

Математичні моделі та методи

УДК 519.8+004.81

В.М. Більчук, Д.А. Гриб, І.Г. Дзевєрін, О.В. Воробйов, І.А. Нос

Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ ЗНАЧУЩОСТІ ФАКТОРІВ, ФОРМУЮЧИХ НЕЧІТКЕ НЕСТОХАСТИЧНЕ НЕВИЗНАЧЕНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ЦІЛЕСПРЯМОВАНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ

Розглядається складна система, цілеспрямоване функціонування якої визначається факторами, які за своєю природою можуть мати політичне, економічне, соціальне, етичне, етнічне, суб'єктивне та інші спрямованості та складають в цілому множину $D = \{d_i\}, i = \overline{1, m}$ достатньо великого обсягу (декілька десятків чи сотень). Предметна змістовність факторів та розмірність множини D визначаються цілеспрямованістю зацікавленості особи, яка приймає рішення (ОПР). Поставлені у відповідність кожному фактору, зазначеній вище тієї чи іншої природи, змінні в загальному випадку є випадковими немасового характеру. Це визначає що введені ОПР до розгляду фактори формують нестохастичне, невизначене середовище, в якому складна система функціонує. Опис власної поведінки розвитку процесу функціонування складної системи за часом подається з урахуванням рівнів значущості факторів множини D . Для будь-якої підмножини факторів $D_i, i = \overline{1, n}; D_{i,j}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n_i}; D_{i,j,k}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, n_i}; k = \overline{1, n_j}$, які складають ієрархію декомпозиції структури факторів множини D , рівні значущості факторів відповідають рівням невідомості елементів нечіткої підмножини ядра нечіткого бінарного відношення строгої переваги факторів як елементів зазначених вище підмножин $D_i, D_{i,j}, D_{i,j,k}$. Пропонується методичний підхід подолання труднощів, які пов'язані з практичною неможливістю врахування експертами впливів усіх факторів множини $D = \{d_i\}, i = \overline{1, m}$, які складають решту при визначенні значень функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогой переваги пари факторів $(\bar{r}, \bar{g}), \bar{r}, \bar{g} \in D$.

Ключові слова: нестохастичність, нечіткість, невизначеність, складна система, фактор.

Вступ

Постановка проблеми. Виходячи із прийнятого розуміння на теперішній час сутності складної системи, яка здатна формувати власну поведінку розвитку процесу функціонування за часом в нечіткому нестохастично невизначеному середовищі, особа, яка приймає рішення, може проявити зацікавленість щодо виявлення можливостей впливу на формування власної поведінки розвитку процесу функціонування складної системи. Середовище, функціонування складної системи в якому розглядається, формується факторами значного обсягу, які за своєю природою породжують змінні випадкові немасового характеру. Когнітивне моделювання процесу формування та розвитку власної поведінки опису функціонування складної системи за часом включає виявлення значущості факторів, які ОПР ввела до розгляду, яке можливе, виходячи із природи факторів, тільки на основі постановки експертизи та обробки експертних даних. Забезпечення досягнення визначеної вище зацікавленості ОПР тоді пов'язано з вирішенням наступної проблеми: врахування впливу усіх факторів, які введені до розгляду

та складають множину $D = \{d_i\}_m = \bigcup_{i=1}^n P_i$, при визначенні рівнів їх значущості.

Аналіз літератури. В [1,5,6,7] відзначено, що змістовність розуміння складної системи окреслюється сутністю природного розуміння особою, яка приймає рішення, кожного фактора із повного їх переліку, який вона за своїм суб'єктивним баченням вводить до розгляду при вирішенні проблеми.

В [5] розглянуті методологічні основи засад розуміння нечіткого нестохастичного невизначеного середовища, функціонування складної системи в якому доцільно досліджувати. В [6,7] висловлена думка щодо мінливості процесу функціонування складної системи за часом. Складна система здатна формувати власну поведінку розвитку процесу її функціонування за часом. В [6,7] також відзначено, що методологічні основи опису процесу функціонування складної системи, враховуючи висловлену вище властивість формування власної поведінки розвитку процесу її функціонування, передбачають лише визначення напрямів сприяння формуванню цілеспрямованої власної поведінки розвитку проце-

су функціонування складної системи за часом. В [2,3,4] запропоновані показники ефективності та ризику прийняття рішення ОПР щодо визначення доцільного, за значеннями цих показників, напрямку сприяння формування цілеспрямованої власної поведінки розвитку процесу функціонування складної системи. В [7] розглянуто метод визначення напрямів сприяння формуванню цілеспрямованої власної поведінки розвитку процесу функціонування складної системи, який передбачає необхідність оцінки значущості факторів.

