

Глухова Н.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОПРАЦЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ У ВИГЛЯДІ ЗОБРАЖЕНЬ, ОТРИМАНИХ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

У статті виконаний огляд сучасних підходів щодо обробки і аналізу зображень, які реєструються та підлягають опрацюванню в ході вимірювальної процедури. Виділено основні етапи обробки і аналізу зображень, які можуть включати процедури попередньої обробки зображень, визначення їх значущих характеристик.

Широкий спектр існуючих методів обробки зображень обумовлює необхідність формування певної методології для аналізу зображень з урахуванням мети досліджень таким чином, щоб це вирішувало завдання раціонального вибору набору методів, які у підсумку забезпечують виділення кількісних ознак зображень і виступають характеристиками об'єкта досліджень, що корелюють з поставленою метою.

Оскільки інформаційно-вимірювальна технологія, складовою частиною якої виступає автоматизована комп'ютерна обробка зображень, повинна забезпечувати розв'язок завдання виділення інформаційних ознак з візуальних даних у відповідності до поставленої мети, то обрані методи обробки зображень повинні охоплювати різні стадії реєстрації і аналізу зображень таким чином, щоб забезпечувалась можливість вибору параметрів реєструючої апаратури для отримання належної якості зображень.

У роботі запропоновано основні етапи та відповідні методи обробки зображень при застосуванні методу газорозрядного випромінювання для дослідження властивостей води та водних розчинів. Метод газорозрядного випромінювання базується на активному впливі зовнішнього імпульсного електромагнітного поля на зразок досліджуваної рідини, тому вибір параметрів реєструючої апаратури при формуванні електромагнітного поля впливає на геометричні та фотометричні характеристики зображень. Метод обробки зображень на базі побудови гістограм забезпечує виділення фотометричних характеристик зображення і може застосовуватись при кількісному аналізі інтенсивності газорозрядного випромінювання, яка варіюється у залежності від встановлених параметрів імпульсного електромагнітного поля.

У роботі запропонований метод кількісного аналізу параметрів гістограм зображень газорозрядного випромінювання, який забезпечує вибір оптимальних параметрів реєструючої апаратури.

Ключові слова: обробка зображень, інформаційно-вимірювальна технологія, методологія наукових досліджень, газорозрядне випромінювання.

Постановка проблеми. Методи вимірювань та експериментальних досліджень, які засновані на реєстрації та обробці зображень, на сьогоднішній день є дуже розповсюдженими у різних галузях науки і техніки та мають суттєві перспективи подальшого розвитку, оскільки здатні забезпечити отримання вимірювальної інформації як у якісній, так і у кількісній формі, а також сприяють можливостям всебічного інтегрального вивчення властивостей багатьох об'єктів досліджень.

У галузі автоматизації та інформаційно-вимірювальних технологій на практиці переважно застосовуються методи вимірювань, які забезпечують отримання результатів вимірювань

у вигляді кількісних оцінок окремих параметрів, які характеризують певний об'єкт, процес або явище. Широке практичне впровадження методів вимірювань, які передбачають реєстрацію і аналіз зображень, довгий час гальмувалось обмеженими можливостями інформаційно-вимірювальних технологій, пов'язаних з необхідністю реєстрації, зберігання, передачі та обробки великих обсягів даних у вигляді візуальної інформації. Методи вимірювань з реєстрацією зображень, як правило, застосовувались лише у вузьких специфічних галузях, наприклад, технічна діагностика або медична діагностика на базі отримання зображень на рентгенівській плівці.

В останні роки проблеми зберігання, передачі та обробки великих обсягів вимірювальної інформації у вигляді зображень фактично зникли за рахунок усунення відповідних технічних обмежень. Тому актуальним виявляється наукове завдання систематизації існуючих розробок у сфері удосконалення методології автоматизованої обробки результатів експериментальних досліджень, зареєстрованих у вигляді зображень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день відомий широкий спектр методів обробки і аналізу зображень, але завдання обґрунтованого вибору певної методології для розв'язку конкретного питання наукових досліджень виявляється нетривіальним завданням, оскільки залежить не тільки від особливостей експериментальних даних у вигляді зображень, але й визначається метою досліджень.

