

Перспективи використання штучних нейронних мереж в системах ультразвукового вимірювання рівня рідин

Вимірювання рівня рідин у закритих ємностях відіграє критичну роль на підприємствах різних галузей промисловості, таких як паливно-енергетична, хімічна, автомобільна, харчова, комунальне господарство та інші. Цей процес є невід'ємною частиною керування технологічними процесами, оскільки точність та надійність вимірювань безпосередньо впливають на безпеку, ефективність і якість виробництва. У зв'язку з високим попитом, сьогодні на ринку представлена широка гама датчиків і вимірювальних систем, які дозволяють точно визначати рівні рідин.

Однак, не всі сценарії вимірювань однаково прості або безпечні. Часто на виробництвах доводиться мати справу з рідинами, які зберігаються при високих або низьких температурах, під тиском, або є агресивними. До того ж, існують субстанції, контакт з якими з зовнішнім середовищем може бути небажаним чи навіть неприйнятним через можливість забруднення чи інші ризики. Ці умови значно обмежують вибір доступних технологій і вимагають від інженерів вибирати вимірювальне обладнання, яке не тільки точно вимірює, але й гарантує безпеку процесу.

Таким чином, вибір засобів для вимірювання рівня рідин вимагає детального аналізу специфічних умов роботи та потенційних ризиків, щоб забезпечити не тільки технічну точність, але й високий рівень безпеки на виробництві.

Ультразвукові датчики займають особливе місце серед різноманітних типів сенсорів, які знаходять широке застосування у багатьох сферах, особливо коли застосування інших видів датчиків є неможливим чи неефективним [1]. Ці датчики використовують принцип ультразвукової локації для визначення відстані до поверхні рідин у ємностях. Процес вимірювання здійснюється шляхом фіксації часу, який потрібен ультразвуковій хвилі для досягнення поверхні рідини та повернення назад, з урахуванням відомої швидкості поширення звуку у повітрі. Однією з ключових переваг ультразвукових датчиків є їхня здатність проводити вимірювання без безпосереднього контакту з рідиною, що робить їх ідеальним вибором для використання в різних умовах.

Однак, використання ультразвукових датчиків не позбавлене певних складнощів. Вимірювання рівня рідини ультразвуком може бути схильним до помилок в певних умовах. Наприклад, нерівна поверхня рідини у динамічних системах, наявність турбулентності, піни або бульбашок можуть серйозно вплинути на точність вимірювань. Крім того, волога або пара над поверхнею рідини можуть створити додаткові виклики для точності вимірювань. Іншим чинником, який варто враховувати, є вплив температури на швидкість звуку в повітрі, що також може вносити зміни у результати вимірювань. Залежність результатів від температурних умов може варіюватися залежно від місця розташування датчика та властивостей середовища, через яке проходить ультразвуковий сигнал.

Додаткову проблему представляє відлуння від стінок ємності, що відоме як "дзвін", яке може інтерферувати з вимірюваннями та створювати помилки в остаточних даних. Ці особливості роблять ультразвукові датчики складними у використанні, але водночас важливими інструментами в технічних рішеннях для моніторингу рівнів рідин.

Отже, хоча принцип роботи датчиків досить простий і їхня вартість порівняно низька, все ж існує потреба в застосуванні додаткових заходів для забезпечення надійності та адекватної точності вимірювань. Важливість точних вимірювань рівня рідини полягає в їх використанні як для безпосереднього управління технологічними процесами, так і для проведення подальших розрахунків, таких як визначення об'єму або маси рідинних запасів. Зрозуміло, будь-які неточності у вимірюваннях можуть негативно впливати на якість та точність керування технологічними процесами, тому забезпечення точності та надійності вимірювань залишається постійно актуальною проблемою.

