

УДК 519.816

**В. В. Циганок**

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України  
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

## **Концепція створення систем підтримки прийняття рішень, що адаптивні до рівня компетентності експертів**

*У наявних системах підтримки прийняття рішень (СППР) повнота та адекватність знань, які надає експерт, обмежуються за рахунок того, що експертові апріорно пропонується шкала для проведення оцінювання. Розглянуто задачі, які пов'язані зі створенням експертних СППР, що позбавлені даного обмеження та запропоновано шляхи розв'язання деяких із цих задач. Описано низку процедур, що дозволять більш ефективно, адекватно, без тиску на експерта, отримувати, тлумачити, обробляти, узгоджувати та агрегувати індивідуальні експертні оцінки.*

**Ключові слова:** компетентність експертів, предметна область, шкала експертного оцінювання, система підтримки прийняття рішень.

### **Вступ**

Постійне ускладнення процесу прийняття рішень, зокрема, управлінських, разом зі складністю предметних областей та взаємозв'язків факторів, що впливають на рішення, зумовлюють необхідність залучення зовнішніх засобів для підтримки прийняття рішень. У слабо структурованих предметних областях, де немає можливості отримання детермінованої інформації в достатній кількості для прийняття рішень, експертна підтримка прийняття рішень є єдиним засобом підвищення їхньої якості.

Оскільки йдеться, здебільшого, про рішення високих організаційних рівнів, «ціна» невірного рішення на теперішній час виявляється занадто високою, і постійно зростає. Через це, адекватне представлення та обробка експертної інформації в процесі прийняття рішень є пріоритетним напрямком наукових досліджень, і нагальні проблеми, пов'язані з цими питаннями, потребують невідкладного вирішення.

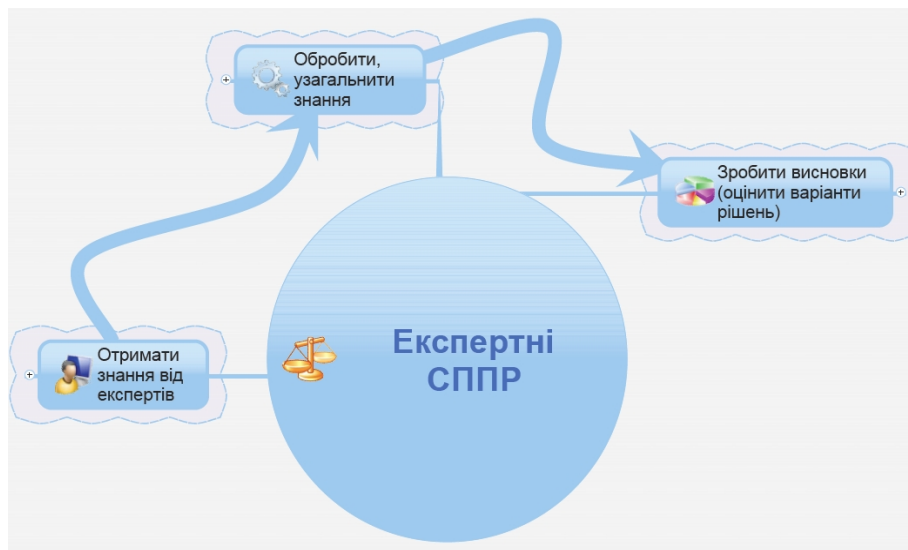
У наявних експертних СППР повнота та адекватність знань, які надає експерт, обмежуються за рахунок того, що експертові апріорно пропонується деяка визначена шкала для введення ним своїх оцінок. Тому існує нагальна необхідність розробки низки процедур, які дозволять більш ефективно, адекватно, без тиску на

експерта, отримувати, тлумачити, обробляти, узгоджувати та агрегувати індивідуальні експертні оцінки, з огляду на вказані обмеження. Також варто передбачити надання експертам можливості уточнення та корегування раніше введених власних оцінок, у процесі подальшого використання СППР. Фактично, мова йде про необхідність створення нового типу СППР, які могли б адаптуватися до рівня компетентності експертів щодо конкретного питання в предметній області.