На сучасному етапі розвитку інформаційно-вимірювальних технологій методи вимірювань та контролю стану об'єктів впроваджуються у різних сферах наукової діяльності, виробництва, екології та медицини. Це пов'язано не тільки з постійно зростаючими технічними можливостями, але й одночасно з розвитком математичних методів, засобів штучного інтелекту в галузі обробки зображень.

При цьому, на підставі вивчення літературних джерел, можна виділити різні напрямки теоретичних досліджень щодо удосконалення методів реєстрації, обробки і аналізу зображень. Зокрема, доцільно звернути увагу на відмінність тлумачення понять «обробка зображень» і «аналіз зображень».

Під процедурою обробки зображень розуміють метод або сукупність методів, які призначені для перетворення первинних зареєстрованих зображень і передбачають обробку для реалізації конкретної мети модифікації зареєстрованого зображення [1]. Під процедурою аналізу зображень розуміється «витяг значущої інформації з зображень» [2]. При цьому, з метою здійснення аналізу зображень можуть застосовуватись різні методи обробки зображень або їх сполучення.

Таким чином, аналізуючи значущі для практичного впровадження відмінності між цими термінами, можна відзначити, що процедура аналізу зображень є більш складною, оскільки вимагає не тільки застосування методів обробки зображень, наприклад бінаризації або видалення шумів, але й чіткого формулювання мети аналізу зображень, визначення які саме дані, що містяться у зображенні є значущими з точки зору реалізації кон-

кретної процедури вимірювань або контролю характеристик об'єкту досліджень. Останнє як раз підкреслює нетривіальність розв'язку завдання аналізу зображень з наукової точки зору, що для складних об'єктів досліджень може передбачати багатоступінчасту процедуру щодо достовірного визначення значущих параметрів зображень для даної мети досліджень.

Якщо проаналізувати існуючі теоретичні та прикладні дослідження в галузях обробки і аналізу зображень, то стає зрозумілим, що визначення певних універсальних підходів щодо аналізу зображень є складним питанням з огляду на дуже широкий спектр завдань і різноманітну специфіку цілей аналізу зображень в різних галузях. Одночасно з тим, особливості об'єктів досліджень та специфіка цілей аналізу зображень обумовлює різноманітність методів обробки зображень.

З іншого боку, слід відзначити, що є і певні загальні методи обробки зображень, які використовуються при вирішенні типових завдань у різних галузях. Насамперед це стосується так званого «первинного» етапу обробки зображень, коли загальне завдання на цьому етапі формулюється як покращення зображень (наприклад, видалення шумів, пов'язаних з недосконалістю технічних засобів для реєстрації зображень тощо). На цьому першому етапі часто застосовується підхід, заснований на використанні гістограми зображення [3-6]. У залежності від мети досліджень застосовуються також інші підходи, наприклад текстурний аналіз [7-8], методи штучного інтелекту [9-12] тощо.

Постановка завдання. На підставі вивчення існуючих наукових результатів щодо обробки і аналізу зображень сформульовано завдання формування основних напрямків щодо визначення методології автоматизованої обробки експериментальних даних у вигляді зображень, отриманих при дослідженні властивостей води та водних розчинів.

Виклад основного матеріалу. При виділенні значущих параметрів зображень необхідний детальний аналіз об'єкту досліджень (наприклад, його фізико-хімічних властивостей); вивчення умов проведення процедури реєстрації зображень (наприклад, дослідження можливого впливу на характеристики зображення умов проведення вимірювального експерименту з фіксацією зображення); врахування додаткових факторів, які могли виникнути під час передачі, зберігання, перетворення зображень і які потенційно можуть впливати на його характеристики.