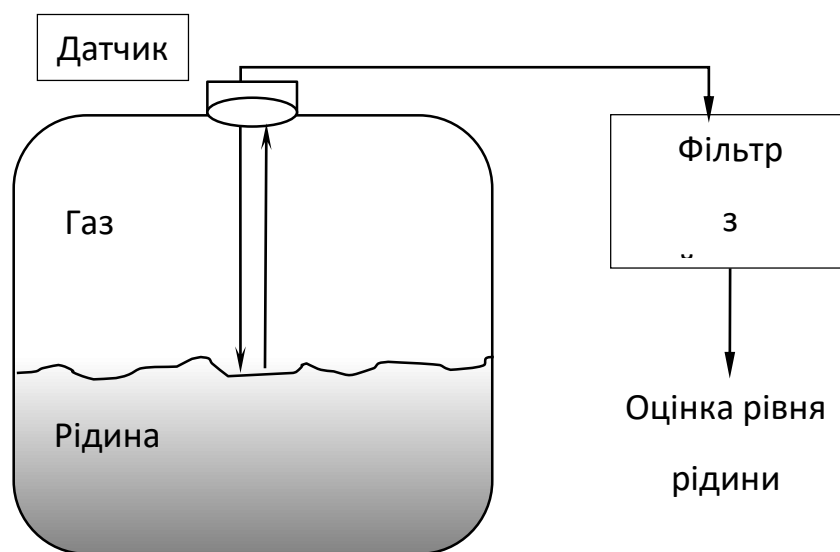


Рис. 1. Вимірювання рівня рідини за допомогою ультразвуку

Цифрова обробка даних вимірювань на сьогодні є стандартним елементом вимірювальних систем. Як взагалі в багатьох застосуваннях вимірювань в реальному часі, так і у випадку вимірювання рівнів рідин можливо застосувати добре відому фільтрацію за допомогою фільтра Калмана, як це відмічається в ряді робіт, наприклад [2]. Алгоритм класичного фільтра Калмана виходить з того, що система, стан якої оцінюється, може бути повністю описана лінійною моделлю і випадковий шум, що впливає на стан системи та вимірювання описується моделлю білого шуму. Однак, в реальності системи поведуть себе нелінійно, а білий шум не існує в природі. Тому початковий варіант фільтра, будучи досить популярним, дістав подальшого розвитку і модифікацій. Розвиток обчислювальної техніки останнім часом привертає все більший інтерес у використанні комп'ютерів для моделювання досить складних нелінійних систем за допомогою штучних нейронних мереж, які дозволяють будувати моделі, які не базуються на знаннях внутрішньої структури та відомих взаємодіях всередині системи, а можуть налаштовувати нейронні мережі на основі даних експериментів. І вже давно виникла ідея об'єднання потужних можливостей моделей на основі нейронних мереж з ясністю і простотою фільтра Калмана [3, 4] для оцінки в реальному часі стану динамічних систем, динаміка яких складна чи відома лише частково.

Сучасні промислові комп'ютери мають достатньо обчислювальних ресурсів для ефективного застосування нейронних мереж як моделей. Інтерес до систем зі штучним інтелектом на базі нейронних мереж зростає, розширюючи можливості їхнього використання. Вивчення та аналіз теоретичних досліджень та практичних застосувань фільтра Калмана в комбінації з нейронними мережами відкриває шляхи для створення власних моделей та розробок більш передових систем для ультразвукового вимірювання рівнів технологічних рідин у промисловості.

Список використаних джерел

1. Датчик [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://new.abb.com/products/measurement-products/level/a-dozen-ways-to-measure-fluid-level>
2. Kalman filtering to real-time trace water level measurements using ultrasonic sensor / B H Iswanto, I F Parmono and M Delina, Journal of Physics: Conference Series, Volume 1402, Issue 4, 2019.
3. G. Revach, N. Shlezinger, X. Ni, A. L. Escoriza, R. J. G. van Sloun and Y. C. Eldar, "KalmanNet: Neural Network Aided Kalman Filtering for Partially Known Dynamics," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 70, pp. 1532-1547, 2022,
4. Yuting Bai, Bin Yan, Chenguang Zhou, Tingli Su, Xuebo Jin. State of art on state estimation: Kalman filter driven by machine learning, Annual Reviews in Control, Volume 56, 2023

**Коломієць Р.О., доц. каф. КТумтаТ, к.т.н.,
Бура В.В., ст. викладач каф. КТумтаТ
Грищенко Н.О., ст. викладач каф. КТумтаТ
Корніюк А.В., ст. викладач каф. КТумтаТ**
Державний університет «Житомирська політехніка»

Спосіб контролю параметрів холодної плазми

Генератори холодної плазми (далі ГХП) у медицині використовуються для стерилізації медичного обладнання та відкритих ран з метою стимуляції їх загоєння. На сьогоднішній день фізиками, що вивчають плазму та лікарями відповідного профілю накопичено величезну кількість експериментальної інформації, що підтверджує ефективність використання холодної плазми. На відміну від більш традиційних антисептичних засобів та антибіотиків холодна плазма є фізичним чинником, що вбиває бактерії, і тому вони не виробляють до неї стійкості шляхом накопичення генетичних мутацій. Саме тому ГХП розглядаються як інструмент з великим потенціалом застосування у різних галузях медицини, і не лише в травматології.

На сьогоднішній день добре вивчений біохімічний принцип знищення бактерій холодною плазмою. Ключовим чинником при стерилізації є концентрація електронів у плазмі [1, 2]. У фізиці плазми цей параметр ще називається ступінь, або рівень іонізації [3] і вимірюється у відсотках (відношення кількості атомів газу, що іонізувалися до загальної кількості атомів у газі). Для низькотемпературної плазми, яка використовується у медичній практиці, типове значення цього параметра не повинно перевищувати 2%, оскільки при перевищенні цієї величини починає зростати температура плазми. Важливо відзначити, що під терміном «температура плазми» мається на увазі температура важких іонів. Оскільки «холодна плазма» є дуже нерівноважною фізичною системою, температури електронів та іонів у ній дуже сильно відрізняються (інколи на пару порядків). Оскільки електрони мають малу масу, а іони – велику, то в такій плазмі рухливість, і, відповідно енергія електронів значно перевищують рухливість і енергію іонів. Плазму назвали «холодною» через те, що середня енергія іонів відповідає середній енергії атомів газу при нормальному атмосферному тиску і температурі, незначно вищій за кімнатну (до 35...40°C), проте енергія і рухливість електронів у ній в перерахунок на ідеальний газ досягають еквіваленту кількох тисяч градусів. Саме ці «енергійні» електрони і вбивають бактерії, в той час, як рецептори тепла на тілі людини відчувають температуру іонів.

