

Х. Гульовата, *І. Цмоць, К. Войчишин
Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури,
*Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІНЕРАЛЬНИХ ВОД

© Гульовата Х., Цмоць І., Войчишин К., 2007

Визначено основні етапи і засоби реалізації інформаційної технології контролю та дослідження характеристик мінеральних вод на основі аналізу інформаційно-структурних образів води. Розроблено структуру програмних та апаратних засобів інформаційної системи.

Main stages and means of control and investigation of mineral waters behavior information technology on basis of informational and structural water mode images analysis were determined. A structure for information system software and hardware was developed.

Постановка задачі

Сформульована наукова задача пов'язана з розробленням нової інформаційної технології, спрямованої на дослідження характеристик мінеральних вод та проведення якісних та кількісних досліджень проходження процесів структуризації води, індукованих інформаційно-енергетичними факторами.

Суть проблеми

Сьогодні на світовому ринку присутні системи моніторингу якості води, однак вони здебільшого орієнтовані на застосування в побутових умовах та контролюють незначну кількість фізико-хімічних параметрів. Такі не забезпечують повноцінного аналізу стану та складу мінеральної води, накопичення результатів процесу моніторингу, порівняння станів води при її відборі із джерела та безпосередньо перед вживанням [1,2].

Принципово новим підходом до виявлення якісних показників води є дослідження її інформаційного образу. Підтверджено, що вода, піддана впливу різнорідних факторів, набуває визначених якостей, що зберігаються протягом певного періоду часу. З погляду хімічного складу ніяких змін при цьому не відбувається [3]. За допомогою численних фотознімків в заморожених у лід сніжинок на об'ємному статистичному матеріалі доведено зв'язок форм та розмірів цих об'єктів з початковим інформаційним впливом на воду. Відомо, що геометричні форми снігових кристалів з максимальним індексом симетрії утворюють зразки води з високим рівнем якості [4–6].

Автоматизація наукових досліджень і технологічних процесів все більше потребує засобів введення в комп'ютер інформації у вигляді зображень із подальшою обробкою. Хоча поширені сьогодні системи введення та обробки зображень задовольняють широкий клас задач, в такій галузі наукових досліджень, як вивчення інформаційних властивостей води результати їхнього функціонування не є задовільними [7,8].

У сучасних наукових та практичних розробках, пов'язаних із дослідженнями інформаційних образів води, надзвичайно важливе значення має застосування систем введення в комп'ютер зображень, здатних працювати при від'ємних показниках температури. Сформульована вимога пов'язана необхідністю дотримання в ході експерименту термодинамічної рівноваги. Поряд з цим у цій галузі сьогодні відсутні методи і засоби для проведення попередньої обробки складних зображень снігових кристалів, розпізнавання і класифікації протікання процесів структуризації у водних системах, інформаційно-аналітичні системи аналізу, оцінки динаміки розвитку процесів енергетично-інформаційного обміну на основі даних поля уваги і застосування нейромережових технологій і систем [7–9].

У зв'язку з цим існує необхідність розробки нових інформаційних технологій і систем для введення та аналізу інформаційних образів води, які дадуть можливість в якісно новій сфері досліджувати параметри та властивості мінеральних джерел [1,2].

Огляд відомих підходів, оцінка сучасного стану та актуальності проблеми

За допомогою комп'ютерних технологій реалізуються пристрої та системи введення зображень різної фізичної природи. Це різноманітні фотоакустичні, електронні, тунельні мікроскопи, тепловізори та ін. Всі вони будуються за схожими принципами. Роздільна здатність цих приладів є достатньою для розв'язання якісних задач, але не придатна для високоточних вимірювальних систем, пов'язаних з дослідженням надтонких структур [8].