Конкретний перелік методів обробки зображень, які доцільно включити до методології аналізу зображень, залежать також від рівня розв'язку завдання, а саме від етапів реалізації процедури вимірювань. Якщо аналізу підлягають зареєстровані зображення, то процедура, як правило включає основні два етапи: 1) покращення зображень; 2) вилучення з зображень значень певних параметрів у кількісній формі на підставі застосування одного або декількох методів обробки зображень.

Якщо у ході вимірювального експерименту є можливість втручатись у саму процедуру реєстрації зображень, тоді загальна методологія повинна включати також способи покращення зображень не тільки при їх обробці, але і при реєстрації, тобто на апаратному рівні. Відомим прикладом може бути вибір відповідного типу та параметрів освітлення. Але у залежності від способу реєстрації зображень можуть бути і більш складні випадки, коли на якість зображень впливає складна процедура їх реєстрації, що передбачає вибір методів регулювання параметрів реєструючої апаратури в ході вимірювального експерименту.

При дослідженні властивостей води та водних розчинів використовувався прилад для реєстрації газорозрядного світіння [13, 14]. Метод

дослідження передбачає оптичну реєстрацію зображення, яке являє собою картину формування газових розрядів навколо зразка рідини, що з'являються в результаті проведення активного вимірювального експерименту при впливі імпульсного електромагнітного поля. В результаті проведених досліджень було встановлено, що на якість та інформативність отриманих у такий спосіб зображень впливає вибір параметрів реєструючої апаратури.

При застосуванні аналогової форми реєстрації зображень на рентгенівській плівці з метою визначення параметрів пристрою для отримання зображень газорозрядного випромінювання використовувалась побудова однієї гістограми для піктонового зображення на рентгенівській плівці. Вибір параметрів пристрою реєстрації здійснювався на підставі аналізу ширини гістограми піктонового зображення [14].

При використанні цифрової реєстрації зображень результатом є кольорове зображення, для якого будується три гістограми відповідно для трьох кольорів: червоний, зелений, синій (рис. 1-3).

Як видно з аналізу рис. 1-3, побудованих для різних рівнів інтенсивності газорозрядного випромінювання, підставою для визначення оптимальної інтенсивності газорозрядного випромінювання,