Мета статті полягає у наданні методики визначення рівнів значущості факторів, формуючих середовище функціонування складної системи, з урахуванням їх взаємовпливовості, та у визначенні напрямів забезпечення переконливості ОПР до достовірності результатів обробки експертиз щодо визначення значущості факторів.

Основна частина

Вирішення будь-якої проблеми пов'язано з тим, що ОПР, з метою побудови моделі свого суб'єктивного бачення реальної сутності проблеми, із нескінченної множини визначаючих її факторів відокремлює деяку цілісність, яку прийнято тлумачити як систему. Введені до розгляду фактори розглядаються як елементи системи, а природна спрямованість факторів визначає сутність зв'язків між її елементами. Якщо хоча б один фактор має політичну, економічну, соціальну, етичну, етнічну, суб'єктивну та інші спрямованості, то поставлені у відповідність цим факторам змінні є випадковими немасового характеру. Це означає що введені до розгляду фактори формують нестохастичне невизначене середовище, в якому слід розглядати процес функціонування складної системи. Природне розуміння змістовностей факторів визначених вище спрямованостей свідчить про те, що відповідні їм змінні є мінливими за часом t . При визначенні їх значущостей необхідно враховувати те, що вони є взаємовпливовими. Якщо визначити момент часу $t = \tau$, варто розуміти, що розглядається функціональний стан складної системи. Висловлене вище дозволяє визначити наступне, а саме: при будь-якому методичному підході щодо оцінки рівня значущості факторів доцільно визначити рівні значущості факторів, які відповідають функціональному стану складної системи при $t = \tau$ з урахуванням їх взаємовпливовості, які також розглядаються при $t = \tau$, бо зміні, які визначають властивість взаємовпливовості факторів складної системи, за часом t є мінливими.

Введемо до розгляду складну систему \mathcal{P} , функціонування якої подається в нечіткому, нестохастично невизначеному середовищі, сформованому факторами зазначених вище спрямованостей значного обсягу (декілька десятків). Визначення моделі

функціонування складної системи \mathcal{P} , враховуючи сутність середовища, яке сформовано зазначеними факторами, можна лише передбачити на підставі постановки експертиз та обробки експертних даних. Сутність процесу функціонування складної системи \mathcal{P} та його розвиток за часом визначається рівнями значущості факторів, які можуть бути отримані, наприклад, при розв'язанні задачі ранжування факторів множини $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$. Визначені комбінації ранжування $\{d_i\}_j$, де $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, m!}$ - номер комбінації, для якої експерт при будь-якій схемі експертизи міг би висловити своє суб'єктивне судження щодо її строгої переваги із загальної кількості комбінації $m!$, для будь-якого експерта є задачею, яка практично немає розв'язку. Забезпечення переконливості ОПР до достовірності результатів щодо рівнів значущості факторів, що відзначено вище при описі мети статті, може бути досягнуте при експертному розгляді бінарного відношення факторів множини $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$.

Розуміється що, у відповідності до [1] бінарним відношенням R на множині D факторів є множина упорядкованих пар (d', d'') множини $D \times D$ - прямого декартового добутку D . Бінарні відношення добре відповідають елементарним суб'єктивним судженням експертів щодо «зв'язків» факторів різної природної спрямованості. Слід відзначити, що формування суб'єктивного судження експерта відносно оцінювання бінарного відношення R факторів множини D при достатньо великому обсягу D не відповідає забезпеченню переконливості ОПР до достовірності результатів тому, що врахування «зв'язків» усіх факторів множини D складає суттєві труднощі. Можливим кроком ОПР щодо забезпечення переконливості її до достовірності результатів обробки експертних даних може бути, при постановці експертизи, введення до розгляду нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги \tilde{R}_{Σ} на множині $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$. Приймається схема експертизи: експерти незалежні, зворотній зв'язок відсутній, результати особистих суджень експертів усереднюються. Кожний l -й експерт свої суб'єктивні судження висловлює функцією приналежностей нечітких бінарних відношень нестрогої переваги \tilde{R}_{Σ} , яка подається матрицею розмірності $m \times m$ та має вигляд

$$\left\| \mu_{\tilde{R}_{\Sigma}}^{(l)}(d', d'') / \forall d \in D \right\|_{m \times m}, \quad l = \overline{1, L}. \quad (1)$$

