

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАННІ

УДК 681.3.066

МЕТОД ВАРІАНТНОГО АНАЛІЗУ УСПІШНОСТІ МАГІСТРІВ

О. В. Павлюк, С.В. Бевз, С. М. Бурбело, В. В. Войтко, Л.М. Круподьорова

Вступ

Однією з найбільш поширених на практиці задач прийняття рішень є задача виробу найкращого варіанту з множини альтернатив, оцінювання яких проводиться за кількома критеріями. При цьому важливість кожного критерію може бути різною. Подібні задачі виникають і в освітянській діяльності. Часто неправильно прийняте рішення може призвести до негативних наслідків, тому актуальним є питання критеріального оцінювання альтернатив, якому присвячено багато праць, зокрема [1,2,3]. Задачі багатокритеріального аналізу варіантів постають предметом розгляду даної статті. Саме до них відноситься задача аналізу успішності магістрів, яка є об'єктом дослідження. Враховуючи обмежену кількість місць в аспірантурі, гостро постає питання максимально об'єктивного формування рейтингу успішності магістрів – претендентів в аспіранти.

Зазначимо, що системи багатокритеріального оцінювання об'єктів сміливо можемо віднести до класу так званих "гуманістичних систем". Під гуманістичними за [4,5] розуміють системи, в яких суттєва роль належить судженням людини. Відомо, що технічні системи досить ефективно описуються математичними методами кількісного аналізу, пов'язаними з фізичними науками, кінцево-різницеви, диференціальними та інтегральними рівняннями і т.д. [6]. Проте гуманістичні системи, як правило, є більш складними і не так добре визначеними, як технічні. Дослідження множини критеріїв оцінювання таких систем обумовлює використання підходів, що відрізняються від загальноприйнятих кількісних методів аналізу. Тобто для реалістичного моделювання поведінки гуманістичних систем часто необхідно використовувати так званий "лінгвістичний" підхід, відповідно до якого у якості значень змінних допускаються не лише числа, а й слова чи речення природної або штучної мови. Такі змінні складають основу нечіткої логіки, використання якої часто є більш доцільним при описанні складних гуманістичних систем, ніж звичайні чисельні методи аналізу. Слід зауважити, що користуючись принципом узагальнення, велика частина існуючого математичного апарату, яка традиційно використовується для аналізу систем, може бути пристосована і до лінгвістичних змінних [4, 5].

В умовах, коли потрібно визначити рейтинг десятків магістрів за багатьма критеріями оцінювання (як кількісними, так і якісними), людині стає складно оперувати таким великим об'ємом інформації. Допомогти їй в цьому повинні програмні засоби автоматизації, які значно прискорять процес аналізу і видадуть об'єктивний результат.

Мета дослідження

Метою даного дослідження є розробка методу багатокритеріальної оцінки альтернатив та його реалізація в базовому алгоритмі роботи програмного комплексу аналізу успішності магістрів.

Постановка задачі

Метод варіантного аналізу успішності магістрів передбачає формування множини магістрів V , успішність яких аналізується, та множини критеріїв оцінювання C (як кількісних, так і якісних). Необхідно також забезпечити механізм ранжирування визначених критеріїв за ступенем важливості. Задача полягає в тому, щоб упорядкувати елементи множини V за критеріями з множини C з урахуванням ваги кожного критерію в системі оцінювання.

Розробка та особливості реалізації методу варіантного аналізу успішності магістрів

Відомі методики багатокритеріального аналізу передбачають перетворення вектору часткових критеріїв, за якими оцінюється об'єкт, до скалярного інтегрального критерію. Однак суттєвим обмеженням використання такого підходу є важкість його реалізації при роботі з якісними критеріями оцінювання в експертних системах. Тому зручним з цієї точки зору буде метод, який не потребує ні кількісної оцінки часткових критеріїв, ні процедури скалярізації і використовує інформацію про якість варіантів у вигляді парних порівнянь типу: за критерієм А варіант 1 *приблизно такий же*, як варіант 2; за критерієм В варіант 1 *набагато кращий*, ніж варіант 2 і таке інше.