### **Застосування шкал експертного оцінювання**

В основу досліджень, що пропонуються, покладено ідею більш гнучкого застосування шкал експертного оцінювання з метою найбільш адекватного відображення знань експертів про предметну область у базі знань. При експертному порівнянні альтернатив вважатимемо, що у випадку, коли в експерта недостатньо знань і/або досвіду, щоб розрізнити деякі альтернативи, він оцінює ці альтернативи як рівнозначні або відмовляється їх оцінювати. В основі цієї евристики лежить положення, що двох однакових альтернатив при порівнянні не може бути, може бути тільки недостатність знань і досвіду експерта про ці альтернативи, тобто недостатність компетентності експерта в питанні, що розглядається. Особливо це стосується експертного оцінювання альтернатив у, так званих, слабо формалізованих предметній області, коли, фактично, еталонів для оцінювання не існує. Якщо розглядати експерта, як деякий метрологічний прилад, що вимірює вагомість альтернатив, то недостатність знань експерта для розрізнення альтернатив відповідає недостатньому класу точності такого метрологічного приладу.

На рисунку представлено спрощену загальну функціональну схему експертної СППР. У даному випадку процеси відбору експертів для участі в експертизі, формування експертних груп і застосування розрахованих оцінок варіантів рішень залишаються без розгляду, як окремі додаткові задачі підтримки прийняття рішень.



Спрощена функціональна схема експертних СППР

До основних функціональних підсистем експертних СППР (як зображено на рисунку) слід віднести: підсистему отримання знань від експертів про предметну область, підсистему обробки та узагальнення експертних знань і підсистему оцінки варіантів рішень на основі цих узагальнених знань.

З досвіду експертного оцінювання було зроблено висновок, що для адекватного, повного, без тиску на експерта, отримання від нього знань у деякій предметній області потрібно, щоб шкала, в якій експертів пропонується проводити оцінювання, найбільшій мірі відповідає його рівню компетентності про предмет експертизи. Інакше, часто трапляються випадки, коли експертів пропонується проводити оцінювання у шкалі, яка не зручна для експерта або навіть неприйнятна для даного експертного оцінювання. Зазначимо, що процес оцінювання для експерта є еквівалентним вибору на конкретній шкалі деякої однієї з наявних поділок, яка, на його думку, найбільш відповідає вагомості оцінюваної альтернативи, або перевазі одної альтернативи над іншою [1]. Отже, у випадках, навіть коли експерт не схильний вибирати або не упевнений у виборі конкретної поділки шкали, він усе ж змушений такий вибір зробити, тому що це зумовлено перебігом експертного оцінювання в існуючих СППР. Тим самим, фактично, спричиняється тиск на експерта під час оцінювання. Такий тиск призводить до невідповідності між уявленнями експерта про предметну область і моделлю предметної області, що створюється на основі оцінок цього експерта.

Окрім того, можуть траплятися випадки, коли через недостатню докладність (детальність) шкали, що застосовується у процесі оцінювання, експерт надає свої знання про предметну область не в повній мірі, що теж є істотним недоліком такого традиційного підходу. Тому, задля уникнення цих суттєвих недоліків, пропонується технологія експертного оцінювання, що дозволяє експертів самостійно вибирати для здійснення кожного оцінювання таку шкалу, яка найбільш адекватно відповідає його рівню знань і досвіду про конкретний предмет експертизи.

Звичайно, покладати на експерта вибір шкали для оцінювання в прямому сенсі слова (наприклад, вибір зі списку шкал) не є доцільним, бо може бути не досить зрозумілим для експерта (вузького спеціаліста). Назви шкал для експертного оцінювання можуть бути зовсім не знайомі експертів. Тому, наразі, пропонується розробити метод експертного оцінювання, що дозволяє проводити оцінювання в різних за детальністю шкалах з можливістю поступового збільшення деталізації знань, які надаються експертом про предмет експертизи. Наприклад, якщо мова йде про метод парних порівнянь альтернатив [2], то експертів може попередньо пропонуватись оцінити перевагу однієї альтернативи над іншою в ординальній (порядковій) — найменш деталізованій шкалі, тобто експертів пропонується визначити тільки наявність переваги між альтернативами. Після цього, експертів пропонується поступово збільшувати деталізацію наданих ним знань шляхом оцінювання у все більш деталізованих шкалах, аж поки експерт не досягне свого рівня компетенції в питанні експертизи і відмовиться від подальшої деталізації. Умовою застосування методу, що побудований на викладених принципах, є зацікавленість експерта в найповнішому наданні своїх знань про предмет експертизи, інакше експерт у процесі оцінювання буде зупинитися (виходити з процесу оцінювання) на початкових етапах процесу і, тим самим, знання експерта будуть отримані не в повній мірі. Взагалі кажучи, ця умова є досить природною і є необ-

хідною умовою для організації будь-яких експертиз, разом з умовою, що експертів немає сенсу надавати недостовірну інформацію або дані про предмет експертизи, в яких він не має впевненості.

