

комплексними числами. Це дає змогу в подальшому переходити на інші точності представлення даних без зміни основного алгоритму.

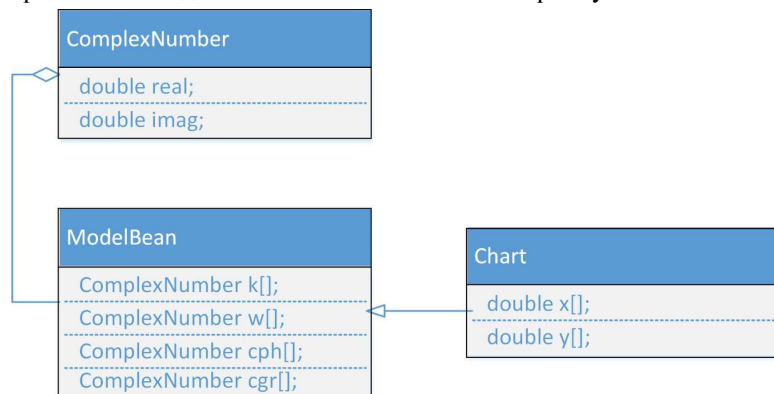


Рис. 3. Структура даних для алгоритму

Алгоритм обчислення складається із таких послідовностей:

1. Введення механічних і геометричних розмірів середовища поширення ультразвукової хвилі.
2. Визначення кроку дискретизації та початкового і кінцевого значень діапазону обчислень.
3. Проведення пошуку кореня на вибраних квадратах координат хвильове число – частота.
4. Запис пошуку кореня в структуру даних.

Висновки. Виявлено, що за допомогою розроблення спеціалізованої структури даних для збереження результатів обчислення алгоритму та представлення результатів у графічних фігурах можна істотно оптимізувати роботу існуючого алгоритму обчислення моделі поширення спрямованих ультразвукових хвиль. Зміна алгоритму дає змогу здійснювати оптимізацію проведення розрахунків шляхом заміни точності представлення числа без впливу на процес пошуку кореня та розбиття площі пошуку на сітку.

Література

1. Мандра А.А. Визначення величини модуля юнга сталей магістральних газопроводів моделюванням методом скінченних елементів поширення ультразвукових мод Лемба / А.А. Мандра, І.З. Лютак, З.П. Лютак // Розвідка та розроблення нафтових і газових родовищ. 2011. – Vol. 4 (41). – С. 66-71.
2. Cheng-Hung Yeh. Characterization of mechanical and geometrical properties of a tube with axial and circumferential guided waves / Cheng-Hung Yeh, Che-Hua Yang // Ultrasonics. – 2011. – Vol. 51. – Issue 4. – Pp. 472-479.
3. Feifei Zhang. Bulk-wave and guided-wave photoacoustic evaluation of the mechanical properties of aluminum/silicon nitride double-layer thin films / Feifei Zhang, Sridhar Krishnaswamy, Carmen M. Lilley // Ultrasonics. – 2006. – Vol. 45. – Issues 1-4. – Pp. 66-76.
4. Gavrić L.J. Computation of propagative waves in free rail using a finite element technique / L.J. Gavrić // Sound and Vib. – 1995. – № 185(3). – Pp. 531-543.
5. Wilcox P. Dispersion and excitability of guided acoustic waves in isotropic beams with arbitrary cross section / P. Wilcox, M. Evans, O. Diligent, M. Lowe, P. Cawley // Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation. – 2002. – Vol. 21. – Pp. 203-210.

6. Документація на пакет програм скінченно-елементного аналізу Comsol версія 3.5 а. – COMSOL Inc., 2009. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM) 12 см. – Системні вимоги: Pentium-266; 32 Mb RAM; DVD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з титул. екрану.
7. Fong K.L.J. A study of curvature effects on guided elastic waves / K.L.J. Fong. – PhD thesis. Imperial College London, 2005. – 209 p.
8. Lowe M.J.S. Matrix techniques for modelling ultrasonic waves in multilayered media / M.J.S. Lowe // IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Fr. Contr. – 1995. – Vol. 42(4). – Pp. 525-542.
9. Викторов И.А. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэлея и Лэмба в технике / И.А. Викторов. – М.: Изд-во "Наука", 1966. – 168 с.
10. Rose J.L. Ultrasonic Waves in Solid Media / J.L. Rose // Cambridge University Press. – 1999. – 476 p.