У світовій практиці широко застосовуються різні системи введення зображення в комп'ютери. До них можна віднести системи введення телевізійних зображень та спеціалізовані комплекси вводу зображень у комп'ютер. Багато фірм виробляють так звані „захоплювачі кадрів” у вигляді однієї плати для персонального комп'ютера. Такий підхід дає змогу отримати до 1000 x 1000 пікселів на кадр з кількістю градації яскравості 256 одиниць. Вищої роздільної здатності досягнуто в комп'ютерній фотографії, побудованій на пристроях із зарядовим зв'язком. Таких характеристик систем введення телевізійних зображень достатньо для розв'язання якісних задач, але не задовольняють вимоги вимірювальних систем та дослідницьких робіт.

Також у світі існує багато пакетів програмного забезпечення обробки звичайних комп'ютерних зображень. Здебільшого вони розраховані на низьку розрядність сигналу яскравості і невеликий обсяг інформації у кадрі [7].

Розроблені системи телеметрії для введення в комп'ютер відеоінформації з поля зору мікроскопа та пакети програмного забезпечення обробки мікроскопічних комп'ютерних зображень дуже дорогі. Дешевші засоби, своєю чергою, мають дуже обмежені можливості і переважно вкрай низьку якість обробки зображення. Поряд з цим, усі існуючі відеосистеми вузькоспеціалізовані. Телеметричні приставки, розраховані на один тип мікроскопа чи на один режим функціонування, не можуть бути використані в іншій системі чи іншому режимі [7,8].

Сьогодні також вагомою і суттєвою є проблема створення математичних моделей, методів і засобів для проведення попередньої обробки складних відеозображень снігових кристалів, кластеризації, розпізнавання і класифікації, аналітичної системи оцінки інформаційних образів води в реальному часі на основі даних поля уваги високої роздільної здатності та застосування нових нейромережевих технологій.

Дослідження інформаційних властивостей води із використанням нової інтелектуальної системи з високою роздільною здатністю введення в комп'ютер інформації з поля зору мікроскопа та пакети програмного забезпечення обробки морфологічно складних зображень дасть змогу отримати принципово нову інформацію про зміни стану води під впливом зовнішніх факторів. Така інформація потенційно відіграватиме ключову роль в пошуках нових методів і засобів медичної діагностики, курортології, валеології та ін [1,2].

Суть запропонованого підходу

Запропонований підхід до сформульованої задачі ґрунтується на створенні інформаційної технології контролю та дослідження характеристик мінеральних вод. Така технологія дасть змогу розробити систему для оцифрування та введення в комп'ютер інформаційних образів води із високою роздільною здатністю, обробляти їх, а також контролювати фізико-хімічні параметри проб води. За допомогою математичних моделей, методів і засобів для проведення попередньої обробки, класифікації та розпізнавання складних за структурою інформаційних образів води можна буде на якісно новому рівні досліджувати тонкі процеси інформаційної структуризації води.

Інформаційні образи води пропонується аналізувати на основі виявлення та оцінки показників симетрії. При цьому треба виходити з того, що інформаційний образ води (сніжинка) – це плоский скелетний кристал, який утворюється в результаті сублімації водяної пари. У скелетних кристалах розрізняють основні гілки скелета, чи гілки першого порядку, з яких відходять гілки другого порядку і т.д. Треба зазначити, що гілки різного порядку можуть відповідати як вершинним, так і реберним формам. Галуження нижчого порядку утворюються на відстанях, які визначаються радіусом дії першого відростка. Цей процес відбувається доти, доки переохолодження не стане недостатнім для розвитку нерівностей на поверхні розділу у відгалужені відростки. Кінчик дендрита росте доти, доки не стане нестійким, після чого він ділиться на декілька дендритних кінчиків, кожен із яких має менший радіус кривизни [10].

За результатами досліджень, викладених у [10], у природі зустрічається три види сніжинок: три-, шести- та дванадцятипроменеві. Для кожного із цих видів характерними є власні групи перетворень симетрії.