### **Показник інформативності шкали експертного оцінювання**

Очевидно, щоб мати можливість оперувати різними шкалами експертного оцінювання в рамках вищезгаданого методу, необхідно мати класифікацію відомих шкал за деяким показником, який відображав би рівень деталізації цих шкал. На даний час у науковій літературі досить широко висвітлені різні види класифікацій шкал експертного оцінювання. Піонером таких класифікацій є Стівенс [3], який у 1946 році, описуючи теорію психологічних вимірювань, класифікував типи шкал як номінальні, ординальні, інтервалів і відношень. Класифікації й описи шкал експертного оцінювання, способи їхнього застосування представлені в низці робіт відомих авторів [1, 4–8]. Але, все ж таки, такої класифікації, в основу якої було би покладено деякий показник деталізації шкали, і яку би можна було використати при виборі шкали експертного оцінювання в розроблюваних СППР, на даний час не існує. У зв'язку з цим, досить нагальною і актуальною вбачається задача розробки нової класифікації шкал експертного оцінювання.

Показник рівня деталізації шкали (його можна також назвати показником рівня інформативності шкали) пропонується пов'язати з кількістю інформації, яку потенційно можна отримати від експерта протягом деякого окремого одиничного оцінювання за допомогою даної шкали. Фактично, такий числовий коефіцієнт показує на скільки можливо знизити загальну ентропію системи (моделі предметної області), використовуючи при експертному оцінюванні ту, чи іншу шкалу. Одним із варіантів спрощеного розрахунку такого показника інформативності, коли вважається, що вибір будь-якої з поділок шкали оцінювання є рівномірним, може бути визначення кількості інформації за формулою Хартлі [9]

$$I = \log_2 N,$$

де  $N$  — кількість поділок шкали експертного оцінювання.

Згідно з даною формулою показник інформативності, наприклад, ординальної шкали (при  $N = 2$  з поділками названими «більше» та «менше») дорівнює 1, в той час як для двох можливих варіантів фундаментальної шкали Сааті [4, 10], цей показник рівний 3 при  $N = 8$  або рівний 2 при  $N = 4$ . Зазначимо, що поділку, яка відповідає на шкалі відношенню рівнозначності (якщо така поділка існує в рамках даної шкали) не слід брати до уваги, оскільки, у випадку вибору варіанта ступеня переваги альтернатив «рівнозначні» («немає переваги»), експерт тим самим не надає додаткової інформації про порівнювані альтернативи. Даний випадок показує, що, як уже відмічалось вище, при експертному оцінюванні, пропонується притримуватись думки про відсутність абсолютно однакових альтернатив і припущення про нездатність експерта розрізнити ці альтернативи в силу свого недостатнього рівня компетентності в даному питанні.

## Процедури забезпечення ефективного отримання інформації від експертів

Задля забезпечення найбільшої ефективності отримання інформації від експертів у СППР нового типу слід розробити процедури, що відповідальні за цей процес. Ефективність у цьому контексті — це «ступінь реалізації запланованої діяльності та досягнення запланованих результатів» [11]. Необхідність розробки таких процедур пов'язана з тим, що експертне оцінювання в різних шкалах має різну трудомісткість, а отже, і різну вартість праці експертів, тому часом може бути недоцільним пропонувати експертові використовувати занадто інформативну шкалу, навіть якщо його компетентність у питанні, що розглядається, дозволяє нею оперувати. Така недоцільність може бути зумовлена обмеженістю часу на проведення експертизи, або, наприклад, тим, що інші члени експертної групи, які вже виконали дане оцінювання, використовували менш інформативні шкали в даній груповій експертизі. В останньому випадку, використання більш інформативних шкал експертом не призведе до уточнення групової експертної оцінки при агрегації індивідуальних експертних оцінок.