Лютак И.З. Разработка алгоритма и структуры данных для вычисления параметров распространения ультразвуковых мод Лэмба

На основании метода конечных элементов разработан подход для проведения вычисления параметров распространения ультразвуковых направленных волн. Суть подхода заключается в разработке такой структуры данных сохранения результатов расчетов, чтобы алгоритм получил свойства масштабируемости и модульности. Приведены основные элементы модели вычисления распространения ультразвуковых направленных волн. За основу модели взят алгоритм собственных колебаний с циклической симметрией, что реализован в пакетах конечного элементного анализа. Такой алгоритм является стабильным и верифицированным. Представлены результаты расчета волнового числа от частоты для одиннадцати мод (симметричных и антисимметричных).

Ключевые слова: ультразвуковая волна, метод конечных элементов, моды Лэмба, модуль Юнга.

Lytak I.Z. The Development of the Data Algorithm and Structure for the Calculation of Eventual Elements of Expansion of Lamb Method Ultrasonic Fashions

The approach for calculating the parameters of propagation of guided ultrasonic waves is designed. The essence of the approach is the development of such data structure to save the results of calculations; the algorithm has acquired properties scalability and modularity. The main elements of the model calculations of ultrasonic directed waves propagation are shown. It is based on models that implement an algorithm in packages with finite element analysis of natural oscillations with cyclic symmetry. This algorithm is stable and verified. The wave number is calculated with frequencies for eleven modes (symmetric and antisymmetric).

Key words: ultrasonic wave, finite element method, lamb modes, Young modulus.

УДК 004.932.2

Асист. Н.В. Пйонтко¹;
проф. М.П. Карпінський², д-р техн. наук

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЧНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ ЧАСТКОВО СПОТВОРЕНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Розроблено інформаційну технологію автоматичної сегментації частково спотворених зображень, яка базується на двох критеріях сегментації: один на базі вейвлет-перетворення, а інший – модифікований критерій на базі сингулярного розкладу матриці. Модифіковано метод сегментації на підставі методу визначення меж шляхом застосування комбінованого критерію. Запропоновано адаптацію методу автоматичної ідентифікації змазаних зображень для ідентифікації типу спотворення сегментів частково спотворених зображень. Оцінено ефективність роботи технології, яка становить 89 %.

Ключові слова: частково спотворені зображення, сегментація, критерії сегментації.

¹ Тернопільський НТУ ім. Івана Пулюя;

² Університет в Бельську-Бялій та Вища державна технічна школа в Новому Сончі (Польща)

Вступ. Спотворення зображень є неминучим явищем, яке супроводжує будь-який процес їх отримання. Задача відновлення таких спотворень є однією із фундаментальних. Цю тематику висвітлено у багатьох дослідженнях, однак істотним недоліком існуючих на цей час методів є те, що у всіх із них вважається, що усе зображення було піддане однаковому типу і ступеню спотворення, що на практиці не завжди виконується. Наприклад, при фотозйомці рухомих об'єктів сам об'єкт може бути чітким, тоді як фон буде змазаним, або навпаки. Аналогічне явище спостерігається, коли певний об'єкт не потрапляє у фокус об'єктива. Таким чином, постає задача відновлення таких частково спотворених зображень, а також виділення спотворених і не спотворених областей таких зображень – задача сегментації частково спотворених зображень, як один із найважливіших етапів на шляху їх відновлення.

Формально, задачу сегментації частково спотворених зображень можна сформулювати таким чином: різні області зображення I мають різні типи та параметри спотворень, тобто існує кілька (N) операторів спотворення $H_1, \dots, H_N$ і складових шуму $\eta_1, \dots, \eta_N$, котрі застосовані до різних областей зображення, що не перетинаються. Тобто частково спотворене зображення I можна представити у вигляді N областей (сегментів, кластерів) $G_1, \dots, G_N$:

$$\bigcup_{i=1}^N G_i = I \wedge G_i \cap G_j = \emptyset \quad \forall i=1..N, i \neq j; \quad G_i = F_i * H_i + \eta_i. \quad (1)$$

Таким чином, задача полягає у тому, щоб кожному пікселю вхідного зображення був поставлений у відповідність сегмент із певної множини сегментів, кожен з яких володіє однаковим типом та параметрами спотворення.