Особливість наведених міркувань підкреслює можливість оперування словами, а не цифрами, при проведенні експертного оцінювання. Для обробки результатів аналізу слід звернутися до теорії нечітких множин, яка активно використовує лінгвістичні висловлювання у процесі прийняття рішень. Успішне застосування теорії нечітких множин передбачає наявність так званих “функцій належності” [7-9], за допомогою яких лінгвістична інформація трансформується у вигляд, придатний для обробки на ЕОМ.

Сьогодні найпоширенішими методами обробки результатів багатокритеріального оцінювання об'єктів є метод аналізу ієрархій (МАІ) та метод парних порівнянь Т.Сааті [3,5]. МАІ передбачає попередню структурування умов проведення оцінювання і подання їх у вигляді мережевої ієрархії. Визначені задачі дослідження й усі фактори, які в тій чи іншій мірі впливають на досягнення мети, розподіляються за рівнями залежно від ступеня і характеру впливу. На першому рівні ієрархії завжди знаходиться одна вершина — головна мета проведеного дослідження. Другий рівень складають фактори, які мають безпосередній вплив на досягнення мети. Третій рівень утворюють ті фактори, від яких залежать вершини 2-го рівня. І так далі. Потім для кожної материнської вершини проводиться визначення вагових коефіцієнтів, які відображують ступінь її залежності від вершин нижчого рівня. Однак метод аналізу ієрархій не забезпечує використання якісних критеріїв оцінювання. Метод Сааті як модифікація МАІ базується на реалізації процесу аналізу об'єктів за множиною якісних критеріїв при проведенні парного порівняння кожного варіанту за кожним критерієм. У результаті оцінювання отримують множини часткових порівняльних характеристик усіх об'єктів. Проте методом Сааті не передбачена можливість визначення інтегрального критерію оцінювання для ранжирування об'єктів. Розглянуті методи варіантного аналізу потребують складних обчислень в процесі розв'язування характеристичних рівнянь, необхідних для знаходження власного вектора матриці парних порівнянь. При чому складність розрахунків збільшується при збільшенні розмірності універсальної множини, на якій задаються лінгвістичні змінні.

Запропонований метод варіантного аналізу успішності магістрів базується на реалізації парних порівнянь при проведенні експертного оцінювання за якісними та кількісними критеріями, а для обробки результатів передбачає використання принципів Беллмана та Заде [8] та математичного апарату теорії нечітких множин.

Для ранжирування критеріїв оцінювання та проведення порівняльного аналізу успішності магістрів запропонований метод передбачає використання 9-ти бальної шкали Сааті. В даному випадку попарно розглядаються всі альтернативи (критерії оцінювання або магістри) і кожній парі за кожним критерієм оцінювання ставиться відповідний бал за шкалою Сааті. Ці оцінки подаються у вигляді матриці парних порівнянь:

$$A^i = \begin{matrix} & v_1 & v_2 & \dots & v_n \\ \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \dots & a'_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (1)$$

де елемент a'_{ij} оцінюється експертом за 9-бальною шкалою Сааті:

- 1 — якщо відсутня перевага варіанта v_j над варіантом v_i ;
- 3 — якщо є слабка перевага v_j над варіантом v_i ;
- 5 — якщо є суттєва перевага v_j над варіантом v_i ;
- 7 — якщо є явна перевага v_j над варіантом v_i ;
- 9 — якщо є абсолютна перевага v_j над варіантом v_i ;
- 2,4,6,8 — проміжні порівняльні оцінки,
- 0 — об'єкти неможливо порівнювати.

Справедливою вимогою до вибору шкали оцінки є забезпечення можливості розпізнавання найбільшої кількості відтінків відчуттів людини. Проте для впевненості суб'єкта у всіх градаціях своїх суджень та для забезпечення кращої узгодженості та точності індивідууму не слід порівнювати більш ніж 7 ± 2 об'єкти [2].

Ранжирування критеріїв оцінювання розглядається як однокритеріальна задача, для вирішення якої буде сформована одна матриця парних порівнянь. Багатокритеріальне оцінювання успішності магістрів передбачає формування низки матриць парних порівнянь відповідно до кількості визначених критеріїв оцінювання.

При реалізації методу оцінювання слід врахувати властивості матриці парних порівнянь:

- вона діагональна, тобто $a'_{ii} = 1, i = \overline{1, n} = 1$;

- елементи, які симетричні відносно головної діагоналі, пов'язані залежністю $a_{ij}^l = \frac{1}{a_{ji}^l}$;

- вона транзитивна, тобто $a_{ik}^l a_{kj}^l = a_{ij}^l$.

