

А.І. Гуда, М.О. Березюк

## **ВЛАСТИВОСТІ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ТА ОТРИМАННЯ ДАНИХ В ТЕСТ-МЕТОДАХ ХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ**

*Анотація. Сканерна індикація аналітичного сигналу в хімічному аналізі – це об'єктивний, швидкий і автоматизований спосіб оцінки кольорових характеристик забарвлених зразків. Використання сканерної індикації при отриманні АС позбавляє від помилок, пов'язаних із суб'єктивною оцінкою та допомагає людям з вадами кольорового зору, прискорює операції збору та обробки інформації. Врахування та контроль джерела світла в скануючих системах є ключовим для забезпечення стабільності та точності отриманих зображень у різних умовах освітлення. Для отримання аналітичного сигналу першочергово необхідно обробити зображення для отримання області інтересу, який визначається методом сегментації, ручним методом та використовуючи ШІ. Аналіз отриманих значень проводиться шляхом побудови лінійної або нелінійної залежності значення кольору в обраній кольоровій моделі приведений до єдиного значення АС до концентрації.*

*Ключові слова: обробка результатів, сканер індикація, камера смартфона, експрес аналіз, аналітичний сигнал, точка інтересу, тест методи.*

### **Постановка проблеми**

Хімічний аналіз – важливе джерело інформації для оцінки стану навколишнього середовища, оцінки стану організму людини та інструмент діагностування захворювань та ін.

Використання простих, експресних і дешевих методів аналізу без спеціальних лабораторних умов і персоналу спеціальної кваліфікації, якими і є тест-методи, сприяє ефективному впровадженню відомих методик тестового аналізу для контролю хімічного складу об'єктів довкілля та для використанні в галузі охорони здоров'я.

Із поширенням цифрового фотографування, сканування та комп'ютерних технологій зображення з'явився об'єктивніший, швидший і більше автоматизований спосіб оцінки кольорових характеристик забарвлених зразків. Це позбавляє від помилок, пов'язаних із суб'єктивною оцінкою та

допомагає людям з вадами кольорового зору а також прискорює операції збору та обробки інформації.

**Мета дослідження.** Дослідження властивостей методів обробки та отримання даних в тест-методах хімічного аналізу.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

В колориметричних тест-методах аналітичний сигнал реєструється скануючим пристроєм або оком. Під час отримання зображення потрібно враховувати багато факторів, оскільки існують різні підходи до захоплення зображення в оптичному аналізаторі [1].

Світлопоглинання реєструється при розташуванні джерела світла та скануючого пристрою з протилежних боку від аналізованої речовини. Таким чином фіксується випромінення з довжиною хвиль, що не поглинулось, не розсіялось та не відбилось від зразка. Інтенсивність світла, що проходить, зменшується.

У випадку використання конфігурації вимірювання, коли опора, яка містить чутливі мембрани, є непрозорою його можна реєструвати скануючим пристроєм при відбитті світла від поверхні, на якій відбувається аналітична реакція. В такому випадку вимірюється світло що відбилось від поверхні та потрапило в об'єктив детектора.

Крім того, під час процедури отримання слід враховувати розташування елементів та параметри іміджингового пристрою, що використовується. Зазвичай в цифрових камерах або смартфонах з вбудованими камерами можна налаштувати широкий спектр параметрів, таких як баланс білого, час експозиції, діафрагма, чутливість ISO, серед інших. Щоб уникнути використання автоматичних налаштувань пристроїв, необхідно встановити оптимальну точку роботи параметрів згідно з конкретним застосуванням і налаштувати їх.

#### **Вплив умов освітлення**

Скануючі системи вимагають контрольованого джерела світла та еталону для калібрування. Дослідження показали, що джерело світла суттєво впливає на інтенсивність кольору отриманих зображень, і, отже, важливо враховувати умови освітлення або впроваджувати елементи для забезпечення стабільних результатів незалежно від умов освітлення [3].

