

К. Войчишин\*, І. Цмоць, Х. Гульовата\*

\*Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури,  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизованих систем управління

## ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ ВВЕДЕННЯ ТА ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-СТРУКТУРНИХ ОБРАЗІВ ВОДИ

© Войчишин К., Цмоць І., Гульовата Х., 2006

**Сформульовано задачі дослідження інформаційних властивостей води. Визначено основні етапи і засоби реалізації інформаційної технології відбору та оброблення інформаційно-структурних образів води, розроблено структуру спеціалізованого програмного забезпечення.**

**Research tasks of water information properties were formulated. Main stages and means of selection information technology realization and information and structural water mode processing were determined. A structure for dedicated software was developed.**

### Вступ

Вода як об'єкт досліджень завжди приваблювала найрізноманітніших фахівців і науковців – від філософів до фізиків і математиків. Мабуть, жодній іншій хімічній сполуці не присвячено стільки експериментальних і теоретичних праць. І це не тільки тому, що вода є найголовнішою речовиною в утворенні та функціонуванні всього живого на Землі, а й з огляду на її вкрай цікаві, незбагненні властивості. Навіть після сотень років досліджень закономірностей функціонування та характеристик принципи поведінки води й досі не вивчено досконало. Вода здатна змінювати параметри, якщо її піддавати різного роду впливам – хімічним, електромагнітним, механічним та, як це не дивно, інформаційним. Під дією цих факторів вода змінює власну структуру, тобто запам'ятовує їх [1].

Ще донедавна властивість води „утримувати” в собі інформацію була для науки загадкою і ґрунтувалась лише на припущеннях та гіпотезах. Усі спроби досліджень дивовижних особливостей структури та поведінки цієї субстанції методами фізики, хімії та біології не давали очікуваних результатів. І лише декілька років тому, після тривалого періоду всебічних наукових пошуків, японським вченим вдалось візуально задокументувати загадкові молекулярні зміни, використовуючи для цього спеціальні технології фотографування [2]. Результати експериментів виявились вражаючими – попередньо ідентичні зразки води, що піддавались впливам різного роду вібрацій та енергій, згодом характеризувались абсолютно неподібною структурою кристалів. Виявлений феномен структурної пам'яті висвітлює можливість води вбирати та зберігати дані, які несе світло, думка, музика або прості слова, та обмінюватись ними із довкіллям.

Приклади зображень кристалів води, що піддавались аудіовпливам, наведено на рис. 1.

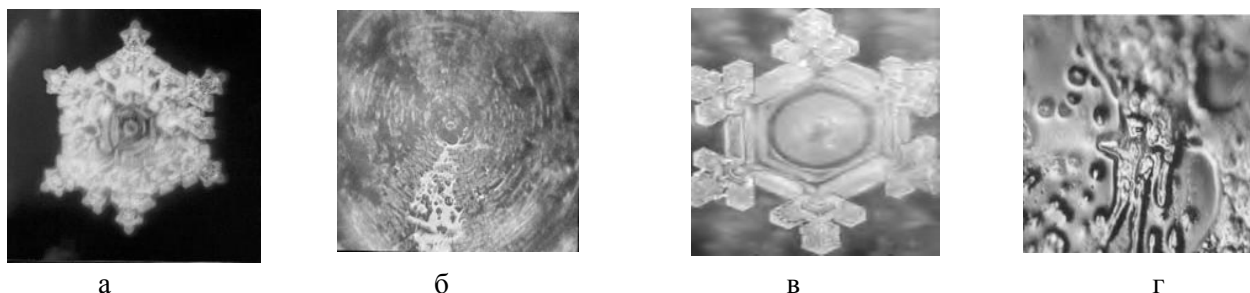


Рис. 1. Зображення структури кристалів води, підданих аудіовпливам:  
а – пастораль Бетховена; б – важкий метал; в – слово “Дякую”; г – фраза “Я в’ю тебе”

З огляду на визначальну роль води у функціонуванні Землі, можна стверджувати, що дослідження у напрямку вивчення інформаційної складової води є надзвичайно перспективними. Цілком ймовірно, що результати таких досліджень відкриють таємниці цієї речовини, допоможуть краще зрозуміти її властивості та особливості будови. Можливість впливу на структуру води та її поведінку можна застосовувати у галузях медицини (зокрема діагностики), екології, метеорології, курортології, валеології тощо. Особливо цікавою в даному контексті є можливість застосування води як альтернативного носія інформації.

### Формулювання задачі дослідження

Інформацію, яку містить вода, можна подати у вигляді інформаційно-структурних образів. Для реалізації такої задачі доцільно розробити комплекс інструментальних засобів, орієнтованих на дослідження закономірностей між типом структури та якісними показниками зразка води. Призначенням такого комплексу є проведення експериментальних досліджень, забезпечення оптимального процесу виконання досліджень, проведення високоякісних робіт щодо введення образів води, їхньої подальшої обробки, виявлення перспективних напрямків розробок тощо. Специфіка предметної галузі досліджень вимагає дотримання таких вимог:

1. Забезпечити максимально надійну ізоляцію відібраної проби води. Причиною такої вимоги є той факт, що в результаті порушення термодинамічної рівноваги через взаємодію з навколишнім середовищем речовина набуває ознак, не характерних для первинного джерела впливу. Отже, результати подальших досліджень виявляться некоректними, а самі дослідження – такими, що не мають сенсу.