Отже, процес поступового підвищення деталізації (інформативності) шкали, котрий згадувався вище, пропонується зробити керованим задля забезпечення ефективного отримання експертної інформації.

## Задачі агрегації експертних оцінок

Для забезпечення достатнього рівня достовірності експертної інформації в експертних СППР передбачається застосування виключно групових експертиз, і тому етап обробки та узагальнення знань (див. рисунок) дійсно необхідний. Етап отримання знань від експертів не заперечує використання експертом при кожному груповому оцінюванні альтернатив «своїх» шкали, яка найбільш відповідає його рівню компетентності в питанні, що розглядається. Тобто, оскільки, в загальному випадку, експерти дають свої оцінки деякої альтернативи в різних шкалах, то постає ряд задач, вирішення яких потрібне для агрегації індивідуальних експертних оцінок у деяку узагальнену групову оцінку.

Першою з цього ряду задач бачиться розробка методу уніфікації інформації, що отримана від групи експертів і задана в різних шкалах. За допомогою даного методу передбачається приводити індивідуальні експертні оцінки, зроблені різними експертами в різних шкалах, до єдиної, найбільш інформативної шкали. Приведення (перетворення) експертних оцінок до менш інформативних шкал вбачається недоречним, оскільки, в такому разі, може спостерігатися втрата інформації, яка представлена у більш інформативних (деталізованих) шкалах.

Одним із шляхів вирішення задачі є визначення однозначної відповідності між усіма поділками менш інформативної шкали та деякою підмножиною поділок більш інформативної, з подальшим приведенням оцінок до єдиної, більш інформативної шкали шляхом вибору відповідних поділок на цій єдиній шкалі. Щоб задати таку однозначну відповідність варто враховувати, що у випадку, якщо поділка менш інформативної шкали покриває деякий діапазон поділок більш інформативної шкали (одна поділка відповідає діапазону поділок), то при приведенні оцінок імовірно потрібно визначати (вибирати) на більш інформативній шкалі де-

яку поділку, що є рівновіддаленою від границь цього діапазону. У такому випадку буде вибране деяке, найбільш імовірне значення оцінки експерта.

Поряд з цим, у процесі обробки експертної інформації групового оцінювання постає задача визначення та перевірки на достатність рівня узгодженості індивідуальних експертних оцінок, які задані у різних шкалах. Ця задача потребує визначення достатнього рівня узгодженості експертних оцінок, що необхідний для їхньої групової агрегації, та потребує розробки методу підвищення узгодженості індивідуальних оцінок експертів, що призначений для досягнення достатнього рівня узгодженості шляхом зворотного зв'язку з експертами.

Для окремих типів шкал вирішення задачі визначення достатнього рівня узгодженості експертних оцінок уже було запропоновано раніше. На даний час існує підхід, що заснований на обчисленні спектрального коефіцієнта узгодженості [7, 12], що, на погляд автора, є найбільш теоретично обґрунтованим і може застосовуватися для експертних оцінок у кардинальних типах шкал. Для ординальних шкал можливе застосування підходу до визначення достатності ступеня узгодженості множини індивідуальних ранжирувань, що базується на перевірці задоволення властивості транзитивності підсумковим відношенням. Цей метод було запропоновано в [13].

Методи досягнення достатнього рівня узгодженості індивідуальних експертних оцінок шляхом зворотного зв'язку з експертами натепер розроблені у достатній кількості. Серед них як індивідуальні, так і групові методи, що оперують кардинальних експертними оцінками [14, 15], а також запропонований груповий метод зі зворотним зв'язком з експертами, що дозволяє, використовуючи один із еволюційних підходів, забезпечити достатній рівень узгодженості ординальних оцінок [16].

Останньою серед згаданого ряду задач є вибір процедури агрегації експертних оцінок. Ця задача полягає у виборі найбільш придатного методу агрегації індивідуальних експертних оцінок, приведених до деякої, єдиної для експертної групи, шкали. Перелік відомих методів агрегації експертних оцінок і методик визначення ефективності цих методів при використанні парних порівнянь, яка придатна для вибору процедури агрегації у конкретних умовах, представлено в роботах [17, 18].