У процедурах комп'ютерного зору та аналізу кольору використовуються різні типи джерел світла, такі як флуоресцентні лампи, світлодіоди, монітори

CRT та LCD [5]. Світлодіоди, зокрема, є популярними через свою доступність та енергоефективність.

Світлодіоди використовуються як окремі джерела світла або у комбінаціях, зокрема, білі та УФ-світлодіоди [6].

При використанні комерційних камер або телефонних камер важливо стабілізувати їх у стаціонарному положенні в умовах контрольованого освітлення [7]. Вибір кольорових світлодіодів повинен враховувати спектр поглинання чи збудження хімічних елементів для точності вимірювань [6].

Коли використовуються інші пристрої, такі як смартфони, вбудований світлодіодний спалах часто використовується як джерело світла. Важливо забезпечити стабільність світлодіода та налаштувати параметри камери для уникнення варіацій, що можуть впливати на точність вимірювань [2].

Дослідження впливу потужності спалаху, чутливості ISO та часу експозиції на систему показують, що зміни в світлових умовах призводять до варіацій у чутливості системи [11].

У смартфонах із вбудованими камерами деякі параметри не можуть бути налаштовані, тому потрібне постійне джерело світла, яке забезпечить автоматичну конфігурацію параметрів та слугуватиме посиленням для виправлення можливих варіацій. Для цього розробляють модифіковані корпуси, які приєднують до смартфонів [2].

Корпуси можуть бути додані до систем, які використовують екран смартфона як джерело світла, або включати кольорові фільтри для вилучення небажаного фонового освітлення [9]. В якості еталонів для обробки зображень використовують білий колір, кольорові таблиці, сірі картки чи області-посилання, оскільки вони мають відомі хроматичні координати, які дозволяють виправити інформацію відповідно до джерела світла [10].

Ці еталони використовуються для компенсації помилок, зумовлених змінами у світлових умовах, шляхом коригування виміряних хроматичних координат посилення в умовах експерименту зі стандартними відомими значеннями.

**Цифрова обробка даних в тест-методах хімічного аналізу.** Цифровані зображення перед обробкою зазвичай зберігають у різних форматах, таких як raw, TIFF, BMP та JPEG [1].

Обробка зображень включає операції для поліпшення якості отриманих зображень. У CVAC, коли колориметричний аналіз поєднується з іміджінговими детекторами, обробка виконується на зовнішньому комп'ютері

за допомогою програм обробки, таких як ImageJ, Adobe Photoshop, технічних платформ Matlab, Java, LabVIEW або спеціалізованого програмного забезпечення [1].

Серед технік обробки зображень, найпоширенішою у CVAC є сегментація зображень. Серед технік сегментації, піксельна сегментація, зокрема, техніка порогового відділення, є найбільш поширеною. Ця техніка визначає пікселі з певною інтенсивністю чи відтінком кольору, вищим за певний поріг, для виділення областей інтересу (ROI) [5]. Метод Оцу є одним із підходів до порогового відділення.

Техніки сегментації на основі граней використовують маски для виявлення раптових змін параметрів зображення, таких як границі чи грані, використовуючи градієнти цих параметрів. Різні методи виявлення границь включають диференційне виявлення, оператори Прюїтта та оператори Собеля [7]. Виявлення границь зазвичай проводиться на зображенні сірого відтінку, але може використовуватися координата V у просторі HSV для зменшення обчислювальних витрат.

Найпоширенішою технікою сегментації в CVAC є ручний вибір області визначення. Ручний вибір включає вибір області, яка часто є круглою чи квадратною, з урахуванням уникнення ефекту кільця кави, концентрації реагенту чи витікання. Для ручного вибору використовуються маски, отримані від віднімання тла сенсора чи розчину, і можуть бути використані для всіх зображень однієї серії для заощадження часу [8]. Вибір ROI може також враховувати розподіл кольору та колірну симетрію області визначення.

