnyi analiz protsesu spryiniattia zobrazhen shryftu Brailia osobamy z porushenniamy zoru. *Journal of Kvalilohiia knyhy*, 15–17 [in Ukrainian].
2. Kyrychok, T. Y. & Baglai, V. A. & Kyrychok, A. P. (2019). Optical methods of banknotes sorting for Ukrainian Hryvnia: results and problems. *Journal of Fourteenth International Conference on Correlation Optics*, 325–335 [in English].
3. Kyrychok, A. P. (2018b). Money bill technology of tactile recognition engravings for visually impaired. *Journal of Science and education a new dimention*, 6, 33–36 [in English].
4. *Packaging — Braille on packaging for medicinal products* [Standard LSTEN 15823:2010]. Retrieved from <http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=000000000030180500> [in English].
5. Kyrychok, A. P. & Melnychenko, A. A. (2013). Hroshova kultura naseleennia v konteksti doslidzhennia sotsialnykh komunikatsii. *Journal of Visnyk Knyzhkovoi palaty*, 12, 42–43 [in Ukrainian].



6. Butler, B. *Yoocan 3D Brings 3D Printing and Braille Together to Streamline Communication for the Visually Impaired*. Retrieved from <http://3dprint.com/28765/yoocan3d-3d-printing-braille/> [in English].

7. Klatzky, Roberta L. & Lederman, Susan J. & Metzger, Victoria A.. (1985). Identifying objects by touch: An 'expert system'. *Journal of Perception & Psychophysics*, 37(4), 299–302 [in English].

8. Kyrychok, A. P. (2019). Money making technology for visually impaired people. *Journal of Science and education a new dimention*, VII(26), Issue 215, 57–60 [in English].

9. Kyrychok, A. P. (2018a). The overview of investigation in the field of banknote design for visually impaired people. *Journal of Eureka: physics and engineering*, 3, 33–41 [in English].

10. Parametry geometryczne szczęście punkty Braille i czcionki Brajlowskiej. Dostępne pod. Retrieved from <http://pzn.org.pl/stanowisko-polskiego-zwiazku-niewidomych-w-sprawie-napi-sow-w-brajluna-opakowaniach-lekow/> [in Polish].

Развитие современных технологий позволяет сегодня говорить о применении текстурных элементов и адаптацию тактильных кодов относительно банкнот. Цель подобных технологических новаций — совершенствование возможностей удовлетворять потребности тех людей с функциональной слепотой, которые пользуются наличным оборотом денег и сталкиваются с проблемой распознавания купюр. Были проведены статистические тесты с полученной необработанной информацией, чтобы узнать отдельно долю правильных ответов и время ответа.

Ключевые слова: дизайн; дисперсия; код; купюра; тактильность; текстура.

The development of modern technology today allows talking about the use of textural elements and the adaptation of tactile codes for banknotes. The purpose of such technological innovations is to improve the ability to meet the needs of those with functional blindness who use cash and face the problem of recognizing banknotes. Statistical tests were conducted with the raw data obtained to find out the proportion of correct answers and the response time separately. In each case, three-factor intra-subject variance analysis (ANOVA) was conducted, including 8 texture element designs (8 levels), denominations (six levels, including 'empty' banknotes) and repetitions (three levels).

Keywords: design; variance; code; banknote; tactility; texture.

Рецензент — Н. Л. Талімонова, канд. техн. наук,
доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 28.09.19