Кожний l експерт при поданні (1) враховує інформацію, яку надає йому ОПР та яка має зміст: перелік факторів; природну спрямованість кожного фактора множини D ; переконливість ОПР щодо

взаємопов'язаності усіх факторів множини $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$; сутність цілеспрямованості при розгляді процесу функціонування системи \mathcal{P} ; властивості нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги \tilde{R}_{\geq} , а саме: $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d') = 1$ для будь-яких $d \in D$, що висвітлює властивість рефлексивності; для пари елементів (факторів) $d', d'' \in D$ значення функції приналежності $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d'')$ приймається як рівень виконання переваги «елемент d' не гірше елемента d'' »; рівність $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d'') = 0$ означає, що або $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d'') > 0$, тобто «елемент d' не гірше елемента d'' », або $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d'') = 0$, що означає, що елементи d' і d'' не можуть бути порівняні між собою; усі елементи (фактори) множини D можуть бути порівняні за перевагою, що відповідає властивості «связності»[1] та подається виразом

$$\mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d'', d') = 1 - \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d'').$$

Для прийняття рішень важливо щоб сутність розуміння переваг ОПР найбільше співпадала з ідеальною сутністю переваг, яка, на теперішній час, відповідає наявності для бінарних відношень властивостей: транзитивності бінарних відношень, під якою розуміють, що для будь-якої трійки $d, d', d'' \in D$ виконується умова, що із $(d, d') \in \tilde{R}$ та $(d', d'') \in \tilde{R}$ випливає, що $(d, d'') \in \tilde{R}$, та властивості «связності».

Відзначені вище змістовність інформованості експертів та властивості нечітких бінарних відношень складають рекомендації ОПР експертам при їх висловлюванні суб'єктивних суджень та формуванні подання їх суджень у вигляді функції приналежності (1). Це сприяє наближенню сутності розуміння переваг ОПР до «ідеальної» змістовності переваг, тобто до наявності властивостей транзитивності та «связності» при розгляді функції приналежності (1). Забезпечення наявності в (1) властивостей транзитивності та «связності» може досягатися в тому випадку, коли суб'єктивні судження експерта при визначенні значення функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги пари факторів (\bar{r}, \bar{s}) , тобто $\mu_{\tilde{R}_{\geq}}^{(l)}(\bar{r}, \bar{s})$, $\bar{r}, \bar{s} \in D$ буде враховувати вплив всіх факторів множини $D = \{d_i\}_m$, $i = \overline{1, m}$, $i \neq \bar{r}$, $i \neq \bar{s}$ за винятком (\bar{r}, \bar{s}) .

Якщо усереднена функція приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги \tilde{R}_{\geq}

$$\left\| \mu_{\tilde{R}_{\geq}}(d', d'') / \forall d \in D \right\|_{m, m}, \quad (2)$$

яка відповідає множині факторів $D = \{d_i\}_m$, $i = \overline{1, m}$, не відповідає вимозі наявності властивості транзитивності, то для усунення цього недоліку може бути висунута наступна гіпотеза: нетранзитивне нечітке бінарне відношення нестрогої переваги \tilde{R}_{\geq} , яке має функцію приналежності (2), можна апроксимувати найближчим до нього найменшим транзитивним відношенням нестрогої переваги \tilde{R}_{\geq}° , до якого належить \tilde{R}_{\geq} . Процедура визначення \tilde{R}_{\geq}° - транзитивно-го замкнення відношення \tilde{R}_{\geq} має такий зміст:

$$\tilde{R}_{\geq}^{\circ} = \tilde{R}_{\geq} \cup \tilde{R}_{\geq}^2 \cup \tilde{R}_{\geq}^3 \cup \dots \cup \tilde{R}_{\geq}^n \cup \dots, \quad (3)$$

де $\tilde{R}_{\geq}^2 = \tilde{R}_{\geq} \otimes \tilde{R}_{\geq}$; $\tilde{R}_{\geq}^3 = \tilde{R}_{\geq}^2 \otimes \tilde{R}_{\geq}$... є композиції відношення \tilde{R}_{\geq} , які визначають за правилами добутку матриць сміжності відношень \tilde{R}_{\geq} при заміні арифметичних операцій операціями булевої алгебри.