Для контролю роботи генератора холодної плазми потрібно відслідковувати значення насамперед температури електронів. Проте зробити це за допомогою звичних засобів вимірювання температури на кшталт термопар або напівпровідникових термосенсорів неможливо внаслідок того, що концентрації електронів та іонів становлять малу величину (не більше 2%). Неможливо розділити електрони та іони в області простору, співрозмірному із розмірами термосенсора (навіть якщо він буде мініатюрним, все одно в атомних масштабах він велетенський). Тому температуру електронів вимірюють непрямими методами.

Серед найпоширеніших непрямих методів вимірювання температури електронів у плазмі особливо виділяються спектрометричний метод та метод зондів Ленгмюра.

Перший метод вимагає дорогівартісного обладнання і ґрунтується на вимірюванні щільності оптичного потоку від плазми. Фотони у плазмі утворюються внаслідок переходів електронів на нижчі енергетичні рівні і плазма світиться тим інтенсивніше, чим вища температура електронів і чим інтенсивніше відбуваються зіткнення електронів з іонами та електронейтральними молекулами. Цей метод потребує попереднього калібрування оптичного сенсора, але не слід забувати, що залежність світлового випромінювання плазми від її ступеню іонізації є нелінійною [3], що сильно ускладнює цю задачу. Спектрометричні методи є безконтактними, і тому спектрометричні установки, як правило, конструктивно не об'єднують з генераторами холодної плазми, оскільки це сильно збільшує масу, габарити та вартість генератора. На відміну від спектрометричного методу метод зондів Ленгмюра реалізується на простій і доступній апаратурі, але є контактним. З одного боку, така контактність вважається перевагою, оскільки цим методом можна провести вимірювання параметрів плазми майже в будь-якій її точці. Проте з іншого боку ця контактність може розглядатися і як недолік, оскільки зонд може впливати на плазму.

Схема вимірювання параметрів плазми за допомогою зонду Ленгмюра показана на рис. 1, б. Сам зонд являє собою тонку дротинку (чим тоншу, тим краще – менше впливає на саму плазму і менше спотворює результати вимірювання) з металу, який хімічно не взаємодіє з газом, який іонізується. Дротинка (зонд) повинна знаходитися в ізоляторі, потенціал пробою якого повинен бути значно вищим за потенціал іонізації для запобігання електричному пробою на вимірювальну схему. Незважаючи на те, що цей метод вимірювання параметрів плазми придуманий майже сто років тому [4], він широко використовується і сьогодні – причому теорія зонду Ленгмюра розроблена настільки добре, що вважається, що саме цей метод дає можливість вимірювати найбільшу кількість фізичних параметрів плазми з хорошою точністю [3].

Фізичні параметри плазми обчислюються аналітично виходячи з вольт-амперної характеристики зонду (рис. 1, а). Проте метод зондів Ленгмюра можливо використовувати лише за спеціальних фізичних умов, оскільки у протилежному випадку ВАХ зонда буде настільки спотворена, що обчислене на її основі значення параметрів плазми будуть сильно відрізнятися від реальних значень. В табл. 1 наведено умови та їх аналіз для застосування методу зондів Ленгмюра у медичних генераторах холодної плазми.

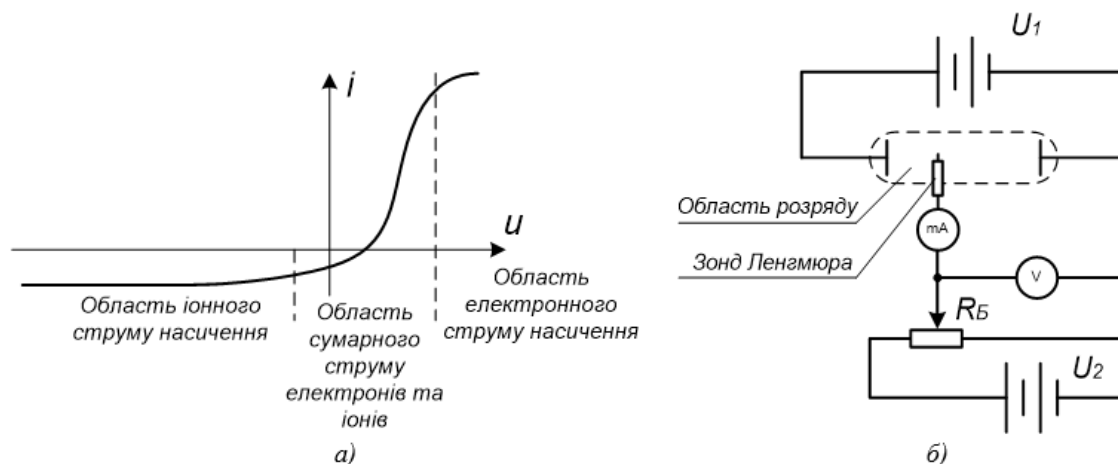


Рис. 1. Типова вольт-амперна характеристика слабкоіонізованої плазми (а) та схема для її зняття методом зонда Ленгмюра (б)

Таблиця 1

Аналіз можливості застосування зондів Ленгмюра у медичних генераторах холодної плазми

Умова, при якій можливе використання зонду Ленгмюра	Принципова можливість виконання цієї умови в медичних ГХП
Ізотропність плазми	Майже в усіх типах генераторів - виконується
Відсутність магнітного поля у плазмі	Майже в усіх типах генераторів - виконується
Відсутність коливань потенціалу плазми	Не виконується, проте таке обмеження обходиться спеціальною схемою синхронізації розрядного струму із вимірювальним
Середня довжина вільного пробігу електронів велика порівняно з радіусом зонда та товщиною призондового шару	Виконується при умові використання достатньо тонкого зонду
Відсутні генерація та рекомбінація заряджених частинок поблизу зонду	Виконується при умові використання достатньо тонкого зонду та при $U_1 \gg U_2$