Огляд досліджень та публікацій. У [1] розглянуто метод сегментації частково спотворених зображень із використанням чотирьох критеріїв та методу сегментування за допомогою баєсового класифікатора. У роботі використано чотири критерії сегментації: а) похідна локальної потужності спектра, в основі якого лежить застосування віконного перетворення Фур'є; б) критерій на основі оцінювання гістограми градієнта зображення; в) критерій оцінювання насиченості кольору у різних частинах зображення; г) локальна автокореляційна конгруентність, яка застосовується для класифікації типу спотворення, розмиття і змазування.

У дослідженні [2] запропоновано використання сингулярного розкладу зображення. Критерій сегментації обчислюється так: для кожного вікна певного розміру рахується його сингулярний розклад, і як критерій для сегментування застосовується відношення сум перших кількох елементів лівого сингулярного вектора вікна до усіх елементів зазначеного вектора. Для сегментування із використанням розробленого критерію застосовується підхід на базі глобального порогового значення, яке визначається наперед експериментально.

У [3] автори сконцентрували свою роботу на удосконаленні методів, розроблених у [1]. У роботі розроблено: критерій на основі насиченості кольору, який на відміну від [1], де використовується максимальне значення насиченості кольору, використовує кольорову модель CIELAB; критерій на основі "форми" розподілу абсолютної величини градієнта; критерій на базі похідної локальної потужності спектра, аналогічно до [1]. В основу методу сегментації в [3] покладено використання методу опорних векторів для класифікації кожного пікселя.

Критерії сегментації частково спотворених зображень. Аналіз існуючих досліджень показує, що розроблення інформаційної технології сегментації частково спотворених зображень полягає у вирішенні двох задач: 1) розробленні критеріїв сегментації частково спотворених зображень; 2) розробленні методу сегментації, що базується на розроблених критеріях. У розробленій інформаційній технології запропоновано використання трьох критеріїв сегментації, два з яких дають змогу встановити ступінь спотворення у конкретному пікселі зображення, а останній дає змогу ідентифікувати тип спотворення.

Критерій сегментації частково спотворених зображень із використанням вейвлет-перетворення. Цей критерій базується на тому, що процес спотворення (розмивання і змазування) володіє ефектом, схожим із отриманим після застосування фільтрів низьких частот. Критерій сегментації частково спотворених зображень із використанням вейвлет-перетворення детально описано в [4]. Суть його зводиться до побудови карти границь $Emap$ на базі застосування вейвлет-перетворення для вхідного зображення I для отримання першого масштабу. Обчислення ентропії у квадратному вікні певного розміру для кожного елемента із $Emap$ дає матрицю I' , яка після збільшення в два рази по кожній розмірності із використанням бікубічної інтерполяції дає матрицю I'' такої ж розмірності як вхідне зображення I , при цьому кожен її елемент є відносним чисельним значенням ступеня спотворення у кожному пікселі I .

Критерій сегментації частково спотворених зображень із використанням сингулярного розкладу матриці. Оскільки будь-яке зображення I можна представити як матрицю розмірності $N \times M$, то до неї можна застосувати сингулярний розклад у вигляді:

$$I = U \Sigma V^T, \quad (2)$$

де: Σ – матриця розмірності $N \times M$, в якій елементи головної діагоналі – це власні значення, а інші елементи дорівнюють нулю; U та V дві унітарні матриці, які складаються із правих і лівих власних сингулярних векторів відповідно до (2), можна представити у такому вигляді:

$$I = \sum_{i=1}^r \lambda_i u_i v_i^T, \quad (3)$$

де: u_i та v_i – колонки векторів із U та V відповідно; λ_i – власне значення; r – ранг матриці I , який визначається як кількість не нульових елементів у матриці Σ .

При виборі тільки певної кількості значущих власних значень $r_1 < r$ (решта обнуляється) відбувається втрата інформації, створюється певна апроксимація вхідного зображення I . Аналогічним чином працює і спотворення, зберігаючи інформацію про форми об'єктів, але усуваючи детальну інформацію про їх межі (створюючи певну апроксимацію). Таким чином, кількість значущих власних значень λ_i на спотворених зображеннях буде меншою, ніж на чітких.