Викладена процедура визначення транзитивного

замкнення \tilde{R}_{\geq}° та розмірність матриці (2), яка може дорівнювати декільком десяткам чи сотням, свідчить про те, що реалізація такого методичного підходу щодо подолання труднощів, які пов'язані з відсутністю наявності властивості транзитивності (2) – функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестійкої переваги, буде пов'язана з необхідністю подолання значних розрахункових труднощів.

Викладене вище складає підґрунтя щодо доцільності подання обґрунтованого методичного підходу визначення рівнів значущості факторів, які формують середовище функціонування складної системи, з урахуванням їх взаємоповпливовості. Сутність методичного підходу вирішення зазначеної проблеми та відповідного їй завдання розглянемо на прикладі функціонування складної системи, якою є вищій військовий навчальний заклад (ВВНЗ). Формування власної поведінки цілеспрямованого розвитку процесу функціонування ВВНЗ за часом розглянемо з точки зору формування його навчального рейтингу для абітурієнта. Цілеспрямований розвиток процесу функціонування ВВНЗ впливає із його призначення та цілеспрямованої діяльності, які спрямовані на підготовку висококваліфікованих фахівців за визначеними напрямками та спеціальностями та спеціалізаціями. Для опису процесу функціонування ВВНЗ визначено 43 фактори, які складають множини $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, 43}$, яка, за прийнятим принципом, вважається повною. Для кожного фактору визначається його природна спрямованість, яка може мати наступну сутність: політичну, соціальну, економічну, етичну, етнічну, суб'єктивну та інші. Навчальний рейтинг ВВНЗ складає змістовну

сутність погляду на зміст поданої вище проблеми. Все зазначене покладено в основу формування підмножин $\mathcal{D}_i, i = \overline{1,4}$ факторів, а саме: \mathcal{D}_1 – підмножина факторів, які описує прогноз розвитку складної системи \mathcal{P} ; \mathcal{D}_2 – підмножина факторів, яка описує зацікавленість абітурієнта як майбутнього фахівця за вибраною кваліфікацією; \mathcal{D}_3 – підмножина факторів, яка описує зацікавленість абітурієнта здійснювати навчання в ВВНЗ; \mathcal{D}_4 – підмножина факторів, яка описує умови контракту та побуту. Підмножина $\mathcal{D}_i = \mathcal{D}_{i1} \cap \mathcal{D}_{i2} \cap \mathcal{D}_{i3}$, де \mathcal{D}_{i1} – підмножина факторів, які визначають зовнішні умови політичної спрямованості, в яких розглядається функціонування складної системи \mathcal{P} з точки зору зазначеного вище змісту; \mathcal{D}_{i2} – підмножина факторів, які визначають зовнішні умови економічного змісту; \mathcal{D}_{i3} – підмножина факторів, які визначають внутрішні умови «політичного» змісту, в яких функціонування \mathcal{P} розглядається. Підмножини $\mathcal{D}_{ij}, i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$ розглядається як де $\{p_k\}, \{q_k\}, k = \overline{1,4}$ – підмножини факторів, які визначають сучасний стан Збройних Сил України та виду Збройних Сил України, до якого належить ВВНЗ за напрямками підготовки фахівців, і прогноз розвитку їх станів на передбачені терміни часу;

$\{r_k\}, k = \overline{1,4}$ – підмножина факторів, яка визначає сучасний стан економічного розвитку і прогнози їх розвитку на передбачений термін часу;

$$\left. \begin{aligned} P_{11} &= \bigcup_{k=1}^4 \{\{p_k\} \cap \{q_k\}\}; \\ P_{12} &= \bigcup_{k=1}^4 \{r_k\}; \\ P_{13} &= \bigcup_{k=1}^7 \{s_k\}; \\ P_{21} &= \bigcup_{k=1}^4 \{t_k\}; \\ P_{22} &= \bigcup_{k=1}^5 \{u_k\}; \end{aligned} \right\} \begin{aligned} P_{31} &= \bigcup_{k=1}^6 \{v_k\}; \\ P_{32} &= \bigcup_{k=1}^4 \{w_k\}; \\ P_{41} &= \bigcup_{k=1}^3 \{\tau_k\}; \\ P_{42} &= \bigcup_{k=1}^3 \{\varphi_k\}; \end{aligned} \quad (4)$$