Деякі роботи використовують вказівки для визначення ROI, включаючи точне положення розміщення області інтересу в пристрої, або використання комбінації фільтрації, сегментації та визначення форми. Зазначені підходи спільно стикаються з викликами уникнення включення країв зразків у зону обробки та нерівномірного розподілу аналіту чи реакційного продукту в області виявлення. Різні рішення цих проблем включають використання полімерів для зменшення рухливості хімічних речовин та використання ліпофільних солей чи заряджених полімерів для утримання заряджених хімічних речовин [13].

### **Цифровий аналіз зображень**

Аналіз зображень використовує цифрові дані, отримані з області інтересу (ROI), для видобуття хімічної інформації: якісної та/або кількісної інформації

щодо одного чи кількох аналітів або класифікації, а також для виділення хімічних особливостей зображень.

Як тільки отримано ROI, потрібно обробити аналіз компонентів кольору ROI. Обробка полягає у видобутті колориметричної інформації для її подальшого відношення до аналіта. Як видно з літератури, для цього можна використовувати кілька аналітичних колориметричних параметрів для встановлення взаємозв'язку між аналітом та кольором.

Оскільки обробка може здійснюватися за допомогою комп'ютера, в якості інструментів можна використовувати власний програмний засіб, такий як Photoshop та Matlab, а також безкоштовне програмне забезпечення, таке як ImageJ та GIMP. Більшість цього програмного забезпечення дозволяє представляти пікселі інтенсивності за допомогою опції «гістограма», яка показує розподіл кольорових пікселів у діапазоні варіації кольорових координат, а також середні інтенсивності аналізованого зображення [1,3]. Таким чином, гістограма дозволяє користувачеві показувати та розраховувати кілька параметрів для отримання калібровочної кривої системи: середню, моду та медіану інтенсивності червоних, зелених та синіх каналів.

Використаний аналітичний параметр може бути просто середньою вартістю каналів R, G або B пікселів, що включені в ROI інформації, або виражений як ефективна поглинаність, також називається ефективною інтенсивністю (рівняння 1), де  $A_R$ ,  $A_G$  та  $A_B$  – ефективна поглинання червоного, зеленого та синього, відповідно, або як загальне поглинання  $A_T$  ( $A_R + A_G + A_B$ ) [16].  $R_S$ ,  $G_S$ ,  $B_S$  та  $R_B$ ,  $G_B$ ,  $B_B$  – це значення червоного, зеленого та синього кольорів аналізованого та холостого зразків, відповідно [17] або різниця між середніми значеннями каналів R, G або B до та після впливу аналізу [18] або відношення кольорів (CR) (рівняння 2; де нижній індекс r вказує на посилання) [19].

$$\begin{aligned} A_R &= -\log\left(\frac{R_S}{R_B}\right) \\ A_G &= -\log\left(\frac{G_S}{G_B}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} A_B &= -\log\left(\frac{B_S}{B_B}\right) \\ CR &= \frac{\frac{R_S}{R_r} + \frac{G_S}{G_r} + \frac{B_S}{B_r}}{3}, \end{aligned} \quad (2)$$

У іншій роботі хід іон-обмінного процесу обчислюється за допомогою наступного хроматичного параметра з ROI:

$$CPI = \frac{\log(G_s) - \log(G_b)}{\log(G_{max}) - \log(G_b)}, \quad (3)$$

де  $\log(G_s)$ ,  $\log(G_b)$ ,  $\log(G_{max})$  відповідають логарифму кольору  $G$  аналізованого та холостого зразків, тоді як  $G_{max}$  відповідає кольорові  $G$  останньої точки калібровочного графіка [43].

