

- обоснован выбор величины интервала дискретности, который обеспечивает близкий к единице коэффициент детерминации идентифицированной модели объекта;

- показано, что данный метод может быть применен для идентификации параметров любого линейного стационарного непрерывного объекта, причем минимально необходимое количество ординат получаемой экспериментально переходной характеристики должно как минимум равняться количеству идентифицируемых параметров;

- перспективным направлением дальнейших исследований является оптимизация методов перехода от непрерывной к z-передаточной функции с целью упрощения аналитических выражений, позволяющих рассчитать параметры идентифицируемого объекта или системы.

#### Список литературы

1. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: пер. с англ. [Текст] / Л. Льюнг. – М.: Наука. – 1991. – 432 с.
2. Сергиенко М.П. Идентификация динамических характеристик измерительных преобразователей колебательного типа [Текст] / М.П. Сергиенко, Н.А. Мартынова // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Харьков. – 2011. – Вып.4(94). – С. 65 – 67.
3. Захаров И.П. Определение параметров передаточных функций линейных систем [Текст] / С.П. Захаров, М.П. Сергиенко // Системы обработки информации: Зб. наук. праць. – Харьков. – 2004. – Вып. 12(40). – С. 73 – 78.
4. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: пер. с англ. [Текст] / Б. Куо. – М.: Машиностроение. – 1986. – 448 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.  
Надійшла до редакції 08.09.2014*

УДК 004.932.4

© І.М. Удовик

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ САМООРГАНІЗУЮЧОГО ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНОГО МЕТОДУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИНГУЛЯРНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ**

В роботі досліджені інформативні можливості методу цифрової інтерферометрії, які можна бути використовувати для аналізу будь-якої інформації, що має топологічні властивості та можливість інтерпретації у вигляді слабоконтрастного зображення.

В работе исследованы информативные возможности метода цифровой интерферометрии, которые используются для анализа любой информации, имеющей топологические свойства и возможность интерпретации в виде слабоконтрастного изображения.

This paper investigated the method of digital interferometry, which can be used to analyze any information that has topological properties and the ability to interpretation in view weaklycontrastive image.

**Вступ.** Розвиток теоретичних і прикладних досліджень у різних галузях науки (медицина, екологія, геофізика та ін.) характеризується зростанням інтересу до використання візуальної інформації різної фізичної природи. Вказана обставина потребує створення нових методів і інформаційних технологій, які забезпечують перетворення вхідних зображень, якість яких часто є недостатньою із-за недосконалості систем отримання, передачі і зберігання у вигляді, визначений поставленою метою. Це забезпечує підвищення ефективності використання зображень в системах аналізу та підтримки прийняття рішень і має важливий вплив на розвиток багатьох галузей економіки України.

На теперішній час існує велика кількість технологій обробки зображень з метою підвищення їхньої якості, контрастності, фільтрації шумів, сегментації з метою розв'язання найрізноманітніших завдань. Однак, можна виділити клас слабоконтрастних зображень, які є об'єктом дослідження в різних галузях практичної діяльності людини і для котрих використання існуючих технологій цифрової обробки зображень є малоефективним. Складність їх обробки пов'язана з такими особливостями їх характеристик, як мультимодальний вигляд гістограми розподілу яскравості з повним використанням її діапазону, наявність візуально невиразних об'єктів потенційного інтересу, розташованих на неоднорідному яскравісному фоні, невідомими статистичними і спектральними характеристиками. Рішення даної задачі ускладнюється суттєвою відмінністю типів зображень і систем їх формування та суб'єктивністю візуального сприйняття результату.

**Постановка задачі.** Метою роботи є дослідження інформативних можливостей інтерференційного методу з самоорганізуючим варіантом вибору параметра модуляційного перетворення та використанням сингулярного розкладу.

Викладення матеріалу та результати. У зв'язку з великою кількістю практичних задач, пов'язаних з аналізом слабоконтрастних зображень, важливу роль відіграють технологічні особливості використання характеристик інтерференційного методу.

Основна ідея самоорганізуючого інтерференційного методу полягає у використанні модуляційного перетворення:

$$\vec{A}(x, y) = \exp(j\pi / [H(I(x, y)) + \alpha]), \quad (1)$$

де  $\alpha = 0.001$  – параметр, який унеможливорює ділення на нуль;  $H$  – оператор перетворення початкового зображення  $I(x, y)$  (інверсії або еквалізації гістограми).