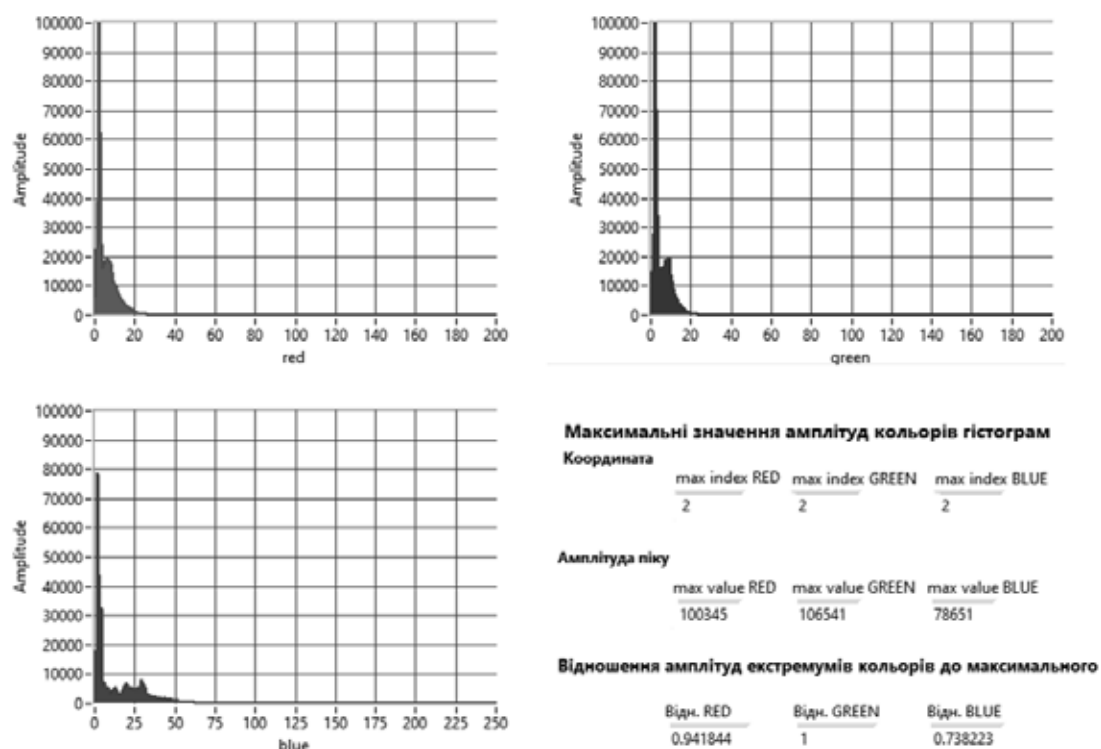


Рис. 1. Гістограми та їх параметри для зображення формування газових розрядів навколо зразка рідини з низькою інтенсивністю газорозрядного випромінювання

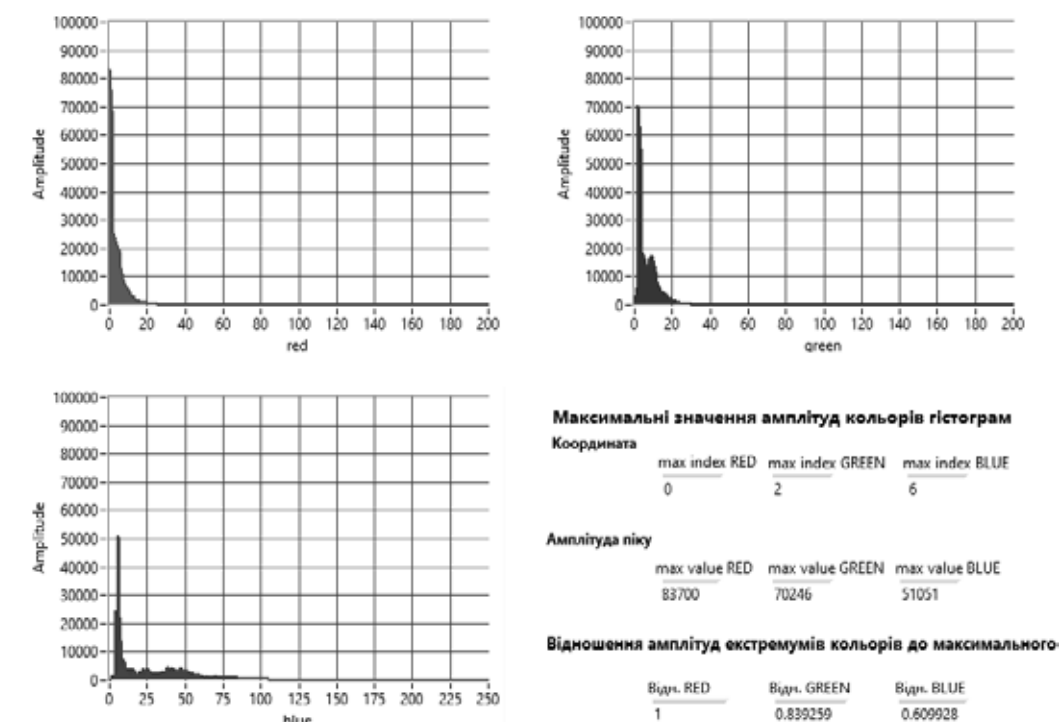


Рис. 2. Гістограми та їх параметри для зображення формування газових розрядів навколо зразка рідини з середньою інтенсивністю газорозрядного випромінювання