$\{s_k\}, k = \overline{1,7}$ – підмножина факторів, яка визначає зміст внутрішніх умов «політичного» змісту, а саме: визначеність відповідності структури ВВНЗ (навчальний зміст факультетів, кафедр, лабораторій та інше) напрямкам підготовки фахівців; закріплення дисциплін за кафедрами; сутність навчально-методичного забезпечення та інше;

$\{t_k\}, k = \overline{1,4}$ – підмножина факторів, яка визначає багатопрофільність ВВНЗ, його науковий потенціал та рівень акредитації;

$\{u_k\}, k = \overline{1,5}$ – підмножина факторів, яка визначає організаційні та методичні засоби підготовки фахівця високого рівня;

$\{v_k\}, k = \overline{1,6}$ – підмножина факторів, яка визначає особливості міста, в якому розташований ВВНЗ;

$\{w_k\}, k = \overline{1,4}$ – підмножина факторів, яка визначає історичні цінності міста, в якому знаходиться ВВНЗ;

$\{\tau_k\}, k = \overline{1,3}$ – підмножина факторів, яка визначає умови контракту та військових статутів;

$\{\varphi_k\}, k = \overline{1,3}$ – підмножина факторів, яка визначає побутові умови проживання та навчання.

Поданий опис множини факторів $D = \{d_i\}, i = \overline{1,m}$, які формують нечітке нестохастично невизначене середовище цілеспрямованого функціонування, на прикладі ВВНЗ, складаної системи \mathcal{P} , складає ієрархічну декомпозицію структури факторів, яка зображена на рис. 1.

Методичний підхід щодо визначення значущості факторів з урахуванням їх взаємовпливовості передбачає на першому кроці подання множини факторів $D = \{d_i\}, i = \overline{1,m}$, виходячи із їх природної спрямованості та сутності цілеспрямованого функціонування складної системи \mathcal{P} , ієрархію їх структури. Виявлені при такому підході підмножини (4) мають значно обмежений обсяг: в прикладі розгляду ВВНЗ як складної системи $k \leq 7$. Це дозволяє реалізувати другий крок методичного підходу, який передбачає визначення кожним l -м експертом функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги підмножини факторів $\mathcal{D}_{i,j}, i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$ з урахуванням впливу решти факторів із $\mathcal{D}_{i,j}$ при формуванні суб'єктивного судження щодо значення функції приналежності $\mu_{\tilde{R}_{\mathcal{D}_{i,j} \supseteq}} = (\bar{r}, \bar{s})$ пари факторів $(\bar{r}, \bar{s}), \bar{r}, \bar{s} \in D$ та при умові відсутності впливовості решти підмножин із множини $\{\mathcal{D}_{i,j}\}, i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$. Тобто на другому кроці реалізації методичного підходу l -й експерт свої суб'єктивні судження подає у вигляді умовної функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги факторів, які складають підмножини $\mathcal{D}_{i,j}, i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$, з урахуванням впливу решти факторів із $\mathcal{D}_{i,j}$ для пари факторів, яка розглядається, та при відсутності впливу решти факторів, які складають решту для множини $\{\mathcal{D}_{i,j}\}, i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$.