Як видно з табл. 1, чотири із п'яти умов застосування зондів Ленгмюра у медичних ГХП виконуються, і лише одна – не виконується, проте її можливо обійти шляхом застосування спеціальної схеми синхронізації струмів. Класичний варіант використання зондів Ленгмюра передбачає постійну напругу іонізації, проте з міркувань безпеки у медичних ГХП вона змінна (імпульсна). За рахунок синхронізації струму іонізації та вимірювального струму можливо зчитувати дані міліамперметра і вольтметра лише у моменти максимумів або мінімумів цих струмів, і шляхом подальшої цифрової обробки отриманих сигналів реконструювати ВАХ зонда. Зміна значень струму та напруги відбувається внаслідок зміни опору баластного резистора R_B .

Список використаних джерел

1. Laroussi M. Cold Plasma in Medicine and Healthcare: The New Frontier in Low Temperature Plasma Applications. // Frontiers in Physics, 2020, 8-74. DOI: 10.3389/fphy.2020.00074
2. Fridman G., Friedman G., Gutsol A., Shekhter A., Vasilets V., Fridman A. Applied Plasma Medicine // Plasma Processes and Polymers, 2008, No. 5, p. 503-533. DOI: 10.1002/ppap.200700154
3. Raizer Yu. P. Gas Discharge Physics // Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 449 p. ISBN 978-3-642-64760-
4. Langmuir Y., Mott-Smith H. Studies of electric discharges at low pressures // Gen. Elec. Rev. 1924. № 27 - 449 p.

Мельник А.Ю., студент гр. МТ-2
Подчашинський Ю.О., д.т.н., проф., зав.каф. М та ІВТ
Омельчук І.А., ст. викладач каф. М та ІВТ
Чепюк Л.О., к.т.н., доц. каф. М та ІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»

Метрологічне забезпечення калібрувальної лабораторії. Організація нагляду за процесом вимірювання

У Законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність» дано визначення основних термінів щодо діяльності метрологічних калібрувальних лабораторій [1]:

– калібрувальна лабораторія - підприємство, організація або їх відокремлений підрозділ, що здійснює калібрування засобів вимірювальної техніки;

– калібрування - сукупність операцій, за допомогою яких за заданих умов на першому етапі встановлюється співвідношення між значеннями величини, що забезпечуються еталонами з притаманними їм невизначеностями вимірювань, та відповідними показами з пов'язаними з ними невизначеностями вимірювань, а на другому етапі ця інформація використовується для встановлення співвідношення для отримання результату вимірювання з показу.

Діяльність випробувальних, повірочних, та калібрувальних лабораторій передбачає вчинення експертних дій, за результатами яких та чи інша продукція і матеріали можуть бути допущені на ринок чи ні. Такі організації, після проведених досліджень, визначають якість продукції та безпеку її використання, точність засобів вимірювальної техніки, стан устаткування, що використовується на підприємствах. Тому автоматизація обрахункових процесів в діяльності таких лабораторій є важливим і актуальним.

Враховуючи, що повірочні, калібрувальні та випробувальні лабораторії з точки зору застосовуваних стандартів мають багато спільного та виконують одні й ті ж пункти стандартів, далі в тексті буде застосовано термін «випробувальна лабораторія» як узагальнююче поняття всього комплексу повірочних, калібрувальних та випробувальних лабораторій, що працюють в сфері перевірки, калібрування та випробування характеристик засобів вимірювальної техніки та всього допоміжного обладнання, яке використовується в технологічних процесах, та процесах контролю.

У своїй роботі випробувальні лабораторії повинні керуватися стандартами міжнародного і національного формату. Це основний фактор достовірності, точності та надійності результатів, які видає лабораторія. Крім того, приведення роботи випробувальних інститутів до єдиної системи стандартів забезпечує визнання їх висновків усіма учасниками ринку.

З цією метою в Україні проводиться акредитація випробувальних і калібрувальних лабораторій.

Акредитована лабораторія – компетентний орган, висновки, видані нею, надійні. Замовники насамперед звернуть увагу на те, чи є такий статус в організації, куди вони звернулися за експертизою якості і безпеки продукції, що випускається, та оцінювання точностних параметрів засобів вимірювальної техніки.

Акредитація лабораторії – процедура, яка передбачає встановлення відповідності діяльності випробувальної лабораторії міжнародним і національним стандартам. Акредитація – це процес з підготовки документів, обладнання та приміщення, результатом якого є офіційне визнання органом по акредитації компетентності лабораторії на виконання робіт з підтвердження відповідності, калібрування, випробувань.

Орган, що має право проводити акредитацію є Національне агентство з акредитації України, яке відповідає встановленим вимогам щодо незалежності, неупередженості та відсутності конфліктів інтересів. Організації, що акредитують лабораторії щодо їх компетентності в проведенні досліджень і калібрування, повинні використовувати стандарт ISO/IEC 17025 в якості основи для своєї оцінки та акредитації.