Для зберігання фрагмента досліджуваної речовини необхідно використовувати посуд та контейнери з матеріалів, стійких до електромагнітного та інших видів випромінювань, вібрацій, коливань тиску, швидкості руху повітря тощо. Потрібно також звести до мінімуму реакційні явища досліджуваної речовини з повітрям.

2. Заморожувати воду необхідно у чітко визначеному температурному діапазоні та режимі роботи морозильної камери. Оскільки досліджують фрагменти льоду малих маси та об'єму, потрібно чітко визначити, скільки саме води необхідно піддавати визначеній температурній обробці. Свого часу піонер у галузі дослідження інформаційних властивостей води – японський вчений Ямото Масару – витратив на встановлення оптимальних кількісних характеристик вхідних зрізків близько півроку. Він рекомендує відібрані зразки речовини піддавати різкому охолодженню протягом двох годин [2].

3. Для більшої ефективності вивчення структури фрагмента льоду необхідно виконати такі вимоги:

- 1) необхідний потужний мікроскоп, в який можна роздивитися усі нюанси геометричної будови сніжинки завтовшки всього-на-всього 0,5–1,5 мікрон, адже найнезначніші порушення симетрії рисунку несуть важливу інформацію про якість та властивості води;
- 2) треба враховувати колір льоду. Відібраний для експерименту зразок не має стійкого забарвлення, що ускладнює процес дослідження зображення;
- 3) для проведення експериментів беруть воду в надзвичайно малих кількостях. Дослідження настільки малих фрагментів льоду при кімнатній температурі порушує термодинамічну рівновагу;
- 4) для фіксації отриманого зображення необхідно використовувати фотокамеру, яка б враховувала малий розмір об'єкта, його колірну специфіку, а головне – те, що зображення отримуємо на окулярі мікроскопа;
- 5) опрацювання та аналіз отриманого інформаційно-структурного образу води вимагає вибору адекватної моделі відбору інформації, застосування відповідних математичних, алгоритмічних підходів, спеціалізованого програмного забезпечення та апаратури. Із рис. 2 видно, що основними етапами інформаційної технології відбору та дослідження інформаційно-структурних образів води є система введення (складається із мікроскопа, фотокамери та пристрою обміну даними) та система оброблення (робоча станція та програмне забезпечення).

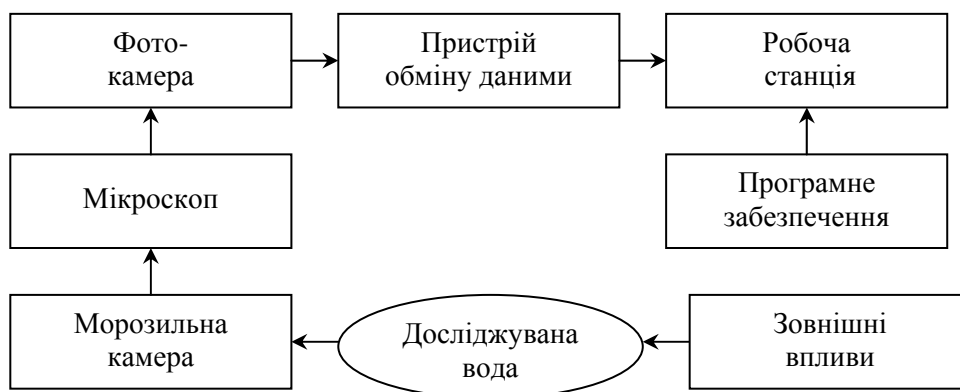


Рис. 2. Основні етапи інформаційної технології відбору та дослідження інформаційно-структурних образів води

## 2. Інформаційно-структурні моделі води та алгоритми обробки

### 2.1. Моделі структури води

Сенсаційність відкриття структурної пам'яті води породила хвилю дискусій у науковому світі. Як наслідок – поява ряду наукових підходів до вивчення цього феномена. Перш ніж детально викласти зміст деяких із них, ретельніше розглянемо склад та принципи будови молекул води.

Загальновідомою класичною формулою води є  $H_2O$ . Здавалося б, речовина, яка складається з двох простих елементів – водню та кисню – має бути простою. Однак, як зазначено в [3], вода є однією із найскладніших субстанцій. Перш за все треба згадати, що її склад характеризується наявністю різних ізотопів водню  $H^1$  (протій),  $H^2$  (дейтерій),  $H^3$  (третій) та двох надважких –  $H^4$  і  $H^5$ . Відомі також дев'ять ізотопів кисню ( $O^{13}$ ,  $O^{14}$ ,  $O^{15}$ ,  $O^{16}$ ,  $O^{17}$ ,  $O^{18}$ ,  $O^{19}$ ,  $O^{20}$ ), зокрема один надтяжкий ( $O^{24}$ ). Тобто вода – це речовина, що має 135 ізотопних різновидів.