На рис. 1 представлені характеристики самоорганізуючого інтерференційного методу для зображення геофізичного поля.

З аналізу рис. 1 видно, що кожна характеристика містить нову додаткову інформацію. Дослідження показали, що для аналізу зображень з повним діапазоном зміни значень яскравостей необхідно використовувати операцію еквалізації гістограми як до початкового зображення, так і до його інвертованого варіанту для забезпечення більшої інформативності синтезованого ансамблю інтерференційних характеристик. Формування з одного зображення  $I(x, y)$  восьмимірною ансамблю інтерференційних характеристик  $\{G_i(x, y), i = 1, \dots, 8\}$  при-

зводить до появи додаткової задачі, пов'язаної з необхідністю його аналізу як єдиного цілого. В даній роботі пропонується наступне рішення даної проблеми.

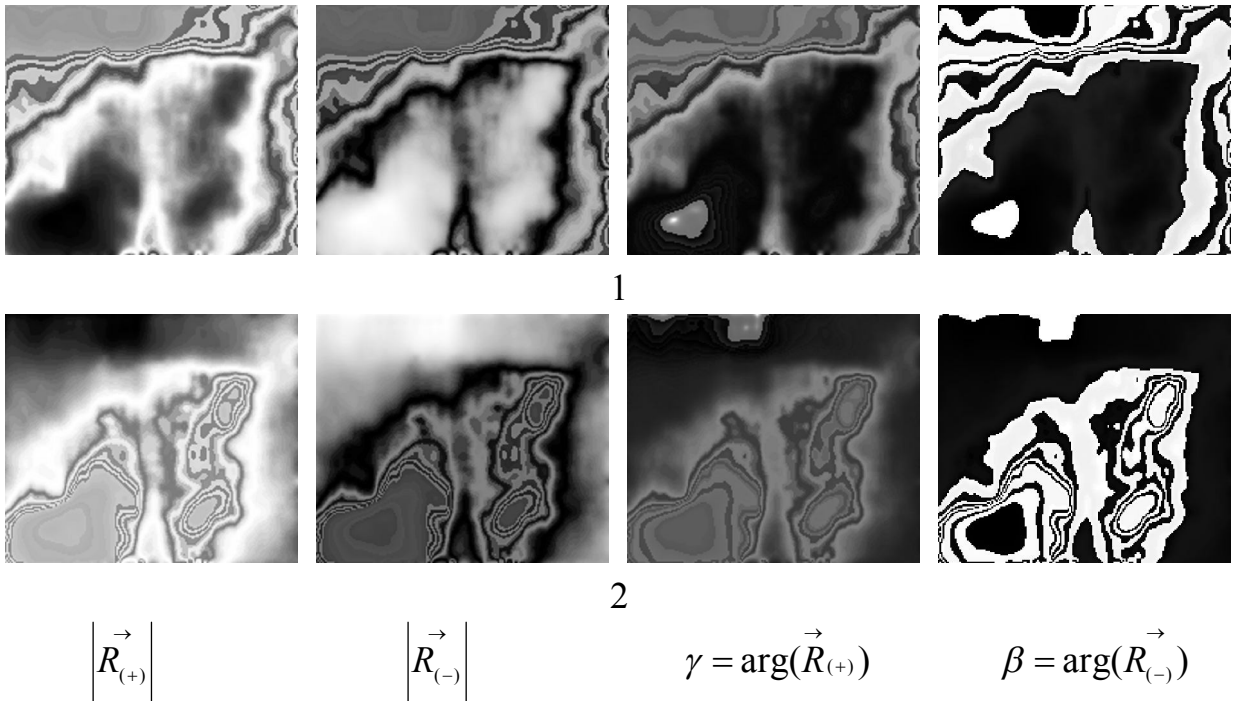


Рис. 1. Інтерференційні характеристики геофізического поля:  
1 – вихідного та 2 – інвертованого зображень

Синтез зображень ансамблю  $\{G_i(x, y), i = 1, \dots, 8\}$  з використанням операції RGB кодування [1].