Наявність цих властивостей дозволяє визначити всі елементи матриці (1) за елементами одного з рядків, що говорить про спроможність матриці парних порівнянь. Зважаючи на вказані вимоги, експерт, обравши один об'єкт в a разів важливішим від другого, повинен вказати, що важливість другого об'єкта складає долю $\frac{1}{a}$ від важливості першого. Якщо відомим є k -тий рядок, тобто елементи a_{kj}^l , то довільний елемент a_{ij}^l допомагає визначити властивість транзитивності.

За матрицями парних порівнянь для кожного варіанту визначаються частинні критерії аналізу як нечіткі множини. Реалізація інтегрального критерію оцінювання варіантів передбачає використання принципу Беллмана-Заде [5]. Результуючі оцінки за інтегральним критерієм потребують процедури їх ранжирування за спаданням, тобто на першому місці в рейтингу розташовується той магістр, результуюча оцінка успішності якого є найвищою і т.д.

Основною перевагою запропонованого методу варіантного аналізу успішності магістрів є можливість використання в процесі оцінювання як кількісних, так і якісних критеріїв з урахуванням результатів ранжирування критеріїв за ступенем важливості, що сприяє проведенню більш об'єктивного аналізу. Використання 9-ти бальної шкали Сааті забезпечує оптимальну кількість градацій суджень без психологічного навантаження на експерта.

Технологія програмної реалізації багатокритеріального оцінювання успішності магістрів

В основу програмної реалізації методу багатокритеріального оцінювання успішності магістрів покладено алгоритм варіантного аналізу:

Крок 1. *Сформуємо множину варіантів*, які підлягають аналізу: $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$

Крок 2. *Сформуємо множину кількісних та якісних критеріїв*, за якими оцінюються варіанти: $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$

Крок 3. *Формуємо матриці парних порівнянь*

Нехай $\mu^l(v_i)$ – число в діапазоні $[0,1]$, яке характеризує рівень оцінки варіанту $v_i \in U$ за критерієм $c_j \in C$: чим більше число $\mu^l(v_i)$, тим краща оцінка варіанту $v_i \in U$ за критерієм $c_j \in C$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$. Тоді критерій $c_j \in C$ можна подати у вигляді нечіткої множини \tilde{c}_j , яка задана на універсальній множині U :

$$\tilde{c}_j = \left\{ \frac{\mu^l(v_1)}{v_1}, \frac{\mu^l(v_2)}{v_2}, \dots, \frac{\mu^l(v_n)}{v_n} \right\}, \quad (2)$$

де $\mu^l(v_i)$ – ступінь належності елемента v_i до нечіткої множини \tilde{c}_j .

Щоб визначити ступені належності, які входять до (2), сформуємо матриці парних порівнянь варіантів за кожним критерієм (1). Загальна кількість таких матриць співпадає з кількістю критеріїв і дорівнює m .

Після визначення всіх елементів матриці (1) ступені належності, необхідні для формування нечіткої множини (2), обчислюються за формулою [5]:

$$\mu^l(v_i) = \frac{1}{a_{i1}^l + a_{i2}^l + \dots + a_{in}^l} \quad (3)$$

Крок 4. *Ранжирування критеріїв*

При нерівноважних критеріях варіантний аналіз проводитиметься з урахуванням ваги кожного з них. Нехай w_1, w_2, \dots, w_m — коефіцієнти відносної важливості (або ранги) критеріїв c_1, c_2, \dots, c_m такі, що $w_1 + w_2 + \dots + w_m = 1$. Для визначення коефіцієнтів w_j , $j = \overline{1, m}$ необхідно сформувати матрицю парних порівнянь важливості критеріїв $c_j \in C$, аналогічну (1), знайти ступені належності, необхідні для формування нечіткої множини за виразом (3). Кінцеві значення рангів критеріїв з урахуванням процесу нормалізації знаходяться за формулою (4):

$$w_j = \frac{\mu'(c_j)}{\sum_{j=1}^m \mu'(c_j)}, \quad (4)$$

де w_j – нормований ранг критерію, $\mu'(c_j)$ – число, що характеризує вагу критерію c_j .