У молекулах води відстань між ядрами атомів водню дорівнює приблизно 0,15, а водню й кисню – 0,1 нм. Атоми водню утворюють кут  $104,3^\circ$  відносно атома кисню, тобто валентний кут Н-О-Н є близьким до тетраедричного. Ці молекули утворюють так звані супермолекули, які ще називають кластерами, або комірками, – складні стереометричні конструкції у формі ромбовидного многокутника, який утворюється, якщо куб взяти за два протилежні кути і „потягнути” у різні сторони. Розмір кожного такого многокутника –  $20 \times 20 \times 30$  ангстрем. У звичайному, рідкому стані – від 0 до 100 градусів Цельсія – вода складається саме з таких структурних елементів, кожен із яких містить 912 молекул.

Що ж до вивчення структури асоціатів молекул води, то в багатьох дослідженнях [2, 4–6] розглядають їхні різноманітні моделі. У праці [1] запропоновано кінетико-термодинамічний підхід з урахуванням попередніх уявлень про гідрофобність. Загальний вигляд запропонованої структури має вигляд тетраедра, складеного із чотирьох додекаедрів, кожен з яких має 12 п'ятикутних граней, 30 ребер, 20 вершин (див. рис. 3).

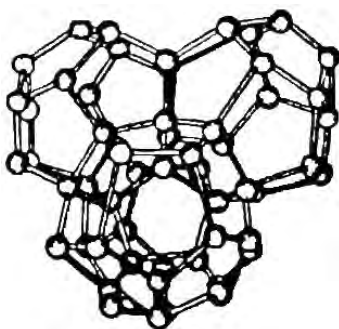


Рис. 3. Загальний вигляд моделі структури льоду

У кожній з вершин, що є атомами кисню, з'єднуються 3 ребра, причому ребром є зв'язок О-Н...О. Разом у тетраедрі додекаедрів 57 молекул води, 17 із яких утворюють тетраедричний повністю гідрофобний (тобто насичений чотирма водневими зв'язками) центральний каркас, а в чотирьох додекаедрах на поверхнях кожного є 10 центрів утворення водневого зв'язку (ОН чи О). Істотною особливістю такої моделі є чутливість до впливу як електричного, так і магнітного полів. Під дією цих факторів атоми молекул здатні переполюсовуватись, щоразу створюючи унікальні конструкції. Таку структуру асоціатів молекул води, узгоджену із прийнятою моделлю Полінга, описаною в [1], але з більш розвинутою та покращеною тетраедричною системою, яка формується за новим критерієм максимальної гідрофобності, підтверджено дослідженням температурних залежностей показників заломлення водного середовища.

Сучасні дослідження структури води вимагають математичного підходу, за яким можна було б вивчати взаємне розташування молекул речовини у просторі, не спираючись при цьому ні на хімічні зв'язки, ні на принципи трансляційної симетрії. Такий математичний апарат, викладений у [7], запропонував ще на початку минулого століття Г.Ф. Вороной та обґрунтували з фізичного погляду Б.Н. Делоне та Дж. Бернал. Сьогодні його застосовують у різних галузях науки.

Первісною геометричною побудовою, на якій ґрунтується метод, є так званий многогранник Вороного – ділянка простору, найближча до певного атома. Принципи його будови є легко зрозумілими (рис. 4).

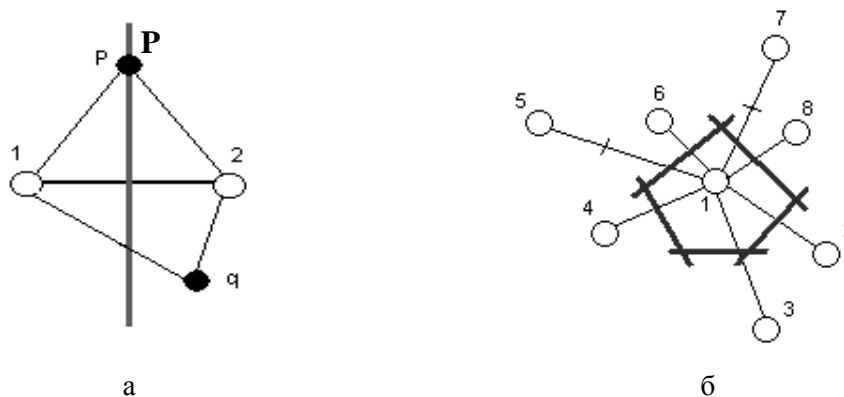


Рис. 4. Двовимірні геометричні моделі:  
а – площина Вороного; б – многогранник Вороного