Нехай група K_3 відповідає трипроменевим сніжинкам, K_6 – шестипроменевим і K_{12} , відповідно, дванадцятипроменевим. У кожній із цих груп є такі операції симетрії: C_n – поворот на кут $2\pi/n$ навколо осі, де n – порядок осі; δ – відображення на площині, при цьому також вказується нижній індекс, що вказує напрямок нормалі до площини (індексом h – горизонтальний, індексом v – вертикальний); S_n – дзеркальний поворот; E – тотожне перетворення; J – інверсія. Для опису складових операцій застосовується операторна символіка. В основу викладених перетворень симетрії покладено принцип Неймана, згідно з яким елементи симетрії будь-якої фізичної властивості кристала повинні містити елементи точкової групи кристала.

Ґрунтуючись на симетричних властивостях кристала, в ідеальному випадку можна синтезувати цілісне зображення інформаційного образу води на основі перетворень симетрії над $1/2$ зображення одного з його дендритів (найменшою унікальною структурною одиницею утворення). Тоді для випадку трипроменевої сніжинки справедливим буде вираз:

$$K_3 = \delta_v C_3^2 \quad (1)$$

Для шести- та дванадцятипроменевої відповідно:

$$K_6 = \delta_v C_6^5 \quad (2)$$

$$K_{12} = \delta_v C_{12}^{11} \quad (3)$$

Такі синтезовані зображення дадуть змогу здійснити якісний аналіз отриманого в результаті досліджень інформаційного образу води та виділити його інформативні складові. При здійсненні такого аналізу необхідно застосовувати матриці поворотів кожного образу.

Для групи K_3 із застосуванням принципу Неймана та матриці тотожного перетворення

$$\alpha(E) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де α – позначення матриці перетворення, матриці поворотів мають вигляд:

$$\alpha(3_z) = \begin{pmatrix} -1/2 & -\sqrt{3}/2 & 0 \\ \sqrt{3}/2 & -1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

а також

$$\alpha(3_z^{-1}) = \begin{pmatrix} -1/2 & \sqrt{3}/2 & 0 \\ -\sqrt{3}/2 & -1/2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \alpha^T(3_z), \quad (6)$$

де 3_z та 3_z^{-1} – повороти на 120 градусів навколо осі z за і проти годинникової стрілки.

Ще одним ключовим поняттям у сучасному розумінні проблеми дендритів, починаючи з механізму їх утворення і закінчуючи розумінням ролі у формуванні властивостей різноманітних конструкцій, є фрактал. Сніговий кристал є нерегулярним фракталом (властивість самоподібності зберігається у певних межах), для повноцінної комплексної оцінки якого необхідно враховувати

фрактальну розмірність. Фрактальну розмірність D_0 (її ще називають клітковою розмірністю) множини X чисельно визначають так: X покривають квадратною решіткою, в якій сторона клітинки дорівнює ε , потім підраховують кількість $N(\varepsilon)$ клітинок. Тоді за визначенням,

$$\dim_M X = D_0 = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\varepsilon)}{\ln \varepsilon^{-1}} \quad (7)$$

У випадку інформаційних образів води розмірність дендритів близька до 1,71. Це означає, що маса агрегату снігового кристала зростає як $L^{1,71}$, де L – лінійний розмір. При цьому середня густина змінюється як $L^{1,71}/L^2 = L^{-0,29}$, тобто спадає, що повністю відповідає зовнішньому вигляду форм росту такого вигляду [11].

Структура компонентів інформаційної технології контролю та дослідження мінеральних вод

Інформаційну технологію контролю та дослідження мінеральних вод можна розглядати як систему автоматизації експерименту. У цій системі необхідно, спроектвавши базу даних, реалізувати процеси контролю, введення, збереження та перетворення усієї необхідної інформації. На основі результатів обробки інформаційних образів води та з врахуванням інформації про хід експерименту необхідно створити підсистему розпізнавання та класифікації.