Стандарт ISO / IEC 17025 детально описує вимоги, яким повинні відповідати лабораторії для гарантії своєї компетентності з технічної точки зору та можливості видавати дійсні результати [2].

Організація нагляду за процесом вимірювання включає періодичні вимірювання за стандартом перевірки за заздалегідь визначеним графіком, оскільки він складається і зберігається керівником лабораторії. Графік побудований таким чином, що вловлюються всі можливі та основні джерела змінності, які можуть вплинути на вимірювання, такі як оператори, прилади та умови навколишнього середовища. Для кожного нового вимірювання за стандартом перевірки виконуються відповідні оцінки, а також візуалізація даних у відповідних діаграмах.

Дослідження носять комплексний характер. При цьому часто виникає питання про взаємозв'язок ознак. Взаємозв'язок, при якому кожному значенню одного показника відповідає чітко визначене значення другого, називається функціональним.

Взаємозв'язок, при якому одному значенню однієї величини може відповідати декілька значень другої, називається статистичним.

Статистичний метод, який використовується для дослідження взаємозв'язків, називається кореляційним аналізом. Кореляційний аналіз полягає у визначенні ступеня зв'язку між двома випадковими величинами X і Y.

Для оцінки тісноти взаємозв'язку в кореляційному аналізі використовується абсолютна величина (модуль) спеціального показника – коефіцієнта кореляції. Абсолютне значення коефіцієнта кореляції знаходиться в межах від 0 до 1. Коефіцієнт кореляції дає кількісну оцінку статистичного взаємозв'язку між результатами вимірів.

Процедура тестування

Цей тест забезпечує процедуру визначення того, чи відповідає інструмент продуктивності вимоги на умовах, зазначених у наступних пунктах:

Метрологічні вимоги

Під час перевірки при початковій та наступній верифікації забезпечується повторюваність результату.

Сигнали, що виміряні системою (V), повинні бути випробувані в лабораторії з використанням однакового обладнання, та в зазначених умовах протягом усієї оцінки, наступним чином:

– температура навколишнього середовища між 20 ° C та 27 ° C з відхиленням до ± 3 ° C протягом вимірювання;

– відносна вологість (RH) від 30% до 80%.

Повторюваність вимірювань для системи перевіряється шляхом замірів сигналу (RMS) не менше 10 повторюваних масивів даних для напруги, та частоти.

Повторюваність

Визначається повторюваність вимірюваного сигналу.

Пересвідчуються, що умови, зазначені в метрологічних вимогах відносного стандартного відхилення були виконані.

Для обчислення відносного стандартного відхилення σ_r використовується наступне рівняння [3]:

$$\sigma_r = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right) * 100 \quad (1)$$

де

$$\sigma = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (2)$$

x_i = індивідуальний результат, \bar{x} = середній результат для n повторюваних вимірювань.

Обчислюється квадрат коефіцієнта кореляції для кривої регресії найменших квадратів за допомогою визначення нахилу кривої та стандартного відхилення відомих значень концентрації оператора 1, σ_x , і стандартне відхилення значень вимірних значень оператора 2, σ_y , за наступними рівняннями [3]:

$$r^2 = \frac{S_{xy}^2}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

де

$$S_{xy} = n \sum (x_i y_i) - \sum x_i \sum y_i \quad (4)$$

$$\sigma_x = \left[\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$\sigma_y = \left[\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (6)$$

Результати повинні відповідати вимогам вказаним нижче для квадрата коефіцієнта кореляції r^2 :

Отримані дані повинні аналізуватися наступним шляхом:

лінійні найменші квадрати, що визначають коефіцієнт кореляції, r . З цього аналізу r^2 не менше ніж 0,95.)

Коефіцієнт кореляції, r , інтерпретує, наскільки добре дані підходять для регресії найменших квадратів кривої. Відмінним підходом буде $r = \pm 1$ або $r^2 = 1$.

Список використаних джерел

1. Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII Про метрологію та метрологічну діяльність
2. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT)
3. РМУ 13-063-2008. Методика розрахунку невизначеності вимірювань з використанням експериментальних даних. Харків, 2008.

УДК 531.7

Рижук А.В., аспірант
Подчашинський Ю.О., д.т.н., проф., зав.каф. М та ІВТ
Чепюк Л.О., к.т.н., доц. каф. М та ІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»

Програмно-алгоритмічне визначення геометричних розмірів зразків бурштину за його растровим зображенням

Бурштин є доволі цінною та давньою скам'янілістю, яка використовується у різноманітних сферах людської діяльності – у медицині, парфумерії, енергетиці, ювелірній справі. Також добування бурштину завдає чималої шкоди для навколишньому середовищу. Відбувається значна зміна структури рельєфу, стану ґрунтів, що може потягти за собою міграцію фауни у інші регіони. Також видобування бурштину вимагає значних фінансових вливань у відновлення ландшафту. Все це обумовлює високу ціну на камінь. Також значний вплив на цінність бурштину має його форма. Під час обробки безповоротно втрачається лівова частка матеріалу. Тому з урахуванням шкоди для природи та вартість спорядження для видобутку, необхідно правильно оцінювати подальшу обробку бурштину, враховуючи усі вкраплення, фракції, тріщини та нерівності. При правильній оцінці можна значно зменшити кількість втраченого матеріалу. За допомогою програмно-алгоритмічної обробки можна легко визначити розміри каменю, та правильно прогнозувати подальші дії з ним. [1, 2]