З'єднаємо обраний атом (1) із сусіднім атомом (2) відрізком прямої і через середину цього відрізка проведемо перпендикулярну до нього площину (P). Ця площина називається площиною Вороного і, очевидно, є геометричним місцем рівновіддалених від наших атомів точок (рис. 4, а). Вона ділить весь простір на два півпростори, які мають таку властивість, що всі точки одного півпростору ближчі до свого атома, ніж до атома у другому півпросторі. Точка р на площині Р лежить на однаковій віддалі від атомів; точка q в лівому напівпросторі ближча до атома 2, ніж до атома 1. Якщо ж здійснити цю процедуру з усіма сусідами нашого атома, то площини Вороного обмежать навколо атома шукану ділянку простору. Дійсно, за побудовою всі точки цієї ділянки розташовані ближче до нашого атома, ніж до будь-якого іншого ансамблю атомів. Те, що вона є многогранником, випливає із того, що вона обмежена площинами.

Форма многогранника Вороного залежить, очевидно, від конкретного розташування сусідів навколо заданого атома. На рис. 4, б показано обмежену ділянку простору навколо атома 1. При цьому атоми 2, 3, 4, 6, 8, які брали участь у формуванні граней цього многогранника, є його геометричними сусідами. Після побудови такого многогранника ми отримуємо тіло, метрика та топологія якого дають змогу характеризувати це розташування. Іншими словами, від списку (файла) координат атомів ми переходимо до геометричних образів. Многогранники Вороного слугують інструментом для опису найближчого оточення атомів. Змістовними характеристиками многогранників Вороного є кількість граней (визначають геометричних сусідів), взаємне розташу-

вання граней, кількість сторін на гранях (з їхньою допомогою можна з'ясувати взаємне просторове розташування сусідів). Для аналізу структури води розраховують розподіли цих характеристик. Многогранники Вороного є зручними для аналізу структури як води, так і криги.

Однак, робота з многогранниками Вороного, – це тільки мала частина методу Вороного–Делоне. Його основні можливості ґрунтуються на використанні не окремих многогранників, а цілком усієї мозаїки многогранників Вороного. Важливим моментом є те, що многогранники Вороного заповнюють простір без накладок та щілин, тобто здійснюють, мовою математиків, розбиття простору.

Як впливає із викладеного, геометричні ідеї методу достатньо прості. Однак його реалізація є непростю задачею. По-перше, для конкретної роботи всі використовувані геометричні побудови повинні бути реалізовані на комп'ютері. Цей момент далеко не тривіальний. Для комп'ютерного подання многогранників корисно мати додаткові дані про належність вершин до своїх граней, за теорією графів – таблицю інцидентності вершин та граней многогранника. Такого роду проблеми розглядаються спеціальними науками – комп'ютерною геометрією та згаданою теорією графів. По-друге, залишається задача розрахунку даних для досліджуваної моделі (використовуючи координати атомів та їхні радіуси). Цей момент також непростий і вимагає немалих зусиль. Для кількісної оцінки форми симплекса зручно використовувати числову міру, яка являє собою дисперсію відхилення довжин ребер цього симплекса від довжин ребер симплекса заданої ідеальної форми. У випадку кристалічної укладки (льоду) це одна із трьох ідеальних фігур: тетраедр, квартоктаедр (чверть октаедра) або квадрат. Для характеристики форми симплексів Делоне зручно використовувати вираз

$$D = \min(T, O, K), \quad (1)$$

де  $D$  (“досконалість”) – міра, що є ключовою при описі симплексу;  $T$  – ідеальний тетраедр;  $O$  – ідеальний квартоктаедр;  $K$  – плоский квадрат. Формули для розрахунку міри близькості форми симплекса до ідеального тетраедра, ідеального квартоктаедра та плоского квадрата визначено у [7].

Метод Вороного–Делоне є ефективним інструментом аналізу структури комп'ютерних моделей структури води та льоду [7]. Він дає можливість досліджувати як локальний порядок (найближче оточення атомів), використовуючи для цього метричні та топологічні характеристики многогранників Вороного і симплексів Делоне, так і віддалені структурні кореляції, зокрема просторовий розподіл та зв'язність міжатомних пустот, використовуючи для цього сітку Вороного досліджуваної системи.

Виходячи із попередніх досліджень фрагментів льоду, для вивчення його будови можна застосувати теорію фракталів. До того ж доведено фундаментальну схожість між структурами молекул води та ДНК, а для досліджень останньої цю методику давно та успішно застосовують. Детально це питання розглянуто в [8], де псевдооб'ємні конструкції, що їх утворюють молекули води, розглядають як поліморфні утворення, що не є носіями строгої фрактальної залежності. Звідси впливає неприйнятність їхнього вивчення як моноструктур, адже вони можуть ділитись, перетворюватись, так чи інакше змінюючи частину своєї інформаційної цілісності.