Крок 5. *Визначення частинних критеріїв аналізу як нечітких множин*

Кожному варіанту $v_i \in V$ поставимо у відповідність число $[\mu'(v_i)]^{w_j}$, яке свідчить про рівень оцінки даного варіанту за критерієм c_l : чим більше число $[\mu'(v_i)]^{w_j}$, тим кращим є варіант v_i за критерієм c_l .

Крок 6. *Варіантний аналіз успішності магістрантів*

Розрахунок інтегрального критерію як нечіткої множини здійснюється за принципом Беллмана-Заде [8]. Нечітка множина, яка необхідна для рейтингового аналізу, визначається у вигляді перетину (інтегральний критерій оцінки систем):

$$D = \tilde{C}_1 \cap \tilde{C}_2 \cap \dots \cap \tilde{C}_m.$$

Відомо, що в теорії нечітких множин [2] операція перетину \cap відповідає \min . Враховуючи коефіцієнтів важливості w_j , $j = \overline{1, m}$, отримуємо інтегральний критерій оцінювання у вигляді:

$$D = \left\{ \frac{\min_{l=\overline{1, m}} [\mu'(v_1)]^{w_1}}{v_1}, \frac{\min_{l=\overline{1, m}} [\mu'(v_2)]^{w_2}}{v_2}, \dots, \frac{\min_{l=\overline{1, m}} [\mu'(v_n)]^{w_m}}{v_n} \right\} \quad (5)$$

За отриманою множиною D найкращим слід вважати такий варіант, для якого ступінь належності є найбільшою.

Крок 7. *Виведення даних — рейтингового ряду варіантів.*

Проводимо впорядкування множини D за спаданням та виводимо рейтинговий ряд магістрантів за рівнем успішності.

Формування множини кількісних та якісних критеріїв оцінювання успішності магістрів

Оскільки завданням варіантного методу є аналіз успішності магістрів, на основі якого формуватиметься конкурс для зарахування магістрів до аспірантури, то при формуванні множини критеріїв оцінювання S обираємо такі критерії:

1. Іспити з магістерських мінімумів.
2. Участь в олімпіадах за спеціальністю.
3. Участь у республіканських конкурсах наукових праць.
4. Виступи на конференціях різного рівня.
5. Публікації тез та статей у збірках праць та журналах.
6. Оцінка за магістерську дисертацію.

Вище вказані критерії є визначальними при аналізі успішності магістрів [10], оскільки безпосередньо відображають рівень успішності, тому вони матимуть більші значення вагових коефіцієнтів. Однак доцільно ввести декілька якісних критеріїв, які хоча безпосередньо і не впливають на успішність магістра, проте свідчать про різнобічну обдарованість людини та характеризують рівень активності в різних університетських заходах. До таких критеріїв можна віднести:

1. Участь в інтелектуальних іграх.
2. Активна участь у спортивному житті університету.
3. Активна участь у культурно-масових заходах університету.
4. Активна участь в органах студентського самоврядування.

Вага кожного критерію визначається експертною системою.

Структура програмного комплексу оцінювання успішності магістрів

При розробці програмного комплексу слід враховувати певні вимоги, основними з яких є зрозумілість, відкритість та зручність в експлуатації. Головне меню програмного комплексу надає доступ до вибору алгоритму проведення оцінювання за умов рівноважності чи нерівноважності критеріїв. Система містить текстову довідку з інформацією про особливості користування програмним продуктом. Виведення даних реалізується шляхом подання проранжированої рейтингової оцінки успішності

магістрів. У структурі програмного комплексу було виділено такі складові компоненти: заставка; головне меню; підменю "Експертне оцінювання"; підменю "Вибір алгоритму реалізації" для запуску модуля оцінювання успішності магістрів за умов рівноважності чи нерівноважності критеріїв; підменю «Виведення результатів»; підменю «Довідка»; підменю «Вихід». Загальна модель реалізації програмного комплексу аналізу успішності магістрів наведена на рис. 1.