На основі проведених досліджень розроблено технічні вимоги до інтелектуальної системи дослідження інформаційних властивостей води. Під час проектування системи доцільно застосувати інтегрований підхід, який охоплює апаратні, алгоритмічні і програмні засоби та сучасну елементну базу. Розроблено структуру інформаційної технології контролю та дослідження характеристик мінеральних вод, що складається з таких основних компонентів (рис. 1):

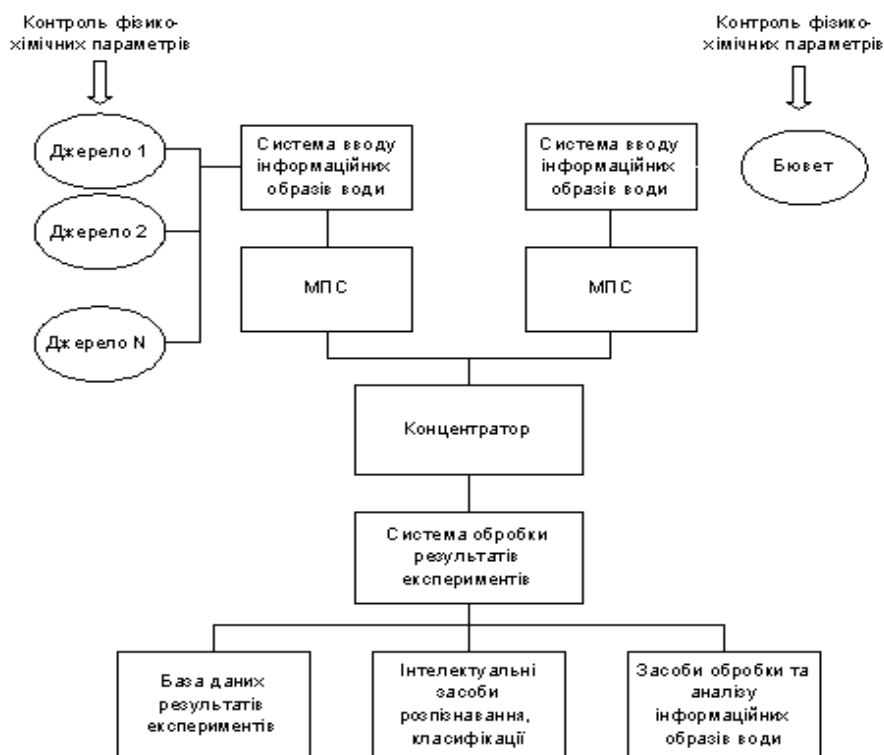


Рис. 1. Структура системи контролю та дослідження параметрів мінеральних вод

1. Давачі, які забезпечуватимуть контроль за фізико-хімічними параметрами води джерела.
2. Система введення зображень, яка містить апаратні та програмні засоби, керування введенням зображень, засоби обробки та покращання чутливості.
3. Мікропроцесорна система попередньої обробки інформації.
4. Концентратор даних

5. Система обробки результатів експериментів, яка складається з:

5.1. Інтелектуальних засобів розпізнавання, класифікації, пошуку інформації. Вони будуть реалізовані як програмні засоби пошуку за зразком, класифікації інформаційних образів води з використанням нейронних мереж.

5.2. Засобів обробки, аналізу інформаційних образів води, реалізованих як спеціалізовані програмні засоби опрацювання конкретного класу зображень із застосуванням нейронних мереж.

5.3. Бази даних проведених експериментів із інформаційними образами води під впливом різномірних енергетично-інформаційних факторів з інтелектуальними засобами пошуку зображень та даних. База даних міститиме інформацію про проведені експерименти, їхні параметри, допоміжну інформацію разом із інформаційними образами води.

Для оптимізації структури інформаційної технології контролю та дослідження мінеральних вод для її розроблення варто застосувати такі принципи:

- модульність; основні компоненти системи введення та обробки образів повинні бути реалізовані 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. Програмне забезпечення має створюватись з максимальним використанням стандартних драйверів та програмних засобів та врахуванням можливості нарощування та вдосконалення.

Функціональну схему інформаційної технології контролю та дослідження мінеральних вод наведено на рис. 2.