Отримане кольорове RGB-зображення іноді може бути оброблене шляхом перетворення інформації у відтінки сірого. Для виконання цього перетворення існує багато різних алгоритмів, хоча найбільш часто використовуються в колориметрії алгоритми світлості  $((\max(R, G, B) + \min(R, G, B))/2)$ , середнього  $((R+G+B)/3)$  та люміності  $(0,3R + 0,59G + 0,11B)$ . У третьому випадку коефіцієнти, застосовані до кожного каналу простору кольорів RGB, базуються на чутливості людського ока до трьох основних кольорів простору кольорів RGB. Основна мета цього полягає в аналізі зображення піксель за пікселем, враховуючи лише одне значення, а не значення, яке надається трійкою каналів RGB, спрощуючи таким чином аналіз. Зокрема, у Photoshop опція «гістограма» дозволяє представляти інформацію лише про значення відтінків сірого для роботи з єдиним параметром. Використовувалися як самі відтінки сірого, як у [13], так і їхнє обернене значення як аналітичний параметр [12]. У сканометричних аналізах, наприклад в біоаналізах на основі чіпів, звичайною мірою кількості є оптичне співвідношення темряви (ODR), визначене рівнянням 4, де  $I_b$  та  $I_s$  – це значення відтінків сірого фону та сигналу відповідно [109].

$$ODR = \frac{(I_b - I_s)}{I_b}, \quad (4)$$

Однак Мурдок та інші. показують, що при використанні одного й того ж зображення для обох аналізів (RGB або відтінки сірого) чутливість та роздільна здатність системи з останнім менші [15]. Різницеві карти між кольоровою інформацією до та після впливу аналізу можна використовувати як аналітичний параметр. За допомогою цього методу будь-які відмінності в друку видаляються, оскільки відмінності кольорів є лише слабкою функцією варіації концентрації барвника чи інтенсивності плями від масиву до масиву [20]. Як було вказано раніше, для усереднення інформації про кольори піксель за пікселем використовується лише зменшений відсоток від центру кожної плями. Загальна техніка в більшості робіт, що використовують різницеві карти, полягає в розширенні гістограми різниці від отриманого діапазону до 0-255 для отримання більш ефективної візуалізації [14].

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

Врахування та контроль джерела світла в скануючих системах є ключовим для забезпечення стабільності та точності отриманих зображень у різних умовах освітлення. Для отримання аналітичного сигналу першочергово необхідно обробити зображення для отримання області інтересу, який визначається методом сегментації, ручним методом та використовуючи ШІ. Аналіз отриманих значень проводиться шляхом побудови лінійної або нелінійної залежності значення кольору в обраній кольоровій моделі приведений до єдиного значення АС до концентрації. Більшість існуючих системи для сканерної детекції аналітичного сигналу в тест-методах аналізу вимагають залучення людини до отримання та інтерпретації результату, що обмежує сфери використання цих методів індикації аналітичного сигналу. Подальші дослідження націлене на створення надійного методу отримання АС за допомогою камери смартфона на базі ШІ, що дозволяє автоматизувати отримання, обробку та покращити відтворюваність результатів у хімічних тест-аналізах.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. L.F. Capitán-Vallvey, N. López-Ruiz, A. Martínez-Olmos, M.M. Erenas, A.J. Palma, Recent Developments in Computer Vision-Based Analytical Chemistry: A Tutorial Review, *Analytica Chimica Acta* (2015), doi: 10.1016/j.aca.2015.10.009.
2. V. Oncescu, D. O'Dell, D. Erickson, Smartphone based health accessory for colorimetric detection of biomarkers in sweat and saliva, *Lab Chip* 13 (2013) 3232-38.
3. C.A. Chaplan, H.T. Mitchell, A.W. Martinez, Paper-based standard addition assays, *Anal. Methods* 6 (2014) 1296-300.
4. Z. Iqbal, R.B. Bjorklund, Colorimetric analysis of water and sand samples performed on a mobile phone, *Talanta* 84 (2011) 1118-23.
5. K. Cantrell, M.M. Erenas, I. Orbe-Paya, L.F. Capitan-Vallvey, Use of the Hue Parameter of the Hue, Saturation, Value Color Space as a Quantitative Analytical Parameter for Bitonal Optical Sensors, *Anal. Chem.* 82 (2010) 531-42
6. Q. Wei, R. Nagi, K. Sadeghi, S. Feng, E. Yan, S.J. Ki, R. Caire, D. Tseng, A. Ozcan, Detection and Spatial Mapping of Mercury Contamination in Water Samples Using a Smart-Phone, *ACS Nano* 8 (2014) 1121-29.
7. A. Garcia, M.M. Erenas, E.D. Marinetto, C.A. Abad, I. de Orbe-Paya, A.J. Palma, L.F. Capitan-Vallvey, Mobile phone platform as portable chemical analyzer, *Sens. Actuators B* 156 (2011) 350-59.