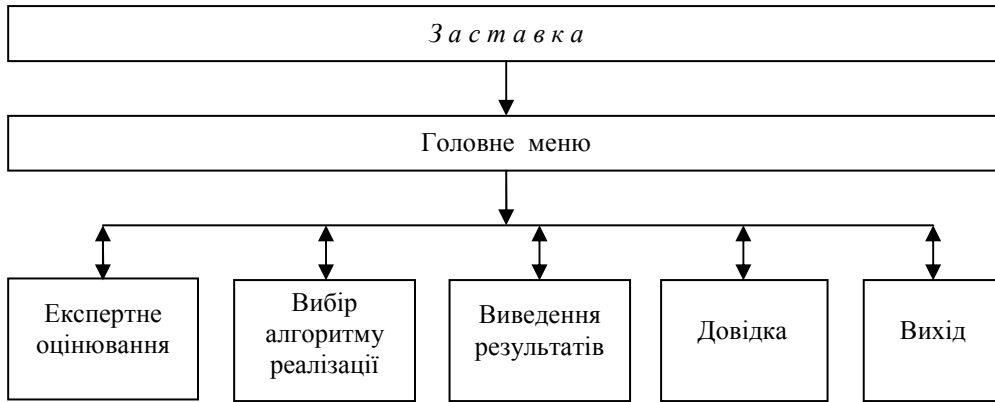


Рисунок 1 – Загальна модель програмного комплексу оцінювання успішності магістрів
 Модель автоматизованого оцінювання успішності магістрів подана на рисунку 2.