Відомим є критерій C [2] на базі сингулярного розкладу матриці

$$C = \sum_{i=1}^k \lambda_i / \sum_{i=1}^r \lambda_i, \quad (4)$$

де: C – значення критерію; λ_i – власне значення; r – ранг матриці-зображення I ; k – певне значення кількості "значущих" власних значень, $k < r$; k – вибирається експериментально, таким чином k є параметром критерію. Аналізуючи критерій (4), очевидно, що його значення будуть більшими для спотворених зображень і меншими для чітких, оскільки у спотворених зображеннях перші k власних значень будуть мати значно більший вплив на вигляд зображення значення, ніж решта.

Отже, маючи критерій із (4), можна його застосувати для встановлення розмиття в певному пікселі зображення, необхідного для сегментації частково спотворених зображень. Для цього необхідно здійснювати обчислення у певному вікні, причому розмірність вікна, як і в критерії, розглянутому вище, потрібно встановити експериментально. Приклад застосування цього критерію для зображення, представленого на рис. а, подано на рис. б. Варто зазначити, що для прикладу було вибрано $k=3$, а розмірність вікна $K=25$. На рис. можна побачити, що пікселям із чітких областей поставлено у відповідність менші значення (темні пікселі), а спотвореним – більші (світлі пікселі), що відповідає викладкам вище.

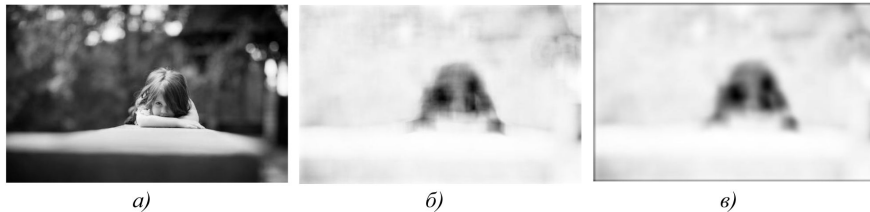


Рис. Візуалізація результату застосування критерію сегментації частково спотворених зображень із використанням сингулярного розкладу матриці:
а) вхідне зображення; б) візуалізація значень критерію із [2]; в) візуалізація значень модифікованого критерію

Аналізуючи рис. б, а також інші результати застосування критерію частково спотворених зображень із використанням сингулярного розкладу матриці можна помітити наявність значних і різких перепадів значень критерію в межах чітких областей чи спотворених, що виражається наявністю світлих або темних ліній при візуалізації. Наявність такої особливості не дуже сприяє подальшому розробленню методу сегментації на основі критеріїв. Цей недолік оригінального критерію пропонуємо вирішувати застосуванням згладжувального фільтра на основі середнього значення у вікні, розмірність якого визначається під час чисельних експериментів. Цей фільтр застосовується після обчислення оригінального критерію. На рис. в показано результат візуалізації застосування модифікованого критерію.

Критерій ідентифікації змазаних зображень. Виходячи із аналізу розроблених на цей час методів сегментації частково спотворених зображень, можна зробити висновок, що невід'ємною їх складовою є наявність критерію ідентифікації типу спотворення, а саме ідентифікації одного із двох типів спотворення: змазування і розмивання.

У [5] описано метод автоматичної ідентифікації змазаних зображень. Цей метод розроблений на припущенні, що усе зображення зазнало однакового

типу спотворення, однак цей метод можна адаптувати до задачі сегментації частково спотворених зображень, якщо обчислювати значення критерію із методу [5] для деякого частково спотвореного зображення I у квадратному вікні певного розміру для кожного пікселя (x, y) . Після застосування методу сегментації, який використовує два розглянутих вище критерії спотворення для побудови сегментації $[G_1, \dots, G_M]$ вхідного зображення I , пропонуємо обчислювати середнє значення цього критерію для кожного сегменту G_i , після чого порівнювати його із деяким експериментально визначеним $C_{id\ threshold}$, якщо отримане значення більше, ніж $C_{id\ threshold}$, то G_i є змазаним, інакше розмитим.