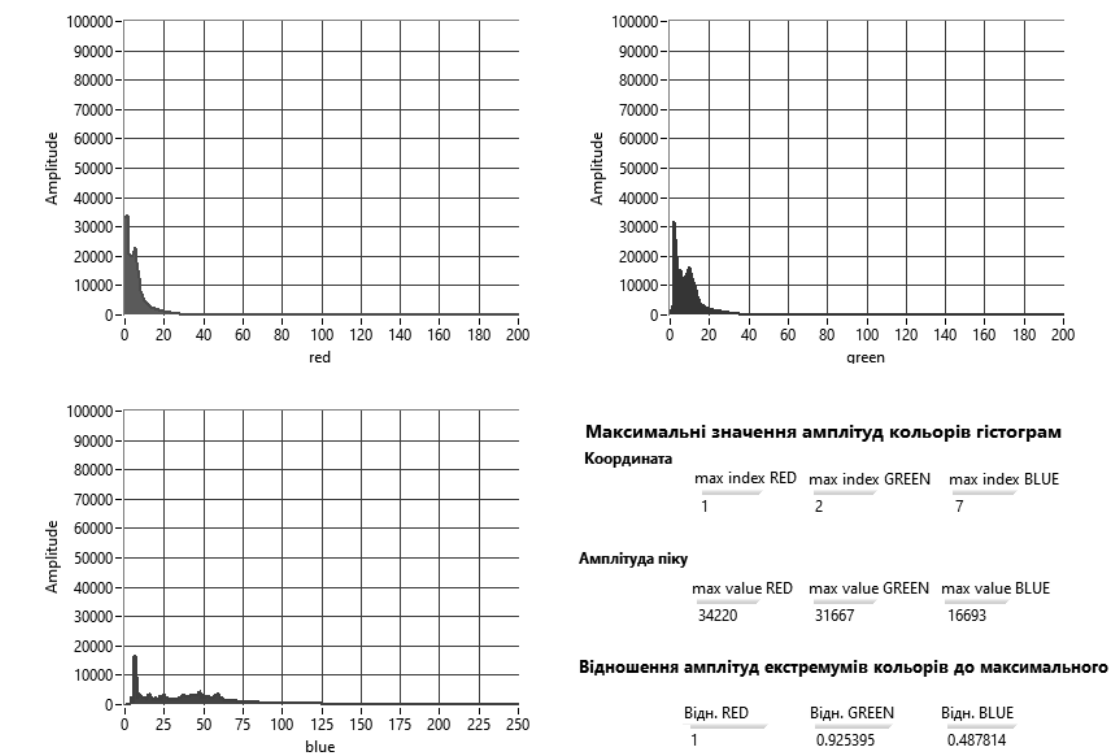


Рис. 3. Гістограми та їх параметри для зображення формування газових розрядів навколо зразка рідини з високою інтенсивністю газорозрядного випромінювання

може слугувати не тільки ширина гістограми, але й амплітуди піків для кольорів розкладання: при збільшенні інтенсивності газорозрядного випромінювання відбувається зменшення амплітуд екстремумів огинаючих гістограм.

На підставі експериментальних досліджень різних зразків розчинів рідини було сформовано рекомендації щодо вибору оптимальних режимів пристрою для реєстрації цифрових зображень газорозрядного випромінювання на підставі визначення кількісних характеристик для екстремумів гістограм. При реалізації експериментальних досліджень рекомендовано обирати параметри реєструючої апаратури, які забезпечують формування зображень з середньою або високою інтенсивністю газорозрядного випромінювання, оскільки низький рівень газорозрядного випромінювання не дозволяє виконувати подальший аналіз зображень з виділенням значущих параметрів, які характеризують фізико-хімічні та біологічні властивості водного розчину. Необхідність раціонального вибору параметрів реєструючої апаратури обумовлена особливостями формування газових розрядів [15].

Таким чином, методологія автоматизованого опрацювання експериментальних даних у вигляді зображень, отриманих при дослідженні властивостей водних розчинів, обов'язково повинна включати етап вибору параметрів реєструючої апаратури.