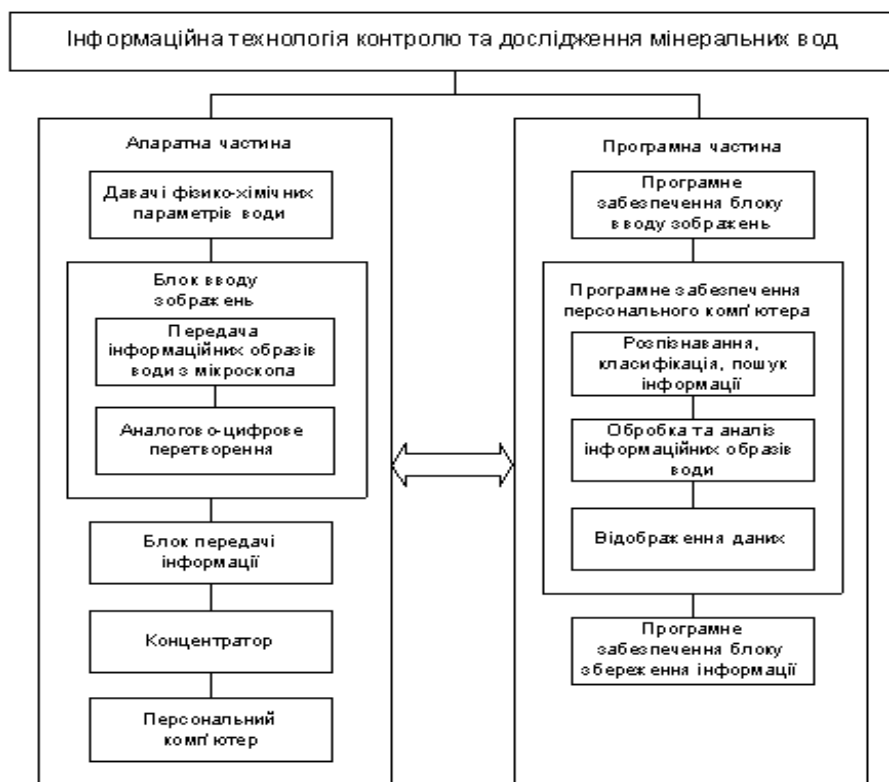


Рис. 2. Структура програмних і апаратних засобів інформаційної технології контролю та дослідження мінеральних вод

Для виявлення та дослідження характерних ознак інформаційних образів води можна виділити такі функції інтелектуальної системи:

- контроль фізико-хімічних параметрів води з джерела та бювету;
- введення інформаційних образів води та допоміжної інформації;
- збирання даних;

- попередня обробка, виділення характерних ознак образу та їхній аналіз;
- розпізнавання та класифікація одержаного образу, пошук інформації;
- синтез еталонного інформаційного образу води для кожного джерела та бювету;
- аналіз досліджуваного інформаційного образу води та формування на його основі оцінки зміни інформаційної складової води;
- візуалізація результатів;
- зберігання отриманої інформації.

Застосування інформаційної технології контролю та дослідження мінеральних вод дасть змогу інтенсивніше та більш цілеспрямовано досліджувати інформаційні властивості води. Система забезпечить проведення досліджень у контрастно-фазовому режимі за методом темного поля, допоможе систематизувати та класифікувати результати досліджень морфологічних змін снігових кристалів, індукованих різнорідними енергетично-інформаційними впливами.

Структура блоку введення зображень

З метою введення в комп'ютер інформаційних образів води необхідним є створення спеціалізованої системи, яка б забезпечувала високі показники щодо чутливості та роздільної здатності, а також працювала за низьких температур. Для попередніх досліджень створено блок введення зображень, який складається з таких модулів (рис. 3):

- модуль перетворення оптичної інформації в електричний сигнал – модифікована телекамера на основі електронно-вакуумної трубки типу “відікон”;
- модуль оцифрування відеозображення – спеціалізована карта розширення для персонального комп'ютера, призначена для оцифрування відеопотоку зовнішніх джерел відеосигналу;
- модуль цифро-аналогового введення–виведення та цифрового управління – спеціалізована карта розширення для персонального комп'ютера, призначена для аналого-цифрового, цифро-аналогового перетворення зовнішніх аналогових сигналів та видачі цифрових сигналів керування;
- модуль комутації та живлення.