Метод сегментації частково спотворених зображень. У [6] розроблено метод сегментації частково спотворених зображень, котрий шляхом застосування методу виділення границь із [7] здійснює первинне розбиття зображення на сегменти, які обмежені виділеними межами, а далі ітеративно, використовуючи критерій сегментації на базі вейвлет-перетворення, уточнює сегментацію, шляхом об'єднання сусідніх сегментів, котрі зазнали однакового типу та ступеня спотворення.

Пропонуємо удосконалити метод із [6] шляхом використання двох вище розглянутих критеріїв сегментації, об'єднавши їх таким чином:

$$C = \alpha_{C_1} \cdot C_1 + \alpha_{C_2} \cdot C_2, \quad (5)$$

де: C_1 – критерій сегментації із використання вейвлет-перетворення; C_2 – критерій із використанням сингулярного розкладу матриці; α_{C_1} та α_{C_2} – коефіцієнти, що визначаються експериментально.

Вибір параметрів критеріїв та методів, оцінювання результатів. Критерії сегментації так само як і метод сегментації мають ряд параметрів, які необхідно підібрати для досягнення найкращого результату, шляхом апробації різних наборів параметрів на тестовому наборі зображень задля досягнення найвищого середнього значення ефективності сегментації зображень.

Для цього розроблено програмну реалізацію розглянутих у роботі критеріїв і методів у середовищі розроблення MATLAB і використано більше 100 тестових частково спотворених зображень. Критерії ефективності сегментації зображення пропонуємо визначати згідно з формулою:

$$C_E = \frac{N_{correct}}{N_{total}}, \quad (6)$$

де: C_E – значення критерію ефективності сегментації; N_{total} – загальна кількість пікселів на зображенні; $N_{correct}$ – кількість пікселів, що були просегментовані правильно. Процедура обчислення $N_{correct}$ така: для вхідного зображення I , для якого наперед відоме еталонне розбиття на сегменти $[G_1, G_2, \dots, G_M]$, здійснюється автоматичне програмне виділення множини сегментів $[G'_1, G'_2, \dots, G'_K]$. Для кожного сегмента G_i шукається відповідний йому сегмент G'_i , для яких кількість спільних пікселів найбільша, тобто $|G_i \cap G'_i| \rightarrow \max$. Знайшовши таку пару сегментів, необхідно обчислити $A_i = |G_i' \setminus G_i|$. $N_{correct} = \sum |A_i| + \sum |G_k'|$, де G_k' – сегменти із множини G' для яких не було знайдено відповідного елемента із G .

Обчислення значень ефективності сегментації на наборі тестових частково спотворених зображень згідно з (6) свідчить, що середнє значення ефективності становить 89 %, причому ефективність сегментації 43 % тестових зображень становить вище ніж 95 %. Виходячи із цих результатів, можна стверджувати, що було досягнуто вищої ефективності сегментації частково спотворених зображень порівняно з існуючими на цей час методами (ефективність яких у середньому 80-85 %).

Висновки. Модифіковано критерій сегментації частково спотворених зображень із використанням сингулярного розкладу матриці, шляхом застосування усереднювального фільтра. Модифіковано метод сегментації на підставі методу визначення границь шляхом застосування комбінованого критерію. Запропоновано адаптацію методу автоматичної ідентифікації змазаних зображень для ідентифікації типу спотворення сегментів частково спотворених зображень, а також оцінено ефективність його роботи, яка становить 89 %, причому ефективність сегментації 43 % тестових зображень становить вище ніж 95 %, що є більшим показником, ніж в існуючих на цей час підходах.

Література

1. Liu R. Image Partial Blur Detection and Classification / R. Liu, Z. Li, J. Jia // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2008. – Pp. 197-200.
2. Su B. Blurred Image Region Detection and Classification / B. Su // ACM Multimedia. – 2011. – Pp. 1397-1400.
3. Wei X. Detecting and classifying blurred image regions / X. Wei // Multimedia and Expo (ICME), IEEE International Conference, 2013. – Pp. 97-100.
4. Piontko N. Segmentation of partially-blurred images using wavelet transform / N.V. Piontko, M.P. Karpinski // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2013. – № 777. – С. 118-122.
5. Спосіб автоматичної ідентифікації змазаних зображень: патент на корисну модель 82878 : МПК (2013.01) G06K 9/00 G06K 9/46 (2006.01) / Н.В. Пйонтко, М.П. Карпінський; власник патенту Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (Україна), Академія технічно-гуманістична в Бельску-Бялей (Польща), № у 2012 11096; заявл. 24.09.12; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. – 6 с.
6. Пйонтко Н. Сегментування частково спотворених зображень на підставі методу визначення границь / Н.В. Пйонтко // Науковий вісник Чернівецького університету ім. Юрія Федьковича. – Сер.: Комп'ютерні системи та компоненти. – 2012. – Т. 4, вип. 3. – С. 22-27.
7. Arbelaez P. Contour Detection and Hierarchical Image Segmentation / P. Arbelaez, M. Maire, C. Fowlkes, J. Malik // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2011. – Vol. 33, № 5. – Pp. 898-916.