8. M. Ariza-Avidad, A. Salinas-Castillo, M.P. Cuellar, M. Agudo-Acemel, M.C. Pegalajar, L.F. Capitan-Vallvey, Printed Disposable Colorimetric Array for Metal Ion Discrimination, *Anal.Chem.* 86 (2014) 8634-41.
9. D. Lee, W.P. Chou, S.H. Yeh, P.J. Chen, P.H. Chen, DNA detection using commercial mobile phones, *Biosens.Bioelectron.* 26 (2011) 4349-54.
10. V.F. Curto, C. Fay, S. Coyle, R. Byrne, M. O'Toole, C. Barry, S. Hughes, N. Moyna, D. Diamond, F. Benito-Lopez, Real-time sweat pH monitoring based on a wearable chemical barcode micro-fluidic platform incorporating ionic liquids, *Sens.Actuators B* 171-172 (2012) 1327-34.
11. V.V. Apyari, S.G. Dmitrienko, Using a digital camera and computer data processing for the determination of organic substances with diazotized polyurethane foams, *J.Anal.Chem.* 63 (2008) 530-37.
12. S.V. Bannur, S.V. Kulgod, S.S. Metkar, S.K. Mahajan, J.K. Sainis, Protein Determination by Ponceau S Using Digital Color Image Analysis of Protein Spots on Nitrocellulose Membranes, *Anal.Biochem.* 267 (1999) 382-89.
13. M.M. Mentele, J. Cunningham, K. Koehler, J. Volckens, C.S. Henry, Microfluidic Paper-Based Analytical Device for Particulate Metals, *Anal.Chem.* 84 (2012) 4474-80.
14. T. Soga, Y. Jimbo, K. Suzuki, D. Citterio, Inkjet-Printed Paper-Based Colorimetric Sensor Array for the Discrimination of Volatile Primary Amines, *Anal.Chem.* 85 (2013) 8973-78.
15. R.C. Murdock, L. Shen, D.K. Griffin, N. Kelley-Loughnane, I. Papautsky, J.A. Hagen, Optimization of a Paper-Based ELISA for a Human Performance Biomarker, *Anal.Chem.* 85 (2013) 11634-42.
16. A. Choodum, N. Nic Daeid, Rapid and semi-quantitative presumptive tests for opiate drugs, *Talanta* 86 (2011) 284-92.
17. A. Abbaspour, A. Khajehzadeh, A. Noori, A simple and selective sensor for the determination of ascorbic acid in vitamin C tablets based on paptode, *Anal.Sci.* 24 (2008) 721-25.
18. F.G. Souza, Jr., G.E. Oliveira, T. Anzai, P. Richa, T. Cosme, M. Nele, C.H.M. Rodrigues, B.G. Soares, J.C. Pinto, A Sensor for Acid Concentration Based on Cellulose Paper Sheets Modified with Polyaniline Nanoparticles, *Macromol.Mater.Eng.* 294 (2009) 739-48.
19. S. Sumriddetchkajorn, K. Chaitavon, Y. Intaravanne, Mobile device based self-referencing colorimeter for monitoring chlorine concentration in water, *Sens.Actuators B* 182 (2013) 592-97.