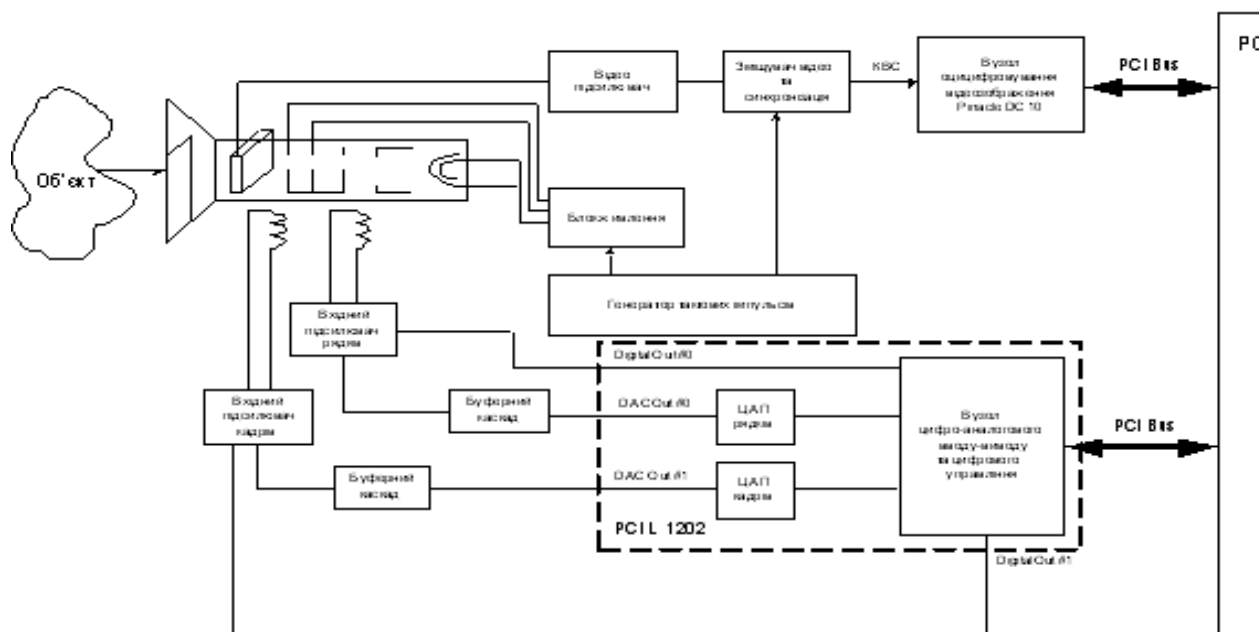


Рис. 3. Структура блоку введення зображень

Під час створення цього блоку досліджували роботу електронно-вакуумної трубки у граничних за роздільною здатністю та чутливістю режимах. Оскільки світлочувлива мішень електронно-променевої трубки має доволі однорідну структуру, то застосування різноманітних нестандартних режимів її сканування забезпечує можливість підвищення роздільної здатності (за рахунок більш детального сканування фрагмента мішені), оперативної зміни масштабу отриманого зображення (за рахунок вибору фрагмента мішені для сканування) без необхідності постій-

ної зміни об'єктива мікроскопа та налагодження точного фокусування. Ці переваги є істотними під час введення інформаційних образів води через мікроскоп [8].

Для досягнення високих параметрів за роздільною здатністю використовується режим багатократного поточкового введення зображення шляхом програмного задання зміщення координат X і Y та періоду зчитування. Використання нестандартних режимів сканування мішені електронно-вакуумної трубки дає змогу: підвищити чутливість за рахунок повторного введення інформації з того самого пікселя та використання засобів цифрової обробки даних (накопичення тощо); підвищити роздільну здатність за рахунок збільшення кількості пікселів, що зчитуються з одиниці площі мішені; оперативно змінювати масштаб зображення без необхідності зміни об'єктива мікроскопа за рахунок сканування з різним кроком всієї площини мішені або її фрагмента.