Що стосується розробки підсистеми СППР для оцінки варіантів рішень на основі узагальнених експертних знань, то найбільш доцільним вбачається застосування для розрахунків методу цільового динамічного оцінювання альтернатив [19], який вигідно відрізняється від подібних методів, маючи наступні переваги:

- дає можливість оцінювати варіанти рішень (альтернатив) за відсутності множини критеріїв, спільної для всіх цих варіантів;
- дозволяє визначати відносну ефективність варіантів рішень з урахуванням динаміки їхніх змін у часі;
- надає можливість визначати пріоритети варіантів рішень, що мають у своєму складі послідовності більш простих рішень;
- дозволяє враховувати одночасно як кількісні, так і якісні впливи.

## Додаткові задачі

Окрім задач, які необхідно вирішити при розробці вищезгаданих підсистем для нового типу експертних СППР, бажано вирішити ще ряд додаткових задач, що пов'язані з аспектами реалізації СППР у цілому. Одна із цих задач ставилась ще В.М. Глушковим при проектуванні розробки системи прогнозування та керування науковими дослідженнями [20, 21] і пов'язана із забезпеченням можливості супроводу експертної бази знань, тобто можливості динамічної зміни, експертами своїх попередніх суджень за власної ініціативи. Задля забезпечення такої можливості, створювана система потребує зберігання оцінок експертів у їхньому первісному вигляді, тобто не узгоджених і не приведених до єдиної шкали, крім того, є потреба зберігати і всі попередні експертні оцінки у разі, коли експерти згодом змінюють свої судження. Зважаючи на це, розроблювану СППР бажано оснастити підсистемою документування та архівування даних, яка б виконувала функції, аналогічні тим, що виконують Log-файли (журнали реєстрації подій у хронологічному порядку у відомих операційних системах).

Іншою задачею, що вбачається актуальною, є створення можливості врахування як позитивних, так і негативних впливів для будь-якої із проміжних цілей у структурі ієрархії цілей. Ця проблема вперше була поставлена Мілет і Шонером [22], які запропонували, для коректного використання методу аналізу ієрархій, свій, так званий, «біполярний» метод аналізу ієрархій. Для вирішення цієї задачі в СППР нового типу пропонується, щоб вид впливу цілей в ієрархії (позитивний чи негативний) визначався не апіорі за допомогою оцінювання експертів, а на основі визначення знаку часткового коефіцієнта впливу цілей, що дозволить побудованим моделям більш адекватно відображати реальні предметні області.

Наприкінці звернемо увагу на визначення ефективності застосування запропонованих СППР. Пропонується підхід, описаний у [23, 24], сутність якого полягає в порівнянні якості (точності, безпомилковості, оптимальності) рішень, прийнятих відповідальною особою без СППР та з її використанням. Цей підхід автору вбачається найбільш обґрунтованим, зважаючи на відсутність будь-яких еталонів для порівняння варіантів рішень у слабо-структурованих предметних областях.

## Висновки

Отже, основною актуальною проблемою, на вирішення якої планується спрямувати наукові дослідження, є розробка наукових засад створення СППР, що здатні адаптуватися до рівня компетентності експертів, які наповнюють бази знань СППР у слабо структурованих предметних областях. Поставлено ряд задач, вирішення яких необхідне для побудови такого типу СППР, і намічено деякі шляхи їхнього розв'язання.

Результати таких досліджень можуть бути використані в управлінських структурах урядової, громадської, комерційної сфери, де прийняті рішення мають безперечний вплив на соціальний та економічний аспекти їхнього розвитку.

1. Saaty T.L. Scales from Measurement Not Measurement from Scales! [Electronic resource] / T.L. Saaty // Proceedings of MCDM 2004. — Whistler, B.C., Canada. — Aug. 6–11 // Access mode: <http://www.bus.sfu.ca/events/mcdm/MCDMProgram/Papers/AP168 CF Saaty Scales.pdf>