Суть підходу полягає у трансформації початкового ансамблю зображень  $\{G_i(x, y)\}$  у матрицю  $S(M * N \times 8)$ , де  $[M, N]$  – розмірність одного зображення з використанням сингулярного розкладу[2, 3].

$$S = U W V^T, \quad (2)$$

де  $U = [U_1 U_2 \dots U_8]$  – матриця сингулярних векторів розмірністю  $(M * N \times 8)$ , формуючих ортонормований базис;  $W$  – діагональна матриця, елементи якої  $w_i$  ( $i = 1, \dots, 8$ ) є сингулярними числами матриці  $G$ , причому  $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_8 \geq 0$ . Вони є значеннями матриці  $G^T G$ , а  $V$  – представляє собою ортогональну матрицю розміром  $(8 \times 8)$ .

Сингулярний розклад матриці  $S$ , призводящий до синтезу ортонормованої матриці сингулярних векторів  $U$ , з фізичної точки зору представляє собою такий тип математичного перетворення, який максимізує різницю між стовбцями матриці  $S$ . Причому ступінь інформаційного значення зображень  $U_i(x, y)$ , синтезованих з сингулярних векторів (2) приймається рівною відповідному йому нормованому значенню сингулярного числа

$$\hat{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^8 w_i} 100\%, i = 1, \dots, 8. \quad (3)$$

На рис. 2 (а) представлено спектр нормованих сингулярних чисел ансамблю зображень, представленого на рис. 1.

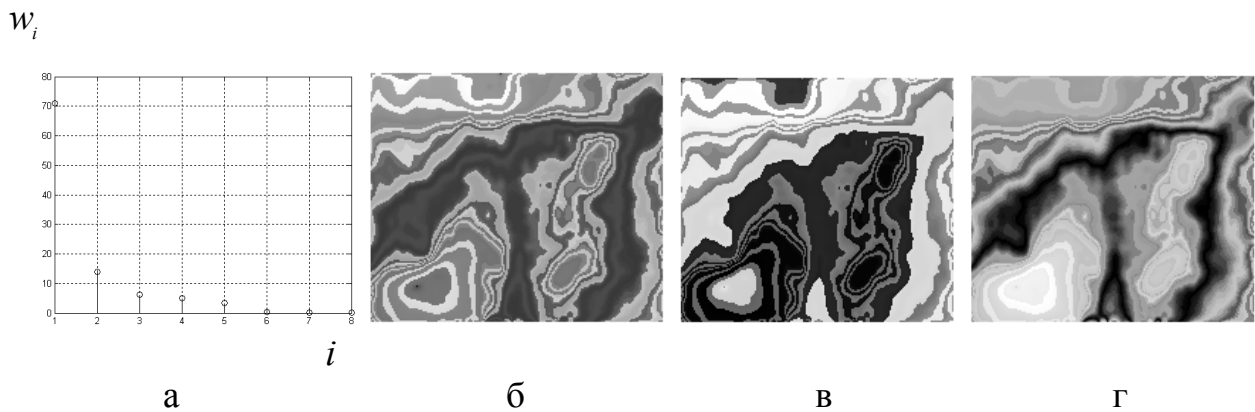


Рис. 2. Спектр нормованих сингулярних чисел (а) та три перші зображення (б – г) ансамблю зображень на рис. 1

З аналізу результатів рис. 2 (а) можна зробити висновок, що першим трьом зображенням належить близько 91% інформації, яку має восьмимірний ансамбль, а 4, 5 та 6-му – лише 8%. Ця обставина дозволяє синтезувати на їх основі кольорові RGB зображення (рис. 3 а, б).