Для дослідження можливостей інформаційної технології під час введення інформаційних образів води створено лабораторний стенд, який поєднує апаратні та програмні компоненти.

Апаратні компоненти містять лабораторний мікроскоп із змінним об'єктивом зі збільшенням 7x, 40x, 90x та модифіковану телевізійну камеру на базі приймальної трубки типу "відікон", що забезпечує оперативну зміну роздільної здатності в межах 4x, модуль керування модифікованою телевізійною камерою та модуль оцифровування відеопослідовності, які розміщені у персональному комп'ютері. За допомогою розробленого програмного забезпечення, яке складається з програмних засобів керування модифікованою телевізійною камерою, програмного забезпечення для введення зображень, їхньої попередньої обробки та бази даних інформаційних образів води здійснюється керування усіма режимами роботи системи під час введення зображень.

Зображення інформаційних образів води вводиться в комп'ютер за допомогою плати оцифровування. Керування растром телекамери для підвищення роздільної здатності оцифровуваних зображень здійснюється платою введення-виведення.

Висновки

1. Застосування інтегрованого підходу, що охоплює програмні, апаратні засоби та сучасну елементну базу, дозволяє розробити ефективну інформаційну технологію дослідження характеристик мінеральних вод.
2. Використання таких принципів побудови інформаційної технології, як модульність, змінний склад обладнання, конструктивна простота, відкритість програмного забезпечення системи та новітні методики мікрометрії дозволяє значною мірою оптимізувати її структуру.
3. Дослідження інформаційно-структурних образів мінеральної води в комплексі із її фізико-хімічними та біологічними характеристиками дозволяють об'єктивно оцінити не лише про її склад, а й про фактори впливу та структуру води.

1. Войчишин К., Цмоць І., Гульовата Х. Інструментальні засоби введення та обробки інформаційно-структурних образів води // Вісник Нац-го ун-ту „Львівська політехніка” „Комп'ютерні науки та інформаційні технології”. – 2006. – №565. – С. 91–100. 2. Войчишин К., Цмоць І., Гульовата Х. та ін. Алгоритмічно-програмні засоби збереження та попереднього оброблення інформаційно-структурних образів води // Інформаційні технології і системи. – 2006. – Т.9. – №1. – С.79–84. 3. Giorgio P. *The Chemical Basis of Medical Climatology*. USA, 1962. – P. 95. 4. Masaru Emoto “*Die Antwort des Wassers*”. Band 2 – Berlin.: KOHA – Verlag Gmbh Burgrain, 2003. – p. 189. – ISBN 3-929512-98-x. 5. Masaru Emoto “*Die Antwort des Wassers*” – Berlin.: KOHA – Verlag Gmbh Burgrain, 2002. – p. 171. – ISBN 3-929512-93-9. 6. Masaru Emoto “*Wasserkristale*” – Berlin.: KOHA – Verlag Gmbh Burgrain, 2003. – p. 160. – ISBN 3-929512-20-3. 7. Грицик В.В., Опотяк Ю.В., Цмоць І.Г. та ін. Базові компоненти інтелектуальних систем введення, обробки, класифікації та розпізнавання зображень у реальному часі // Інформаційні технології і системи. – Львів: НВБД УАД, 2005. – Т.8. – №1. – С. 104–113. 8. Кравець І.І., Опотяк Ю.В., Цмоць І.Г. та ін. Апаратні засоби систем вводу зображень з високою роздільною здатністю та чутливістю для клітинної мікроскопії. – Львів: НВБД УАД, 2005. – Т.8. – №1. – С. 123-135. 9. Дюк В., Самоїленко А. *Data mining: Учебный курс*. – СПб: Питер, 2001. – 368 с. 10. Вайнштейн Б.К. *Кристаллография и научно-технический прогресс* // Кристаллография. – 1971. – Т. 16. – Вып. 2. – С. 261–269. 11. Жиков В.В. *Фракталы* // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 12. – С. 109–117. 12. *Прикладні аспекти інформаційних технологій. Т.1* – Херсон: Вид-во Херсонського морського інституту, 2005. – С. 72–74.