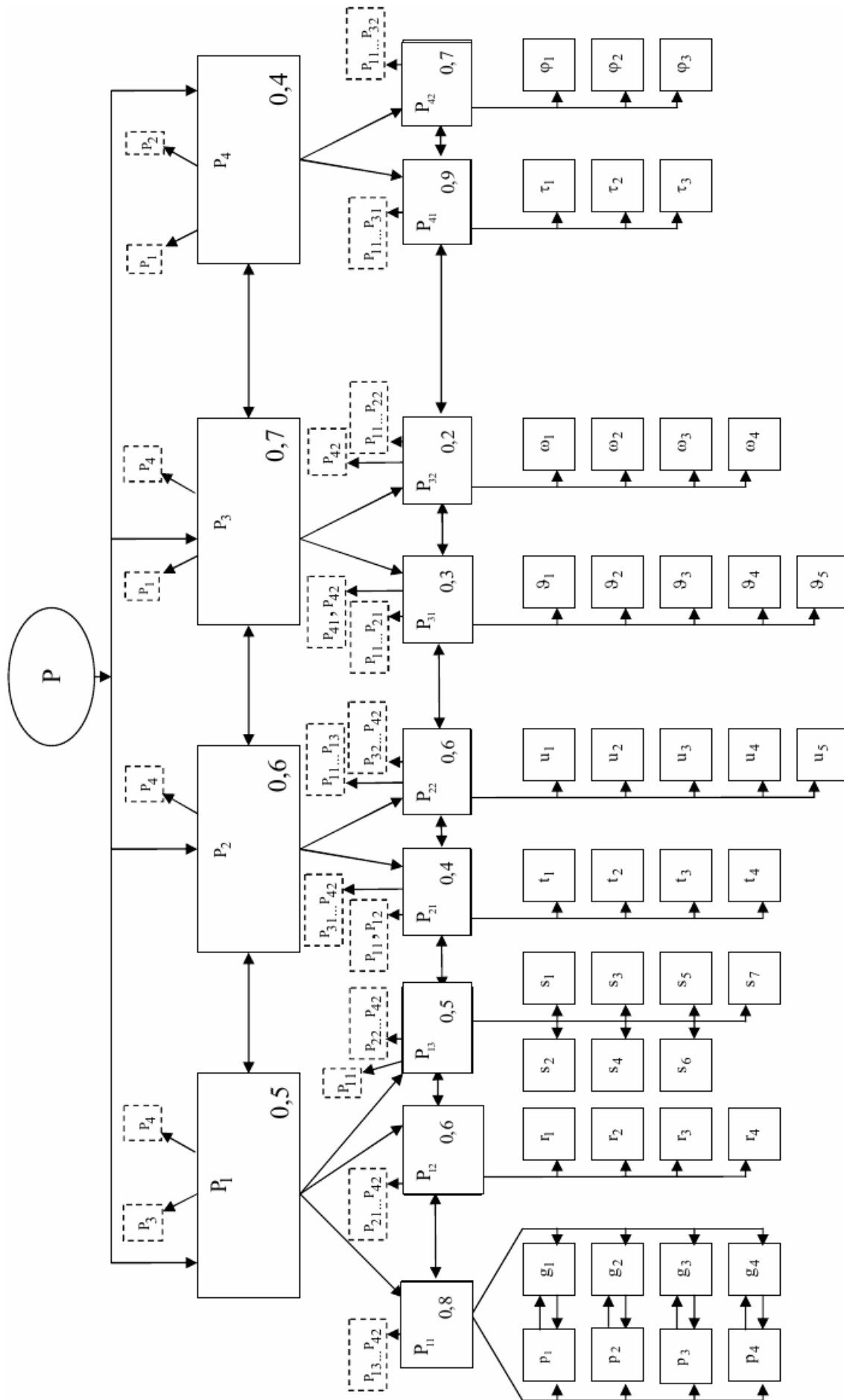


Рис. 1. Ієрархія декомпозиції структури факторів

На наступному кроці реалізації методичного підходу результати суб'єктивних суджень експертів щодо умовної функції приналежності нечіткого бінарного відношення нестрогої переваги підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$ усереднюються та подаються матрицею виду (2). Подальша обробка експертних даних спрямована на визначення нечіткої підмножини ядра нечіткого бінарного відношення строгої переваги факторів підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$. При цьому умовна функція приналежності нечіткого бінарного відношення строгої переваги для кожної із підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$, враховуючи (2), визначається за виразом

$$\mu_{\tilde{R}_{>}}(d', d'') = \begin{cases} \mu_{\tilde{R}_{>}}(d', d'') - \mu_{\tilde{R}_{>}}(d'', d'), \\ \text{якщо } \mu_{\tilde{R}_{>}}(d', d'') \geq \mu_{\tilde{R}_{>}}(d'', d'); \\ 0, \text{ якщо } \mu_{\tilde{R}_{>}}(d', d'') < \mu_{\tilde{R}_{>}}(d'', d'); \end{cases} \quad (5)$$

а за виразом вигляду

$$\mu_{M_{\tilde{R}_{>}}}(d) = 1 - \max_{d' \in D} \mu_{\tilde{R}_{>}}(d', d) \quad (6)$$

визначається умовна функція приналежності ядра нечіткого бінарного відношення строгої переваги, за яким розуміють підмножину

$$M_{\tilde{R}_{>}}(d) = \left\{ d^m \mid \exists d \in D : d > d^m, \forall d, d^m \in D \right\}. \quad (7)$$

Виходячи із змістовності підмножини (7), значення, які визначені за (6), мають тлумачення умовних рівнів значущості факторів підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$, яка розглядається.