На рис. 1 зображено результат роботи програми для оцінювання розміру різних фракцій, вкраплень, форми та інших параметрів для подальшої обробки бурштину. Для визначення розмірів об'єктів на зображенні у першу чергу потрібно визначити масштаб зображення, кількість міліметрів у одному пікселі. Щоб вирішити цю проблему, потрібно помістити на растрове зображення еталонний об'єкт. Цей об'єкт має бути добре видимий і давати можливість визначити його розміри у відповідних одиницях вимірювання. На рис. 1 еталонним об'єктом є лінійка, одиниці вимірювання представлені у міліметрах. Першим кроком потрібно визначити скільки міліметрів на растровому зображенні припадає на один піксель. Для цього на лінійці оператор визначає пікселі нулю та пікселі, де поділка до прикладу дорівнює 170 мм (рис. 1). У даному випадку координати «0» на лінійці були визначені оператором та мають наступні координати $x_1 = 1254$ та $y_1 = 255$. У свою чергу координати позначки «17» $x_2 = 76$ та $y_2 = 251$.



Рис. 1. Знаходження ціни поділу

Оскільки лінійка на фотографії може бути не в суворо горизонтальному положенні, використовується формула знаходження відстані між двома точками за теоремою Піфагора [4]:

$$c^2 = a^2 + b^2 \quad (1)$$

Якщо обрахувати за цією формулою значення ціни поділки, то виходить що в даному зображенні на 1 піксель припадає приблизно 0.144 мм реального розміру. Для перевірки правильності розрахунку можна визначити також відому величину на прикладі 10 мм на вимірювальній шкалі лінійки (рис. 2). Процес обрахунку відстані ідентичний до попереднього, тільки замість ділення отримане значення множимо на кількості міліметрів у одному пікселі. Як можна побачити значення 9.99 мм досить близьке до того, яке потрібно визначити. Тому розрахунки вірні. Аналогічно можна обраховувати розмір будь-яких предметів, тріщин, вкраплень, форми та ін, щоб в подальшому правильно розрахувати етапи обробки. Також для оцінки потрібно мати декілька фото бурштину з різних ракурсів.

За допомогою даного методу можна отримати лише наближені значення. Головними проблемами, які не дозволяють точно визначити дані, є спотворення. Спотворення поділяють на два основні типи: радіальне та тангенціальне. Радіальне спотворення виникає тоді, коли йде викривлення світла. Промені, які проходять через краї лінзи, загинаються набагато більше ніж промені, котрі проходять через центр лінзи.

Тангенціальне викривлення виникає через те, що об'єкт знаходиться під кутом до об'єктиву. Через це зображення може бути нахиленим, або ж розтягнутим [6].

Для покращення точності вимірювання необхідно виконати наступні дії:

- Фотографування об'єктів повинно відбуватись під ідеальним кутом 90°, щоб уникнути тангенціального спотворення.
- Опорний об'єкт (у даному випадку лінійка) повинен знаходитись у одній площині з вимірювальними об'єктами.
- Вимкнути різноманітні фільтри на камері (фільтр риб'ячого ока та інші), які можуть досить сильно спотворити отримані данні про об'єкт.
- Перед зйомкою варто провести калібрування камери за зовнішніми та внутрішніми параметрами. Зовнішні – визначити матрицю обертаня та трансляції. Гарним рішенням для калібрування камери є безкоштовна бібліотека OpenCV, що надає повний функціонал для калібрування за допомогою шахового порядку. Внутрішні – визначення фокусної відстані для подальшого перетворення інформації у піксель.

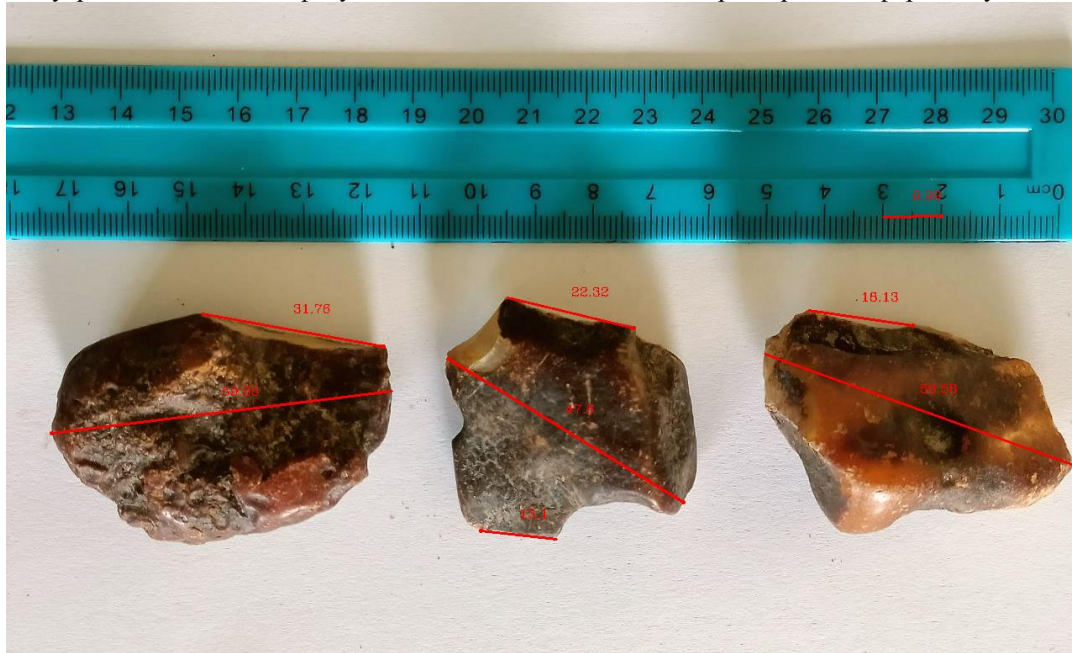


Рис. 2 Результат роботи програми для визначення розмірів за растровими зображенням