Подальші складові методології опрацювання експериментальних даних у вигляді зображень залежать від конкретизованої мети досліджень. При цьому слід мати на увазі, що метод газорозрядного випромінювання має порівняльний характер і вимагає залучення в ході експериментальних досліджень зразків рідини з відомими параметрами, наприклад, дистильованої води.

Подальші кроки аналізу зображень можуть включати кількісну оцінку окремих параметрів

газорозрядних зображень водних розчинів, процедуру класифікації зображень тощо. Наприклад, для класифікації зображень газорозрядного випромінювання може застосовувати метод класифікації, заснований на побудові гістограм [16].

Висновки. В роботі представлено результати розробки методології автоматизованого опрацювання експериментальних даних у вигляді зображень, отриманих при дослідженні властивостей води та водних розчинів. З метою виконання досліджень властивостей водних розчинів застосовується метод газорозрядного випромінювання, який відноситься до групи методів активного вимірювального експерименту. Вимірювальна процедура з отриманням зображень реалізується за допомогою аналогових або цифрових реєструючих пристроїв.

Експериментальні дослідження як аналогової, так і цифрової форм реєстрації зображень свідчать про суттєвий вплив встановлених параметрів апаратури на якість отриманих зображень, оскільки картина формування газових розрядів навколо досліджуваного зразка рідини безпосередньо залежить від параметрів імпульсного електромагнітного поля, яке виконує активний вплив на досліджуваний зразок.

Для можливості вибору раціональних параметрів цифрової реєструючої апаратури було запропоновано включити до основних етапів обробки зображень процедуру визначення інтенсивності газорозрядного випромінювання на базі побудови гістограм зображень та обчислення кількісних значень амплітуд її екстремумів. Оскільки з метрологічної точки зору метод газорозрядного випромінювання має порівняльний характер, то необхідно зберігати встановлені параметри реєструючої апаратури незмінними в ході проведення вимірювальної процедури при реєстрації серії зображень, які на наступних етапах передбачають порівняльний аналіз і класифікацію.

Список літератури:

1. Huang Y. Overview of research progress of digital image processing technology. *In Journal of Physics: Conference Series*. 2022. December. Vol. 2386. N. 1, P. 012034. IOP Publishing. doi:10.1088/1742-6596/2386/1/012034.
2. Solomon, C.J., Breckon, T.P. *Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in Matlab*. Wiley-Blackwell. 2010. doi:10.1002/9780470689776.
3. Kaur S., Kumar P. Study on various techniques of image enhancement. *International Journal of Computer Applications*. 2017. Vol. 158. N. 10, pp. 11-13. <https://www.ijcaonline.org/archives/volume158/number10/kaur-2017-ijca-912819.pdf>.
4. Li Chong-Yi, et al. Underwater image enhancement by dehazing with minimum information loss and histogram distribution prior. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2016. 25 (12). pp. 5664-5677.
5. Wei, W., Xu, X., Hu, G., Shao, Y., & Wang, Q. Deep Learning and Histogram-Based Grain Size Analysis of Images. *Sensors*. 2024. 24(15), 4923. <https://doi.org/10.3390/s24154923>.