Наступний крок реалізації методичного підходу присвячений врахуванню впливу на визначення значущості факторів підмножин $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$ решти факторів, які не входять до підмножини, яка розглядається. Розглядається підмножина $\{\mathfrak{D}_{1,j}\}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$, для якої підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$ є її елементами.

Ієрархічна декомпозиція структури факторів, яка подана на рисунку 1, свідчить про те, що підмножини $\mathfrak{D}_1 = \mathfrak{D}_{11} \cup \mathfrak{D}_{12} \cup \mathfrak{D}_{13}$; $\mathfrak{D}_2 = \mathfrak{D}_{21} \cup \mathfrak{D}_{22}$, $\mathfrak{D}_3 = \mathfrak{D}_{31} \cup \mathfrak{D}_{32}$; $\mathfrak{D}_4 = \mathfrak{D}_{41} \cup \mathfrak{D}_{42}$, а також те, що

$$D = \bigcup_{i=1}^4 \mathfrak{D}_i = \{\mathfrak{D}_{11}, \mathfrak{D}_{12}, \mathfrak{D}_{13}\} \cup \{\mathfrak{D}_{21}, \mathfrak{D}_{22}\} \cup \{\mathfrak{D}_{31}, \mathfrak{D}_{32}\} \cup \{\mathfrak{D}_{41}, \mathfrak{D}_{42}\} = \{\mathfrak{D}_{11}, \mathfrak{D}_{12}, \mathfrak{D}_{13}, \mathfrak{D}_{21}, \mathfrak{D}_{22}, \mathfrak{D}_{31}, \mathfrak{D}_{32}, \mathfrak{D}_{41}, \mathfrak{D}_{42}\}. \quad (8)$$

Таке бачення ієрархічної декомпозиції факторів є підставою до подання принципу: наявність та рівні впливів факторів, які були віднесені до решти факторів, при визначенні умовних рівнів значущостей факторів кожної $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$, пов'язані з обсягами відповідних підмножин. Наяв-

ність та рівні впливів решти факторів, які складають множини

$$\{\mathfrak{D}_{11}, \mathfrak{D}_{12}, \mathfrak{D}_{13}, \mathfrak{D}_{21}, \mathfrak{D}_{22}, \mathfrak{D}_{31}, \mathfrak{D}_{32}, \mathfrak{D}_{41}, \mathfrak{D}_{42}\}; \quad (9)$$

$$\{\mathfrak{D}_1, \mathfrak{D}_2, \mathfrak{D}_3, \mathfrak{D}_4\}, \quad (10)$$

подаються нечіткою підмножиною з умовними значеннями її функцій приналежності для (9) та нечіткою підмножиною з безумовними значеннями її функції приналежності для (10), які відповідають ядрам нечітких бінарних відношень строгої переваги відповідно для множин (9), (10), визначені на основі постановки експертизи і обробки відповідних експертних даних за співвідношеннями (5)-(7). Значення значущостей підмножин як елементів (9) та (10) мають зміст $\{0, 8; 0, 6; 0, 5; 0, 4; 0, 6; 0, 3; 0, 2; 0, 9; 0, 7\}$ і $\{0, 5; 0, 6; 0, 7; 0, 4\}$ та приведені на рис. 1.

На останньому кроці реалізації методичного підходу, який пропонується, визначається рівень значущості кожного фактора із множини факторів які введені до розгляду при описі нечіткого нестохастично невизначеного середовища функціонування складної системи \mathcal{P} . Рівень значущості кожного фактора $d_i \in D$ визначається з урахуванням впливу усіх факторів, які складають решту, тобто факторів $\{d_i\} \setminus d_k$, $i, k = \overline{1, m}, k \neq i$ за операціями наступного змісту. Умовні рівні значущості кожного фактора, який включено до відповідної підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$, $i = 1, j = \overline{1,3}, i = \overline{2,4}, j = 1; 2$, корегуються у відповідності до рівня значущості підмножини $\mathfrak{D}_{1,j}$ як елемента множини (9) і рівня значущості множини факторів \mathfrak{D}_i як елемента (10) з урахуванням (8) та логічного подання опису функціонального призначення цього фактора в досягненні забезпечення цілеспрямованого функціонування складної системи \mathcal{P} в цілому.