У цьому випадку не виникає повноцінного відновлення втрачених аналогів, оскільки загальносистематизованої об'ємної матриці, яка б дублювалася на як завгодно глибоких рівнях, не існує. Молекулу води розглядають як безлику інформаційну матрицю, що є універсальною програмою фрактального розвороту будь-якого біологічного організму. Інформаційна ланка цієї форми має безумовно якісніше інформаційне формулювання відносно всіх синтезованих на її основі аналогічних одиниць, утворених у результаті поетапного поділу первісної моделі. Формування багатоклітинного об'єкта із однієї клітини (у цьому конкретному випадку – цілої крижинки із окремо взятої замороженої молекули) підкоряється закону розгортки відповідного фракталу на матеріалізованому лінійно-послідовному рівні.

Зазначимо, що розглянута в [8] модель синтезу біоструктур послідовно реалізує зовнішню форму основних рівнів пентаграми розвороту універсальної матричності без притаманних їм функціональних особливостей; у результаті отримаємо формулювання у вигляді проєкцій відповідних категорій, модифікованих через лінійно-ланцюжкову залежність.

Для синтезу та дослідження молекули води запропоновано поетапне застосування всіх п'яти основоположних фрактальних баз, при цьому площинна фіксація матиме стійкий характер лише у формі “пакетного” утворення. Відповідно, будь-яке навантаження із інших позицій стовідсотково спровокує деформацію її структури.

У разі застосування для вирішення цієї проблеми фрактального підходу необхідно пам'ятати, що кожен конкретний етап фіксації тієї чи іншої інформаційно-об'ємної модифікації як одного із об'єктів фрактальної множини вимагає сприйняття та аналізу власних похідних тезисів відповідними тільки йому засобами базової матричності. Спочатку необхідно виявити і сформувати багатоплоскову матричну базу – це насамперед отримання статичної фрактальної основи, а будь-які дії, пов'язані з подальшим розробленням, зводяться до її реструктуризації та дезінтеграції.

## 2.2. Алгоритми оброблення

Оскільки інформаційно-структурний образ води розглядають як зображення, то для його ефективного первинного та вторинного оброблення можна застосувати класичні підходи комп'ютерної графіки. Йдеться про цифрову фільтрацію, механізм функціонування якої неможливо зрозуміти без усвідомлення специфіки збереження зображення в пам'яті комп'ютера. Як відомо, яскравість елемента напівтонового зображення подають числовим значенням від 0 до 255. Оцифроване напівтонове зображення, введене із звичайним розширенням  $640 \times 480$  елементів, складається із  $640 \times 480 = 307200$  таких числових значень. Кольорові зображення розташовують у пам'яті аналогічно, тільки в цьому випадку елемент зображення зазвичай визначається трьома послідовними числовими значеннями, які є, відповідно, його червоною, зеленою та синьою складовими. Принцип цифрової фільтрації полягає в тому, що значення елемента зображення модифікується з урахуванням значень сусідніх елементів. Такі дії необхідні під час первинного опрацювання зображення: усунення муар-ефекту, шумів, згладжування тощо. Зображення фільтрують за допомогою спеціальних математичних операцій над значеннями інтенсивностей пікселів та певних наперед заданих коефіцієнтів. Однією із таких процедур є згортання (англ. convolution). Наведемо математичну формулу обчислення згортання двох послідовностей:

$$y(k) = \sum_{i=0}^N x(i) \cdot h(k-i), \quad (2)$$

де  $x$  та  $h$  – вхідні послідовності;  $y$  – послідовність, отримана в результаті операції згортання.

Зазвичай набір коефіцієнтів, які застосовують для фільтрації (за наведеною формулою – одна із послідовностей), зводять у матрицю. В математиці цю матрицю називають матрицею згортання. У результаті трансформації однієї із вхідних послідовностей застосовують дещо модифікований процес.

Під час цифрового оброблення зображень цю матрицю називають також згортковою маскою, або просто маскою, оскільки вона пересувається бітовою матрицею як маска, що визначає, які елементи зображення необхідно опрацювати у певний момент часу та на які коефіцієнти перемножувати вхідні значення.

Для прикладу розглянемо найпростіший випадок із матрицею вигляду

$$\begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} \\ l_{21} & l_{22} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де  $l_{11}$ ,  $l_{12}$ ,  $l_{21}$  та  $l_{22}$  – коефіцієнти фільтрації.

Вираз – звичайне підсумовування елементів зображення (два послідовні значення із двох сусідніх рядків). Тепер оброблення передбачає таку послідовність дій:

- маска переміщується бітовою матрицею, починаючи із лівого кута;
- елементи, охоплені маскою у кожному її положенні, перемножуються на відповідні коефіцієнти;
- отримані добутки підсумовуються і сума ділиться на певне нормуюче значення ( $N$ ).

Нормуюче число визначають як суму коефіцієнтів матриці згортання, зокрема:

$$N = l_{11} + l_{12} + l_{21} + l_{22} \quad (4)$$

Надалі вхідні значення заміняють середнім значенням, а маску зміщують на два елементи зображення (тут не йдеться про операцію згортання у широкому сенсі цього поняття). Судячи з викладеного, запропонований підхід до оброблення зображень є цілком придатним для попереднього оброблення інформаційно-структурних образів води.