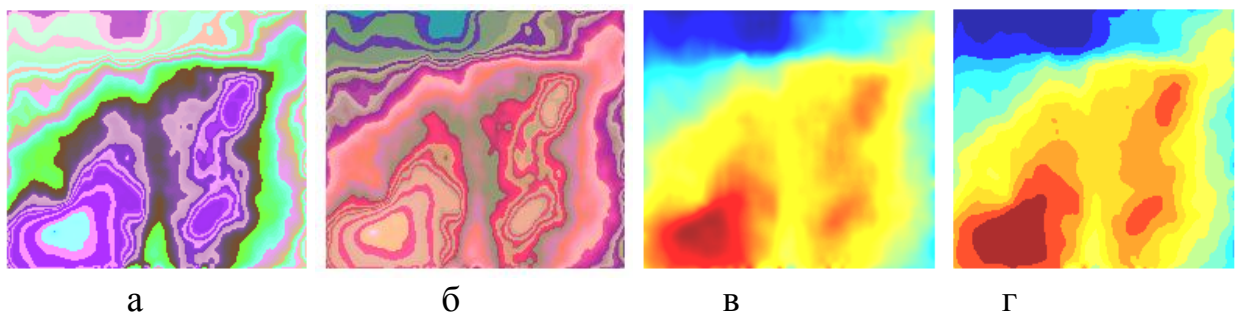


Рис. 3. RGB кодування зображень ансамблю, представленого на рис. 2: а – на основі представлених зображень рис. 2; б – з використанням псевдокольорового кодування; г – результат кластеризації методом С-середніх (12 кластерів)

Додатковою практичною перевагою запропонованого варіанту є той факт, що для зображення розміром (512x512) швидкість обробки на два порядки вища в порівнянні з методом нечітких С-середніх (при виборі кількості кластерів 12).

Також можливим є синтез результуючого зображення на основі використання нейронної мережі Кохонена [4,5,6]. Нейронна мережа Кохонена здійснює адаптивну нелінійну сегментацію багатовимірної інформації без апріорного задання кількості кластерів. Ступінь деталізації результуючого зображення може корегуватися шляхом завдання кількості нейронів. На рис. 4 представлені результати застосування мережі Кохонена з різною кількістю нейронів для (стиску) сегментації ансамблю зображень рисунка 1.

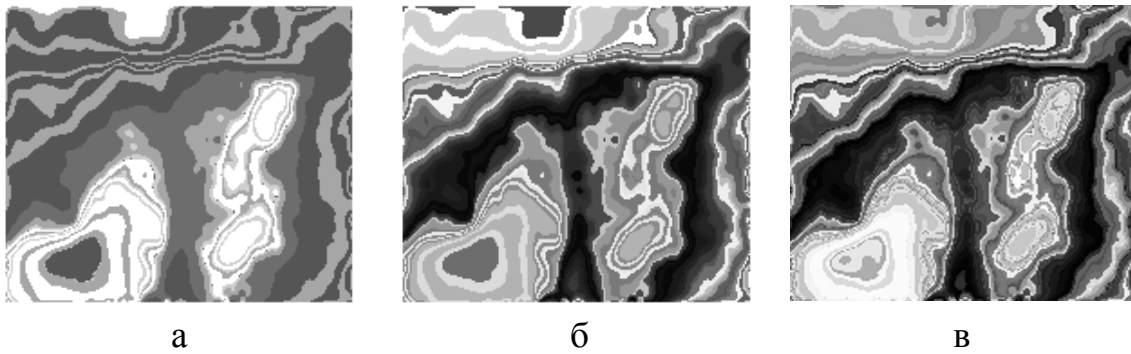


Рис. 4. Стиск багатовимірного ансамблю зображень нейронною мережею Кохонена при різній кількості нейронів: а –  $K=16$ ; б –  $K=64$ ; в –  $K=128$

При аналізі результатів, отриманих на рис. 3 та рис. 4 видно, що обидва варіанти забезпечують схожі результати, але результати рисунка 3 є більш простими у програмно-алгоритмічному відношенні. Однак застосування мережі Кохонена дозволяє керувати ступенем деталізації результуючого зображення шляхом вибору кількості його нейронів.

**Висновки.** В роботі представлено варіант підвищення інформаційних можливостей інтерференційного методу для виділення слабкоконтрастних ділянок будь-якої площини та довільної форми, без використання апріорної інформації про вибір значення модуляційного параметру, на основі самоорганізуючого вибору параметра  $\lambda$ .

При використанні даного підходу необхідно виконати попередню обробку зображення методом еквалізації гістограм для забезпечення більш однородного розподілу його яскравостей по всьому діапазону.