Пйонтко Н.В., Карпинский М.П. Информационная технология автоматической сегментации частично искаженных изображений

Разработана информационная технология автоматической сегментации частично искаженных изображений, основанная на двух критериях сегментации: один на базе вейвлет-преобразования, а другой – модифицированный критерий на базе сингулярного разложения матрицы. Модифицирован метод сегментации на основе метода определения границ путем применения комбинированного критерия. Предложена адаптация метода автоматической идентификации смазанных изображений для идентификации типа искажения сегментов частично искаженных изображений. Осуществлена оценка эффективности работы технологии, которая составляет 89 %.

Ключевые слова: частично искаженные изображения, сегментация, критерии сегментации.

Piontko N.V., Karpinski M.P. Information Technology of Automatic Segmentation of Partially Blurred Images

Information technology for automatic segmentation of partially blurred image is developed. The technology is based on two criteria of segmentation. The first one is based on the wavelet transformation and the second one is the modification of the criterion based on the matrix singular value decomposition. Segmentation method has been modified via applying complex segmentation criterion. The method of automatic identification of blurred images has been adapted for identification of blur type for blurred segments. The estimation of the efficiency has also been performed. The efficiency of the technology is assessed to be 89 %.

Key words: partially blurred images, segmentation, segmentation criteria, wavelet transformation.

УДК 004:351

Доц. А.Є. Батюк¹, канд. техн. наук;

доц. М.Б. Вітер², канд. фіз.-мат. наук; Г.Б. Лойк³, канд. пед. наук

ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОННОГО УРЯДУВАННЯ УКРАЇНИ

Сформульовано принципи побудови електронного уряду. Описано головні напрями його функціонування: міждержавне взаємодія, надання послуг підприємцям, надання послуг громадянам. Зазначено причини відсутності належного рівня інтеграції існуючих електронних інформаційних ресурсів державних органів України в рамках системи електронного урядування. Проаналізовано зарубіжний досвід вирішення цієї проблеми. Розроблено методологічні засади побудови інтегрованої системи е-урядування на основі об'єктно-орієнтованих і хмарних технологій. Запропоновано нові підходи до ідентифікації та аутентифікації громадян у системі е-урядування.

Ключові слова: електронне урядування, електронний цифровий підпис, інформаційні ресурси, інтеграція, взаємодія.

Актуальність. Електронний уряд (за визначення Європейської комісії) – це застосування інформаційних, комунікаційних технологій у державних адміністративних органах у поєднанні з організаційними змінами та новими методами для покращення послуг державного сектора і демократичних процесів, а також зміцнення політики держави [1].

Необхідно відрізнити уряд, обладнаний електронним інтерфейсом (онлайн-уряд, government on-line), від електронного уряду [2]. Електронне урядування не є механічним поєднанням інформаційно-комунікаційних технологій з публічним адмініструванням. Це – нова технологія державного управління, яка забезпечується за рахунок інтеграції інформаційних ресурсів і систем органів влади у єдиний інформаційний простір. Мета цього простору – прозора та ефективна взаємодія усіх учасників процесу: держави, підприємств і громадян, зокрема завдяки підтримці та впровадженню системи зворотного зв'язку.

Оскільки Україна перебуває зараз на початковій стадії формування зазначеного простору, дослідження у цій сфері є надзвичайно актуальними.

¹ НУ "Львівська політехніка";

² Інформаційно-аналітичний департамент Міністерства фінансів України;

³ Заступник директора з навчально-методичної роботи – Відокремлений підрозділ "Львівська філія Київського національного університету культури і мистецтв"