Задачі розпізнавання зображень характеризуються великою різноманітністю: від найпростіших завдань розпізнавання візуальних зображень до найскладніших, пов'язаних з аналізом динамічних сцен. Відомі роботи, присвячені опису успішного використання нейромереж для розпізнавання, вирішення складних проблем аналізу в гранулометрії, класифікації просторових сцен [9]. Отже, цю технологію можна з успіхом застосовувати для розпізнавання та класифікації інформаційно-структурних образів води.

Задачу розпізнавання образів можна розглядати як сукупність двох пов'язаних підзадач: класифікації та кластеризації. Задача класифікації полягає у встановленні належності вхідного образу – певного об'єкта, явища або процесу, який характеризується вектором параметрів (ознак), до одного з декількох попередньо визначених класів. Прикладами задач такого типу є розпізнавання рукописного тексту, мови, класифікація сигналів електрокардіограми. У випадку кластеризації навчальної вибірки з мітками класів не створюють, замість того виявляють подібності між образами та відносять близькі образи до однієї категорії (кластера). Близькість розуміють найчастіше в сенсі евклідової метрики. Така задача виникає під час видобутку даних, дослідження їхніх властивостей та компресії. Для вирішення цієї проблеми застосовують карти особливостей Кохонена як засіб класифікації, що здійснюється в режимі самонавчання, та мережі прямого поширення для побудови поверхонь, що розділяють образи. Для забезпечення підвищеної точності в останньому випадку замість класичного варіанта зворотного поширення похибок використовують архітектуру на основі методу радіальних функцій. Застосування нейромереж для успішного здійснення функцій опрацювання зображень обмежується наявними ресурсами сучасних нейропарадигм для вирішення завдань великої розмірності, з високою точністю, за прийнятний для практики час на навчання системи.

У випадку складних об'єктів через їхнє об'ємність та різноманітність зображення інформаційно-структурного образу води необхідно розділити на блоки. Тоді реалізація відповідатиме блоку зображення, а об'єкт – сукупності блоків-реалізацій.

Процес розпізнавання передбачає, що для навчання використовують об'єкт (еталон), що розділяється на блоки-реалізації. У режимі функціонування навченої так нейромережі відтворюється інший (досліджуваний) об'єкт. Мета таких дій – встановити, чи досліджуваний об'єкт побудований із блоків-реалізацій еталона, або інших.

### **3. Розроблення структури інструментального комплексу**

#### ***3.1. Формування вимог до апаратної частини інструментальних засобів введення та опрацювання інформаційно-структурних образів води***

Для реалізації інструментального комплексу необхідно забезпечити послідовне виконання таких етапів: отримання, накопичення, оброблення, розпізнавання та візуалізація результатів оброблення.

Для введення та опрацювання інформаційно-структурних образів води інструментальний комплекс повинен забезпечувати:

- використання спеціальних контрастно-фазових насадок та проведення експериментальних досліджень методом фазового контрасту та темного поля, що зумовлено колірною характеристикою льоду, а саме – відсутністю стійкого забарвлення;
- функціонування лабораторного обладнання за низьких температурних умов. Для підтримки термодинамічної рівноваги фрагмента льоду, що є ключовою вимогою, спостереження необхідно проводити в камері з середньою температурою – 5°C;

- застосування фотонасадки для мікроскопа із збільшенням у 200–500 разів або ж спеціалізованої фото- чи відеокамери для фіксації інформаційно-структурного образу води на окулярі мікроскопа;
- використання багатокомпонентного програмного забезпечення, зокрема як стандартних програм управління, так і спеціалізованих програм оброблення (графічні редактори, спеціалізовані середовища оброблення зображень), розпізнавання, ідентифікації. За такого підходу можна ефективно опрацювати введене зображення структури кристала.

Із викладеного випливає доцільність застосування інтегрованого підходу, який охоплює апаратні, алгоритмічні і програмні засоби та сучасну елементну базу.

Для оптимізацій структури інструментального комплексу під час його розроблення варто застосувати такі принципи:

- модульність, основні компоненти системи введення та обробки образів реалізовано у вигляді функціонально завершених пристроїв (модулів);
- змінний склад обладнання, що передбачає наявність ядра системи та змінних модулів;
- конструктивна простота, за якої реалізація модулів є максимально простою, що забезпечує легкість створення та нарощування системи;
- відкритість програмного забезпечення системи, яке створювали з максимальним використанням стандартних драйверів та програмних засобів та врахуванням можливості нарощування та вдосконалення.

Оскільки інформацію відбирають через інформаційно-структурний образ води, який за своєю сутністю є графічним зображенням, особливо важливими показниками апаратури під час його отримання та уведення на робочу станцію є роздільна здатність та чутливість. Покращити ці параметри можна, використовуючи надвеликі інтегральні схеми (НВІС), які, окрім згаданих, також істотно покращать показники щодо енергоспоживання, габаритів та ціни [10].