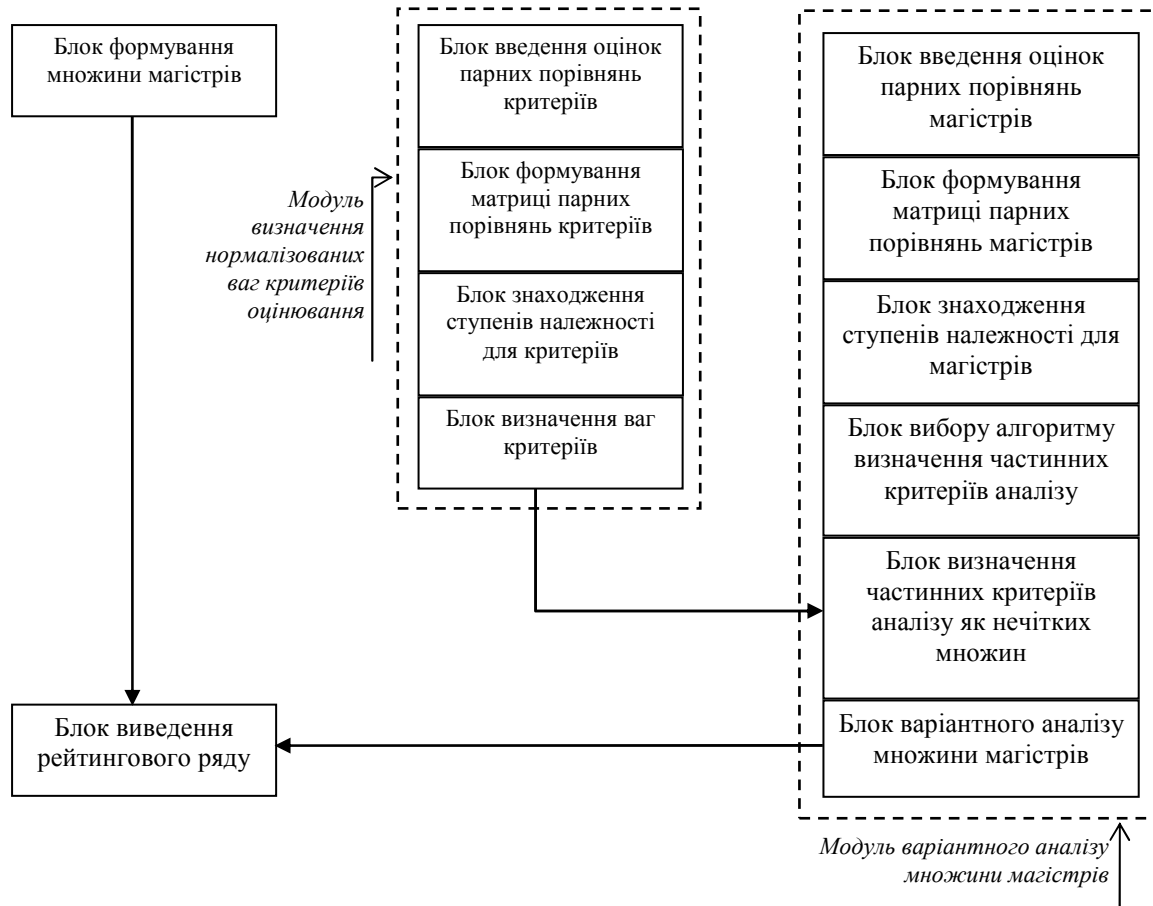


Рисунок 2 - Модель автоматизованого оцінювання успішності магістрів

Розроблений програмний комплекс реалізовано на мові програмування Сі, яка має потужний математичний апарат для забезпечення проведення всіх необхідних математичних розрахунків, а також потужні графічні засоби, що дозволило розробити зручний інтерфейс програмного середовища системи.

Висновки

Розроблений метод варіантного аналізу успішності магістрів базується на використанні експертних оцінок парних порівнянь за 9-ти бальною шкалою Сааті та застосуванні математичного апарату нечіткої логіки при обробці результатів оцінювання. Особливість реалізації запропонованого методу полягає у можливості використання як кількісних, так і якісних критеріїв. У моделі реалізації розробленого методу передбачено впровадження технології вагового ранжирування критеріїв у процес проведення варіантного аналізу, що підвищує об'єктивність результатів. Запропонований метод покладено в основу розробки програмного комплексу оцінювання успішності магістрів, який дозволяє автоматизувати процес формування рейтингу.

Розроблений програмний комплекс аналізу успішності магістрів реалізований на мові програмування Сі, має зручний графічний інтерфейс та відкриту структуру введення даних, що забезпечує можливість зміни вхідних множин варіантів та критеріїв оцінювання. Така модель у перспективі дає змогу використовувати програмне забезпечення реалізації методу багатокритеріального оцінювання у різних сферах діяльності при проведенні варіантного аналізу та ранжируванні об'єктів дослідження.

Список літератури

1. Ротштейн О.П., ПетухА.М., Петренко М.І., Войтко В.В. Варіантний аналіз на базі нечітких парних порівнянь: методика та застосування на прикладі порівняння семіотичних систем/ Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах — Хмельницький, 1998, №2. — С.118-125.
2. Саати Т, Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. — М.: Радио и связь, 1991. — 224с.
3. Saaty T.L. Measurin the fuzziness off setsII I. Cybernetics.—1974.—vol.4—p.53-61.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближённых решений.—М.: Мир. 1976.—165с.
5. Саати Т.Л. Математические модели конфликтных ситуаций. Пер. с англ. Под ред. И.А. Ушакова. —М.: Сов. радио, 1977.—304с.
6. Хубка В. Теория технических систем / Пер. с нем.—М.: Мир, 1987.—208с.
7. Кофман А. Введение в теорию нечётких множеств. — М.: Радио и связь, 1982. — 432с.
8. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях./ Вопросы анализа и процедуры принятия решений.—М.: Мир, 1976.—С.172-215.
9. Ротштейн О.П., Чорноволик Г.О., Ларюшкін Е.П. Метод побудови функцій належності нечітких множин. // Вісник ВПШ.—№3,1996—с.72-75.
10. Положення про порядок підготовки магістрів у ВДТУ/ Б.І. Мокін, В.В.Грабко, В.Б.Мокін. – 5-те вид. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – С.59.

Павлюк Оксана Володимирівна – магістрант кафедри програмного забезпечення інституту інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Вінницького національного технічного університету; 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95; тел. 8 (0432) 43-02-00.

Бевз Світлана Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри електричних станцій та систем Вінницького національного технічного університету; 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95; тел. 8 (0432) 59-85-87.

Бурбело Сергій Михайлович – начальник бюро розробки та впровадження програмного забезпечення САСУ АК ВАТ “Вінницяобленерго”, здобувач наукового ступеня кандидата технічних наук кафедри захисту інформації Вінницького національного технічного університету; 21000, м. Вінниця, вул. 1-го Травня, 2; тел. 8 (0432) 52-50-87.

Войтко Вікторія Володимирівна – к.т.н., доцент кафедри програмного забезпечення Вінницького національного технічного університету; 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95; тел. 8 (0432) 59-84-83.

Круподьорова Людмила Михайлівна – старший викладач кафедри програмного забезпечення Вінницького національного технічного університету; 21021, м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95; тел. 8 (0432) 59-84-83.