20. C. Zhang, K.S. Suslick, Colorimetric Sensor Array for Soft Drink Analysis, *J.Agric.Food Chem.* 55 (2007) 237-42.

#### REFERENCES

1. L.F. Capitán-Vallvey, N. López-Ruiz, A. Martínez-Olmos, M.M. Erenas, A.J. Palma, Recent Developments in Computer Vision-Based Analytical Chemistry: A Tutorial Review, *Analytica Chimica Acta* (2015), doi: 10.1016/j.aca.2015.10.009.
2. V. Oncescu, D. O'Dell, D. Erickson, Smartphone based health accessory for colorimetric detection of biomarkers in sweat and saliva, *Lab Chip* 13 (2013) 3232-38.
3. C.A. Chaplan, H.T. Mitchell, A.W. Martinez, Paper-based standard addition assays, *Anal.Methods* 6 (2014) 1296-300.
4. Z. Iqbal, R.B. Bjorklund, Colorimetric analysis of water and sand samples performed on a mobile phone, *Talanta* 84 (2011) 1118-23.
5. K. Cantrell, M.M. Erenas, I. Orbe-Paya, L.F. Capitan-Vallvey, Use of the Hue Parameter of the Hue, Saturation, Value Color Space as a Quantitative Analytical Parameter for Bitonal Optical Sensors, *Anal.Chem.* 82 (2010) 531-42
6. Q. Wei, R. Nagi, K. Sadeghi, S. Feng, E. Yan, S.J. Ki, R. Caire, D. Tseng, A. Ozcan, Detection and Spatial Mapping of Mercury Contamination in Water Samples Using a Smart-Phone, *ACS Nano* 8 (2014) 1121-29.
7. A. Garcia, M.M. Erenas, E.D. Marinetto, C.A. Abad, I. de Orbe-Paya, A.J. Palma, L.F. Capitan-Vallvey, Mobile phone platform as portable chemical analyzer, *Sens.Actuators B* 156 (2011) 350-59.
8. M. Ariza-Avidad, A. Salinas-Castillo, M.P. Cuellar, M. Agudo-Acemel, M.C. Pegalajar, L.F. Capitan-Vallvey, Printed Disposable Colorimetric Array for Metal Ion Discrimination, *Anal.Chem.* 86 (2014) 8634-41.
9. D. Lee, W.P. Chou, S.H. Yeh, P.J. Chen, P.H. Chen, DNA detection using commercial mobile phones, *Biosens.Bioelectron.* 26 (2011) 4349-54.
10. V.F. Curto, C. Fay, S. Coyle, R. Byrne, M. O'Toole, C. Barry, S. Hughes, N. Moyna, D. Diamond, F. Benito-Lopez, Real-time sweat pH monitoring based on a wearable chemical barcode micro-fluidic platform incorporating ionic liquids, *Sens.Actuators B* 171-172 (2012) 1327-34.
11. V.V. Apyari, S.G. Dmitrienko, Using a digital camera and computer data processing for the determination of organic substances with diazotized polyurethane foams, *J.Anal.Chem.* 63 (2008) 530-37.