### 3.2. Розробка структури програмного забезпечення

Для забезпечення максимально ефективного процесу оброблення зображень особливу увагу було зосереджено на розробці структури програмного забезпечення. Програмний пакет для проведення розробок у цій галузі містить засоби введення, опрацювання та накопичення інформаційно-структурних образів води. Серед основних складових наведемо: систему введення зображень; засоби оброблення інформаційно-структурних образів води; базу даних експериментальних досліджень; інтелектуальні засоби розпізнавання, класифікації, пошуку інформації. Структуру компонентів програмного забезпечення інструментальних засобів введення та оброблення інформаційно-структурних образів води наведено на рис. 5.

За допомогою створеного ужитку введений образ опрацюють засобами цифрової фільтрації. Забезпечено:

- нормалізацію конкретного інформаційно-структурних образу води за умови його спотворення, нечіткості, розмитості (на основі описаного методу цифрової фільтрації вважають, що коефіцієнти згорткової маски дорівнюють 1, а нормувальне число, відповідно, 4);
- нормалізацію за певною конкретною лінією із заданими характеристиками (масштабування рівня інтенсивності від вхідного до заданого діапазону). Під час здійснення згаданої операції необхідно обчислити характеристику  $\Delta$ , за якою відбуватиметься нормалізація:

$$\Delta = \frac{RightInt - LeftInt}{SRight - SLeft}, \quad (5)$$

де  $RightInt$  та  $LeftInt$  – інтенсивності крайнього правого та крайнього лівого пікселів лінії опрацювання, а  $SRight$  і  $SLeft$  – зміщення від початку рядка до згаданих точок. Отже, у чисельнику обраховують діапазон інтенсивностей, у знаменнику – довжину ділянки, що опрацюється. Новий рівень яскравості  $Intensity$  визначають за формулою:

$$Intensity = [Intensity - x \cdot \Delta], \quad (6)$$



де  $x$  – значення зміщення відносно початку відрізка, над яким здійснюють процедуру нормалізації. Якщо отримане значення інтенсивності є меншим за 0 або ж більшим за 255, його рівень визначається „обтинанням” до значень відповідної крайньої точки.

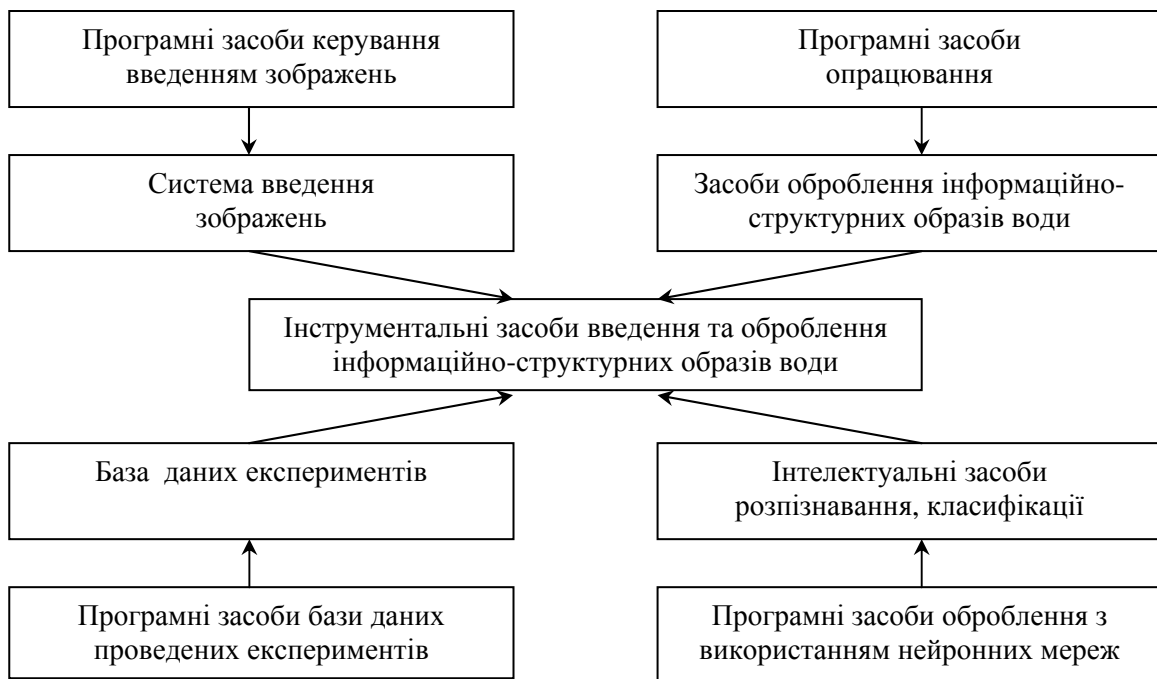


Рис. 5. Структура програмного забезпечення інструментального комплексу

Отримана на виході лінія є максимально чіткою, виходячи із якості та характеру вхідного зображення;