2. Deivid H.A. The Method of Paired Comparisons / H.A. Deivid // N.Y.: Oxford Univ.Press. — 1988.
3. Stevens S.S. On the theory of scales of measurement / S.S. Stevens // Science. — 1946. — **103**. — P. 677–680.
4. Saaty T.L. Relative Measurement and its Generalization in Decision-Making. Why Pair Wise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors. The Analytic Hierarchy/Network Process / T.L. Saaty // Statistics and Operations Research. — 2008. — **102**(2). — P. 251–318.
5. Wedley W.C. A Taxonomy of Ratio Scales / William C. Wedley & Eng Ung Choo // OR-52 Keynotes and Extended Abstracts, Operational Research Society Ltd., Royal Holloway University of London. — UK 7-9/09/2010 // ISBN 0 903440 47 4. — P. 199–203.
6. Литвак Б.Е. Экспертная информация. Методы получения и анализа / Б.Е. Литвак. — М.: Радио и связь, 1982. — 185 с.
7. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект / В.Г. Тоценко. — К.: Наук. думка, 2002. — 382 с.
8. Гнатієнко Г.М. Експертні технології прийняття рішень / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк. — К.: ТОВ «Маклаут», 2008. — 444 с.
9. Hartley R.V.L. Transmission of Information / R.V.L. Hartley // Bell System Technical Journal. — 1928. — 7. — С. 535–63.
10. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process / T.L. Saaty // N.Y.: McGraw-Hill. — 1980.
11. ISO 9000:2005. Quality Management Systems — Fundamentals and Vocabulary. Third edition 2005-09-15.
12. Тоценко В.Г. Спектральный метод определения согласованности множества экспертных оценок // В.Г.Тоценко / Электронное моделирование. — 1999. — № 5. — С. 82–92.
13. Tsyganok V.V. On Sufficiency of the Consistency Level of Group Ordinal Estimates // V.V. Tsyganok, S.V. Kadenko / Journal of Automation and Information Sciences. — 2010. — Vol. 42, N 8. — P. 42–47.
14. Тоценко В.Г. Метод парного сравнения с обратной связью с экспертом // В.Г. Тоценко, В.В. Цыганок / Проблемы управления и информатики. — 1999. — № 3. — С. 111–125.
15. Zgurovsky M.Z. Group Incomplete Paired Comparisons with Account of Expert Competence. // M.Z. Zgurovsky, V.G. Totsenko, V.V. Tsyganok / Mathematical and Computer Modeling. — February 2004. — Vol. 39, N 4–5. — P. 349–361.
16. Tsyganok, Vitaliy. A Method for Providing Sufficient Strict Individual Rankings' Consistency Level while Group Decision-Making with Feedback // Vitaliy Tsyganok / OR-52 Keynotes and Extended Abstracts, Operational Research Society Ltd., Royal Holloway University of London, UK 07-09/09/2010 // ISBN 0 903440 47 4. — P. 142–147.
17. Цыганок В.В. Визначення ефективності методів агрегації експертних оцінок при використанні парних порівнянь // В.В. Цыганок / Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2009. — Т. 11, № 2. — С. 83–89.
18. Tsyganok V.V. Investigation of the Aggregation Effectiveness of Expert Estimates Obtained by the Pair Wise Comparison Method // V.V. Tsyganok / Mathematical and Computer Modelling. — August 2010. — Vol. 52, N 3-4. — P. 538–544.
19. Тоценко В.Г. Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Ч. 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив // В.Г. Тоценко / Проблемы управления и информатики. — 2001. — № 2. — С. 127–139.



20. Глушков В.М. О прогнозировании на основе экспертных оценок // В.М. Глушков / Кибернетика. — 1969. — № 2. — С. 2–4.

21. Глушков В.М. Прогнозування і керування науковими дослідженнями [Звукозапис] / В.М. Глушков // 08.01.1970. — 1 ел. опт. диск (DVD-ROM). — (Наукова спадщина України. Наукові доповіді на засіданнях Президії НАН України 1970–2001 рр.; вип. ІПРІ НАНУ).

22. Millet I. Incorporating Negative Values into the Analytic Hierarchy Process // Ido Millet & Bertram Schoner // Computers & Operations Research. — 2005. — **32**. — P. 3163–3173.

23. Герасимов Б.М. Оценка обоснованности решений и их формирование / Б.М. Герасимов, Ю.Я. Самохвалов // Управляющие системы и машины. — 1998. — № 3. — С. 68–73.

24. Герасимов Б.М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень / Б.М. Герасимов, В.М. Локазюк, О.Г. Оксіюк, О.В. Поморова. — К.: В-во. Європейського ун-ту, 2007. — 335 с.

Надійшла до редакції 06.06.2011