6. Burger Wilhelm, Burge Mark J. Histograms and image statistics. In: Digital image processing: An algorithmic introduction. Cham: Springer International Publishing. 2022. p. 29-48.
7. Dhabliya Dharmesh, et al. A Comparative Analysis of Texture Analysis Methods for Image Retrieval. In: 2024 15th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies (ICCCNT). IEEE. 2024, p. 1-5.
8. Vilmun B. M., Napolitano G., Lauritzen A., Lynge E., Lillholm M., Nielsen M. B., Vejborg I. Clinical Significance of Combined Density and Deep-Learning-Based Texture Analysis for Stratifying the Risk of Short-Term and Long-Term Breast Cancer in Screening. *Diagnostics*. 2024. 14(16), 1823.
9. Nain V., Shyam H. S., Kumar N., Tripathi P., Rai M. A study on object detection using artificial intelligence and image processing-based methods. *Mathematical Models Using Artificial Intelligence for Surveillance Systems*. 2024, pp.121-148.
10. Rudnicka Z., Szczepanski J., Pregowska A. Artificial Intelligence-Based Algorithms in Medical Image Scan Segmentation and Intelligent Visual Content Generation—A Concise Overview. *Electronics*. 2024. N. 13(4), 746.
11. Vitali C., Peters R. J., Janssen H. G., Undas A. K., Munniks S., Ruggeri F. S., Nielen M. W. Quantitative image analysis of microplastics in bottled water using artificial intelligence. *Talanta*, 2024. N. 266, 124965. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124965>.
12. Albano Domenico, et al. Artificial intelligence for radiographic imaging detection of caries lesions: a systematic review. *BMC Oral Health*. 2024. 24(1). 274.
13. Пісоцька Л.А., Чурилов В.В., Мінцер О.П., Глухова Н.В., Гулевська Г.І. Апаратно-програмний комплекс дослідження якості рідиннофазних об'єктів. Пат. на корисну модель № 151195 Україна. Заявлено 28/12/2021; опубл. 15/06/2022, Бюл. № 24, 4 с.
14. Пісоцька Л.А., Чурилов В.В., Глухова Н.В., Гулевська Г.І., Ігнатів І.І. Пристрій для реєстрації газорозрядного світіння різноманітних об'єктів «РГС-1». Пат. на корисну модель № 153884 Україна. Заявлено 18/01/2023; опубл. 13/09/2023, Бюл. № 37, 5 с.
15. Глухова Н.В. Комп'ютерно-інтегрована технологія дослідження процесів емісії носіїв заряду з поверхні рідиннофазного об'єкту // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – Том 34 (73). – № 5. – 2023. – С. 122-127. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.5/20>
16. Glukhova N., Pesotskaya L., Krachunov H. Development of a methodology for processing experimental studies of liquid-phase objects. *Grundlagen der modernen wissenschaftlichen Forschung: der Sammlungwissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der VI Internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz*, Zürich, 24. Mai, 2024. Zürich-Vinnytsia: BOLESWA Publishers & UKRLOGOS Group LLC. P.156-158.

Glukhova N.V. DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR AUTOMATED PROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA IN THE FORM OF IMAGES OBTAINED DURING THE STUDY OF THE PROPERTIES OF AQUEOUS SOLUTIONS

The article reviews modern approaches to the processing and analysis of images that are registered and subject to processing during the measurement procedure. The main stages of image processing and analysis are highlighted, which may include procedures for pre-processing images, determining their significant characteristics.

A wide range of existing image processing methods necessitates the formation of a certain methodology for image analysis taking into account the purpose of the research in such a way that it solves the problem of rational selection of a set of methods that ultimately provide for the selection of quantitative features of images and act as characteristics of the object of research that correlate with the set goal.

Since information and measurement technology, an integral part of which is automated computer image processing, must provide a solution to the problem of selecting informative features from visual data in accordance with the set goal, the selected image processing methods must cover different stages of image registration and analysis in such a way that it is possible to choose the parameters of the recording equipment to obtain proper image quality.

The paper proposes the main stages and corresponding methods of image processing when using the gas-discharge radiation method to study the properties of water and aqueous solutions. The gas-discharge radiation method is based on the active influence of an external pulsed electromagnetic field on a sample of the liquid under study, therefore, the choice of recording equipment parameters when forming the electromagnetic field affects the geometric and photometric characteristics of images. The image processing method based on histogram construction provides the selection of photometric characteristics of the image and can be used

in the quantitative analysis of the intensity of gas-discharge radiation, which varies depending on the set parameters of the pulsed electromagnetic field.

The paper proposes a method for quantitative analysis of the parameters of histograms of gas-discharge radiation images, which provides the selection of optimal parameters of the recording equipment.

Key words: *image processing, information and measuring technology, scientific research methodology, gas-discharge radiation.*