- створення негативного зображення. Для оптимізації такого опрацювання використано набір порозрядних логічних операцій. Зокрема, для виділення значення яскравості елемента вхідного зображення – операцію порозрядного множення, яке виділить необхідні для оброблення розряди:  $Result = Intensity \text{ and } 255$ . Оскільки для створення негативного зображення його параметри змінюються на абсолютно протилежні, фактично відбувається операція виділення доповнення до цього значення за модулем 255. Тому класичний за сутністю обрахунок  $255-x$  змінено на виконання над вмістом  $x$  операції „за винятком або”. Така дія приводить до інверсії усіх розрядів, тобто на виході ми одержуємо шукане значення інтенсивності:  $Intensity = Result \text{ xor } 255$ . З використанням порозрядних операцій зменшуються затрати часу на проведення такого роду розрахунків, а отже, оптимізується програмний код. У разі оброблення зображень великих розмірів скорочення ресурсів буде істотним.

База даних експериментів (реляційного типу) забезпечує збереження не лише самих інформаційно-структурних образів води, а й інформації стосовно умов проведення експерименту: місця, часу, факторів дії тощо. Розширений формат, застосований під час збереження, значно полегшує процес класифікації, пошуку та подальшого оброблення зображень.

Оскільки, як уже згадувалось, нейронні мережі з великим успіхом застосовуються у сфері розпізнавання та аналізу образів, дослідження інформаційно-структурних образів води за допомогою цієї технології є дуже перспективними, хоч і перебувають лише на стадії розроблення. Спроектований програмний комплекс забезпечує створення файлу для оброблення інформаційно-структурних образів води засобами штучного інтелекту. При цьому як елемент кожної вибірки сприймають значення інтенсивності пікселя, а параметри вибірок визначають безпосередньо в процесі експлуатації програми.

## Висновки

1. Інформаційно-структурні образи води дають змогу отримати об'єктивну інформацію про склад, фактори впливу, будову води.
2. Визначено, що інструментальні засоби, призначені для введення та опрацювання інформаційно-структурних образів води, повинні забезпечувати послідовне виконання етапів реєстрації, накопичення, оброблення, розпізнавання та візуалізації результатів оброблення отриманих інформаційно-структурних образів.
3. Показано, що основні вимоги до апаратної частини визначаються предметною галуззю і передбачають: дотримання у процесі відбору інформаційно-структурних образів води визначених температурних показників, застосування мікроскопа із підтримкою досліджень методом фазового контрасту та темного поля, фіксацію зображень із допомогою спеціалізованих фотонасадок чи камер, використання високочутливих пристроїв введення та оброблення.
4. Розроблено структуру багатокomпонентного прикладного програмного забезпечення, яке містить: систему введення зображень, засоби оброблення інформаційно-структурних образів води, базу даних експериментів, інтелектуальні засоби розпізнавання та класифікації інформаційно-структурних образів води. Така структура дає змогу реалізовувати попереднє оброблення інформаційно-структурних образів води, їхнє зберігання, розпізнавання, класифікацію тощо.

1. Тяглов Б.В., Громова Е.С., Зенин С.В. и др. // Молекуляр. биология. – 1975. – Т. 9. – С. 652.
2. Emoto M. *Die Antwort des Wassers*. – Berlin.: KOHA – Verlag GmbH Burgrain, 2002. – P. 171.
3. Кульський Л.А., Сиренко Л.А., Шкавро З.Н. *Фитопланктон. Что мы знаем о природной воде, без которой невозможна жизнь?* – К.: Наук. думка, 1986. – 135 с.
4. Эйзенберг Д., Кауцман В. // *Структура и свойства воды*. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 225 с.
5. Зенин С.В., Поляков В.А., Русак А.Ф., Сергеев Г.Б. // *Журн. физ. химии*. – 1974. – Т. 48. – 834 с.
6. Зенин С.В., Тяглов Б.В. *Гидрофобная модель структуры ассоциатов молекул воды* // *Журн. физ. хим.* – 1994. – Т. 68, № 4. – С. 636–641.
7. [http://www.kinetics.nsc.ru/mvd/COMMON/Dokl\\_text.doc](http://www.kinetics.nsc.ru/mvd/COMMON/Dokl_text.doc).
8. <http://www.aires.spb.ru>.
9. Войчишин К.С., Грицик В.В., Ткаченко Р.О., Худий А.М. *Аналіз, оцінка та прогнозування складних фізичних процесів, зображень і даних на нейронних середовищах: Препринт / Держ. ком. зв'язку та інформатизації України. Державний НДІ інформаційної інфраструктури*. – Львів, 1999. – 35 с.
10. Грицик В.В., Опотяк Ю.В., Цмоць І.Г. *Інформаційний відеоскоп як система автоматизації експерименту з можливістю вводу зображень з високою роздільною здатністю та чутливістю для клітинної мікроскопії* // *Інформаційні технології і системи: Наук.-техн. журн.* – Львів: НВБД УАД, 2005. – Т. 8, № 1. – С. 52–60.