Доцільно виконувати обробку як початкового зображення, так і його інвертований варіант для покращення якості «темних» та «світлих» ділянок, що призводить до збільшення кількості інтерференційних характеристик з чотирьох до восьми.

Синтез результуючого зображення з восьмимірною ансамблем можливо на базі RGB-кодування перших трьох зображень або використання нейронної мережі Кохонена.

#### Список літератури

1. Ахметшина Л.Г. Повышение разрешающей способности изображений геофизических полей на основе метода многомерной ортогональной адаптивной кластеризации / Л.Г. Ахметшина // Науковий Вісник Національного гірничого університету. – 2003. – № 10. – С. 35 – 38.
2. Стренг Г. Линейная алгебра и ее применения / Г. Стренг; [пер. с англ. Ю.А. Кузнецова, Д. М. Фоге]; под ред. Г.И. Марчука. – М.: Мир, 1980. – 423 с.
3. Беклемишев Д.В. Дополнительные главы линейной алгебры / Д.В. Беклемишев – М.: Наука, 1983. – 455 с.
4. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты / Т. Кохонен; [пер. с англ. В.Н. Агеева]. – М.: Бинном, 2008. – 655 с.
5. Ахметшина Л.Г. Сегментация мультиспектральных изображений с использованием самоорганизующихся карт Кохонена / Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров // Сб. научных трудов НГАУ. – 2002. – Т. 2, № 14. – С. 154 – 158.

6. Ахметшина Л.Г. Анализ многомерных геофизических данных на основе метода самоорганизующихся карт / Л.Г. Ахметшина, А.А. Егоров // Научный вестник НГАУ. – 2001. – № 5. – С. 45 – 47.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Алексєєвим М.О.  
Надійшла до редакції 09.10.2014*

УДК 681.3:004.8:622.867

© А.М. Алексеев

## **РАЗРАБОТКА ОПЕРАТИВНЫХ ПЛАНОВ ЛИКВИДАЦИИ ШАХТНЫХ АВАРИЙ НА БАЗЕ ПРЕЦЕДЕНТНОГО ПОДХОДА**

У статті вирішені питання ідентифікації і адаптації прецедентів для бази знань інтелектуальної системи підтримки рішень при ліквідації аварій на шахтах. Показані можливості прогнозування стану оперативної обстановки на пожежі, використовуючи збережені в базі знань прецеденти у вигляді варіантів причинно-наслідкових зв'язків. Розроблені процедури зберігання і пошуку подібних випадків у базі знань.

В статье решены вопросы идентификации и адаптации прецедентов для базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решений при ликвидации аварий на шахтах. Показаны возможности прогнозирования состояния оперативной обстановки на пожаре, используя сохраненные в базе знаний прецеденты в виде вариантов причинно - следственных связей. Разработаны процедуры хранения и поиска подобных случаев в базе знаний.

In the article we have solved the problems of identification and adaptation of precedents for knowledge base of intelligent decision support system during the liquidation of mining accidents. We have showed the capabilities to predict the state of the operational environment on fire, we used the saved precedents in the form of options cause - effect relationships. There were designed the procedures for the storage and searching of similar cases in the knowledge base.

**Введение.** Принятие оперативных решений при тушении пожаров на шахте, вызывает необходимость создания «Компьютерных систем поддержки принятия решений руководством объекта управления в экстремальных ситуациях». В данном случае возникает задача создания баз знаний, по которым возможно оперативно принимать в экстремальных условиях обоснованные, точные решения. Разрабатываемая модель знаний данной предметной области содержит имплицитивные (причинно-следственные) отношения, посредством которых описываются возможные аварийные ситуации. Поэтому в работе решаются задачи: описания возможных аварийных ситуаций; процедуры конкретизации или обобщения этих ситуаций; процедуры их адаптации реальным условиям, сложившимся на объекте управления; схемы принятия решений по ликвидации аварий. Все эти процессы в основном представляются на уровне нечётких лингвистических переменных.

**Формулировка цели и задачи исследования.** В работе должны решаться вопросы возможности прогнозирования состояния оперативной обстановки на пожаре в шахте, используя сохраненные в базе знаний прецеденты в виде вариантов причинно-следственных связей, организации процедур идентификации, адаптации, хранения, поиска подобных прецедентов в базе знаний интеллектуальной системы.