Було розроблено алгоритм за допомогою якого оператор може зробити фото зразку, детально його дослідити, визначаючи розміри різноманітних вкраплень, тріщин та інших деталей. З урахуванням отриманих даних можна прогнозувати подальші дії з бурштином щодо подальшої його обробки, щоб різноманітні фракції не вплинули на остаточний результат обробки каменю.

Список використаних джерел

1. Екологічний моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля [Електронний ресурс] / Г.Красовський, В. Шумейко, Т. Ключко, Н. Семенцова. – 2018. – Режим доступу: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/7062/1/104.pdf>.
2. "Бурштинова лихоманка" загрожує Україні катастрофою [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://shorturl.at/DHIY0>.
3. Rosebrock A. Measuring size of objects in an image with OpenCV [Електронний ресурс] / Adrian Rosebrock. – 2021. – Режим доступу: <https://pyimagesearch.com/2016/03/28/measuring-size-of-objects-in-an-image-with-opencv/>.
4. Euclidean Distance – Formula, Derivation & Solved Examples [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/euclidean-distance/>.
5. Camera Calibration [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://docs.opencv.org/4.x/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html.
6. Sadekar K. Understanding Lens Distortion [Електронний ресурс] / Kaustubh Sadekar. – 2020. – Режим доступу: <https://learnopencv.com/understanding-lens-distortion/>.

Левицький А.В., студент гр. ІВТ-2м
Подчашинський Ю.О., д.т.н., проф., зав.каф. М та ІВТ
Чепюк Л.О., к.т.н., доц. каф. М та ІВТ
Державний університет «Житомирська політехніка»

Комп'ютеризована система оцінки акустичної обстановки у приміщенні

У сучасному світі акустичний шум є актуальною проблемою, яка впливає на якість та комфорт життя людей. Забруднення шумом виникає у багатьох сферах, таких як транспорт, промисловість, будівництво, а також в повсякденному житті. Негативні наслідки шуму можуть бути різноманітними, що стосуються проблем зі здоров'ям, порушення сну, зниження працездатності та погіршення якості життя. Через це розробка та використання комп'ютеризованих приладів для вимірювання параметрів акустичного шуму стає нагальною задачею. Ці прилади дозволяють об'єктивно виміряти рівень шуму, аналізувати його характеристики та визначити вплив на навколишнє середовище та людей.

Джерелами шуму у виробничому приміщенні приймаємо: людей (можуть вільно переміщатися та сидіти на своєму робочому місці), телефонні апарати (перебувають на робочих місцях кожного працівника), припливно-витяжна система вентиляції (комунікації розведені по всьому периметру стелі приміщення на висоті 3 м та витяжки опущені на кожне робоче місце).

Точки розміщення датчиків у виробничому приміщенні вибираємо на робочих місцях та (або) у зонах постійного перебування людей на висоті 1,5 м від підлоги. Оскільки критично шумного обладнання на досліджуваній ділянці немає, то датчики будуть розташовані по одному на кожному робочому місці у виконавців, технологів, майстрів та у місці колективного перебування персоналу [1].

Вихідними даними для акустичного розрахунку буде план і розріз приміщення з розташуванням технологічного та інженерного обладнання та інших джерел шуму, розрахункових точок [2].

Структурна схема комп'ютеризованої системи оцінки акустичної обстановки у приміщенні показана на рис. 1. Вона складається з наступного обладнання:

- мікрофон (він має бути високопродуктивний, всеспрямований та з низьким енергоспоживанням, також мати цифровий виходом I²C;
- модуль мікроконтролера ESP32;
- датчик GPS;
- модуль запису на SD-карту;
- дисплей для оперативного виведення інформації;
- акумулятор;
- Wi-Fi – модуль.