12. S.V. Bannur, S.V. Kulgod, S.S. Metkar, S.K. Mahajan, J.K. Sainis, Protein Determination by Ponceau S Using Digital Color Image Analysis of Protein Spots on Nitrocellulose Membranes, *Anal.Biochem.* 267 (1999) 382-89.
13. M.M. Mentele, J. Cunningham, K. Koehler, J. Volckens, C.S. Henry, Microfluidic Paper-Based Analytical Device for Particulate Metals, *Anal.Chem.* 84 (2012) 4474-80.
14. T. Soga, Y. Jimbo, K. Suzuki, D. Citterio, Inkjet-Printed Paper-Based Colorimetric Sensor Array for the Discrimination of Volatile Primary Amines, *Anal.Chem.* 85 (2013) 8973-78.
15. R.C. Murdock, L. Shen, D.K. Griffin, N. Kelley-Loughnane, I. Papautsky, J.A. Hagen, Optimization of a Paper-Based ELISA for a Human Performance Biomarker, *Anal.Chem.* 85 (2013) 11634-42.
16. A. Choodum, N. Nic Daeid, Rapid and semi-quantitative presumptive tests for opiate drugs, *Talanta* 86 (2011) 284-92.
17. A. Abbaspour, A. Khajehzadeh, A. Noori, A simple and selective sensor for the determination of ascorbic acid in vitamin C tablets based on paptode, *Anal.Sci.* 24 (2008) 721-25.
18. F.G. Souza, Jr., G.E. Oliveira, T. Anzai, P. Richa, T. Cosme, M. Nele, C.H.M. Rodrigues, B.G. Soares, J.C. Pinto, A Sensor for Acid Concentration Based on Cellulose Paper Sheets Modified with Polyaniline Nanoparticles, *Macromol.Mater.Eng.* 294 (2009) 739-48.
19. S. Sumriddetchkajorn, K. Chaitavon, Y. Intaravanne, Mobile device based self-referencing colorimeter for monitoring chlorine concentration in water, *Sens.Actuators B* 182 (2013) 592-97.
20. C. Zhang, K.S. Suslick, Colorimetric Sensor Array for Soft Drink Analysis, *J.Agric.Food Chem.* 55 (2007) 237-42.

Received 04.12.2023.

Accepted 08.12.2023.

***Properties of processing and data acquisition methods  
in test methods of chemical analysis***

*Chemical analysis is a crucial source of information for assessing the state of the environment, evaluating the human body condition, and serving as a diagnostic tool for detecting diseases and more. The use of simple, rapid, and cost-effective analysis methods without the need for specialized laboratory conditions and personnel with specific qualifications, such as test methods, contributes to the effective implementation of well-known techniques for analyzing the chemical composition of environmental objects and for use in the field of healthcare.*

*Scanner indication of the analytical signal in chemical analysis is an objective, fast, and automated method for assessing the color characteristics of colored samples. The use of scanner indication in obtaining the analytical signal eliminates errors associated with subjective evaluation and assists individuals with color vision impairments, speeding up data collection and processing operations.*

*Considering and controlling the light source in scanning systems is crucial to ensuring the stability and accuracy of obtained images under different lighting conditions. To obtain the analytical signal, it is primarily necessary to process the image to obtain the region of interest, which is determined by segmentation, manual methods, and using image processing techniques. The analysis of obtained values is carried out by constructing a linear or nonlinear relationship of color values in the selected color model converted to a single value of the analytical signal to concentration.*

*Most existing systems for scanner detection of the analytical signal in analytical test methods require human involvement in obtaining and interpreting results, limiting the application areas of these methods of analytical signal indication. Further research is focused on creating a reliable method for obtaining the analytical signal using a smartphone camera based on image processing techniques, allowing for the automation of obtaining, processing, and improving the reproducibility of results in chemical test analyses.*

*Keywords: data processing, scanner indication, smartphone camera, express analysis, analytical signal, point of interest, test methods.*

**Гуда Антон Ігоревич** – д.т.н., професор, каф. «Комп’ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, УДУНТ.

**Березюк Микита Олександрович** – аспірант, каф. «Комп’ютерні інформаційні технології», Український державний університет науки і технологій, УДУНТ.

**Guda Anton** – professor, dep. “Computer and Information Technology”, Ukrainian State University of Science and Technology, USUST.

**Bereziuk Mykyta** – post-graduate student, dep. “Computer and Information Technology”, Ukrainian State University of Science and Technology, USUST.