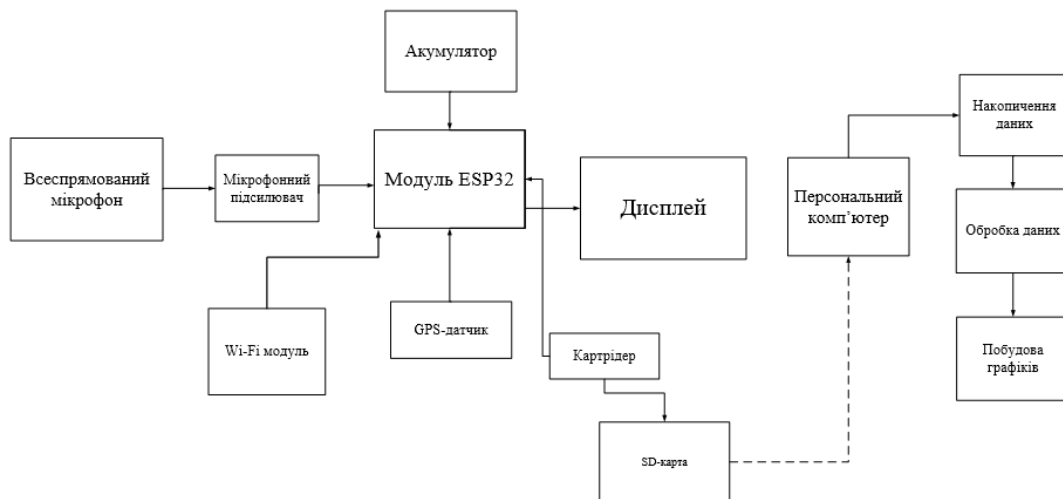


Рис. 1 Структурна схема комп'ютеризованої системи оцінки акустичної обстановки у приміщенні

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2867-94 “Шум Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги”

**Дослідження теплової потужності сталевих панельних радіаторів при роботі в
низькотемпературних системах опалення**

В сучасних умовах дедалі частіше виникає необхідність використання генераторів теплової енергії які використовують у якості палива альтернативні види, або самі по собі являється альтернативними до традиційних теплогенераторами. Прикладом таких приладів є конденсаційний газовий котел або тепловий насос. Головна особливість використання теплових насосів полягає у забезпечення коректного температурного режимі при якому його робота буде ефективною. Як показує досвід експлуатації теплових насосів повітря-вода, вони працюватимуть тим ефективніше, чим меншою буде температура подачі теплоносія на систему опалення, в якій тепловий насос є основним генератором теплоти.

Для досягнення максимальної ефективності від використання теплового насосу типу повітря-вода у якості основного генератора теплової енергії, при проектуванні та побудові системи опалення стоїть задачі забезпечення обігріву приміщення при мінімально можливій температурі теплоносія. Найкраще для вирішення цієї задачі підходять системи опалення, типу тепла підлога, але їх впровадження можливе тільки на етапі будівництва будівлі. Найчастіше споживачам доведеться шукати шляхи забезпечення коректного температурного режиму роботи існуючої системи опалення, побудованої з використанням радіаторів. Враховуючи питому вартість одиниці теплової потужності різних радіаторів, та купівельну спроможність сучасних побутових споживачів, в більшості випадків головним критерієм вибору типу радіатора є його найнижча вартість. Тому для побудови систем опалення в умовах війни, використовуються сталеві панельні радіатори. На ринку України можна знайти понад 50 торгових марок сталевих панельних радіаторів, які при цьому будуть мати дуже широкі модельні ряди. Кожен тип радіатора від різних виробників має свої особливі конструктивні реалізації. Найчастіше виробники маніпулюють товщиною сталі, площею конвектора, кількістю точок приварювання конвектора до водяних каналів радіатора. Споживач не може знати які технічні маніпуляції використав виробник, щоб створити продукт за тою ціною, яку він просить за своє обладнання. І єдиний документ, якому можна довіряти - це технічний паспорт на радіатор. При формуванні технічної документації на сталеві панельні радіатори в Україні, виробники (або імпортери продукції) дуже часто дозволяють собі вносити туди не реальні значення теплової потужності радіаторів, виміряні при різних температурних режимах, а наближені розрахункові значення. Як наслідок в реальних умовах експлуатації радіаторів може виявитися що генерована ними тепла потужність значно нижча за ту яку декларує технічна документація.

Теплова потужність радіаторів також залежить від того, у якому приміщенні він змонтований, яка температура огорджуючих конструкцій цього приміщення, яка абсолютна температура повітря у приміщенні на рівні середини радіатора, яка відносна вологість повітря у приміщенні, який колір фарби стін, підлоги та стелі, у якій частині приміщенні по відношенню до вікна змонтований радіатор. Це означає що один і той самий радіатор може мати різні показники теплової потужності працюючи при однаковому температурному режимі але будучи встановленому в різні приміщення.

Для коректного визначення реальної теплової потужності радіаторів потрібна дослідна установка, яка може впливати на температурний режим теплоносія та його продуктивність, при цьому буде вимірювати та фіксувати різні фізичні показники, на основі яких можна вирахувати кількість теплової енергії, яку виділяє радіатор працюючи в даних умовах.

Для зняття реальних теплових характеристик досліджуваних радіаторів, проєктена установка повинна виконувати наступні функції: вимірювання температури теплоносія на подачі в радіатор, вимірювання температури теплоносія на повернення з радіатора, регулювання температури теплоносія який подається в радіатор, вимірювання температури повітря навколо радіатора, вимірювання витрати теплоносія, що проходить через радіатор. Проєктowana установка повинна мати можливість змінювати напрямок циркуляції теплоносія через радіатор - з метою дослідження зміни теплової потужності при різних методах гідравлічного приєднання радіатора до системи опалення.

Для того, щоб зменшити ймовірність допущення помилок під час вимірювань, варто мінімізувати участь оператора у процесі проведення досліджень. Тому установка повинна мати можливість фіксації вимірних параметрів у пам'ять контролера із можливістю подальшої автоматизованої обробки результатів вимірювання на комп'ютері. Для обробки даних, отриманих під час експериментів можна використати доступні програмні середовища MS Excel або Google Tabs.

Список використаних джерел

1. Зменшення втрат енергоресурсів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/25800/288-289.pdf?sequence=1>