Висновки

Фактори, які мають політичну, економічну, соціальну, етнічну, етичну суб'єктивну та інші спрямованості описують нечітке нестохастично невизначене середовище функціонування складної системи, яка здатна формувати власну поведінку розвитку процесу її функціонування за часом. Прийняття рішення ОПР щодо впливу на формування власної поведінки розвитку процесу функціонування складної системи за часом може бути відпрацьовано на основі її інформованості про значення рівнів значущості усіх факторів, які вона може визначати як впливова множина, виходячи із змісту суттєвості цілеспрямованості функціонування складної системи. Переконалива більшість факторів які ОПР введе до розгляду є багатоспрямованими та при розгляді функціонування складної системи складають множини достатньо великого обсягу. Забезпечення необхідного рівня достовірності експертних оцінок навіть при нечіткому бінарному відношенні пари

факторів з урахуванням впливу решти із всієї множини є задачею, яка практично немає розв'язку.

Методика визначення рівнів значущості факторів, яка подається, дозволяє забезпечити проведення експертиз з множинами факторів, які складають множини малих обсягів і дозволяє враховувати вплив усіх факторів, які складають лишки до визначеної множини, та тому може бути корисною при побудові когнітивних карт та моделей.

Список літератури

1. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10 томах. Т.3. Эффективность технических систем / Под. общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
2. Метод вибору раціональної за ефективністю стратегії управління в ході збройної боротьби в умовах її нечіткого інформаційного ресурсу / В.М. Більчук, Н.І. Литвинець, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9(67). – С.2-10.
3. Бильчук В.М. Метод определения показателей эффективности и риска принятия решений при проведении операций в условиях нестохастической неопределенности /

В.М. Бильчук, О.В. Десятов, И.С. Николаева // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2003. – Вип. 3.- С. 11-22.

4. Бильчук В.М. Оцінка ефективності прийняття рішень щодо оперативного управління в умовах нестохастичної невизначеності інформаційного забезпечення / В.М. Бильчук // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2005. – № 2(2). – С. 39-46.

5. Бильчук В.М. Методологічні основи засад розуміння нечіткого нестохастично невизначеного середовища та досліджень наявності в цьому явищі природи / В.М. Бильчук, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 1(13). – С 2-9.

6. Методологічні основи опису процесу функціонування складної системи // В.М. Бильчук, Д.А. Гриб, І.Г. Дзеверин, О.В. Воробйов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 6 (113). – С. 5-12.

7. Метод визначення напрямів сприяння формуванню цілеспрямованої власної поведінки розвитку процесу функціонування складної системи / В.М. Бильчук, Д.А. Гриб, І.Г. Дзеверин, О.В. Воробйов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 8(115). – С. 16-23.

Надійшла до редколегії 29.04.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.Т. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ ЗНАЧИМОСТИ ФАКТОРОВ, ФОРМИРУЮЩИХ НЕЧЕТКУЮ НЕСТОХАСТИЧЕСКУЮ НЕОПРЕДЕЛЕННУЮ СРЕДУ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

В.М. Бильчук, Д.А. Гриб, И.Г. Дзеверин, О.В. Воробьев, И.А. Нос

Рассматривается сложная система, целенаправленное функционирование которой определяется факторами, которые по своей природе могут иметь политическое, экономическое, социальное, этическое, этническое, субъективное и другие направленности и составляют в целом множество $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$ достаточно большого объема (несколько десятков или сотен). Предметная содержательность факторов и размерность множества D определяются целенаправленностью заинтересованности лица, принимающего решение (ЛПР). Поставленные в соответствие каждому фактору, указанной выше той или иной природы, переменные в общем случае являются случайными немассового характера. Это определяет, что введенные ЛПР к рассмотрению факторы формируют нестохастическую, неопределенную среду, в которой функционирует сложная система. Описание собственного поведения развития процесса функционирования сложной системы по времени представлено с учетом уровней значимости факторов множества D . Для любого подмножества факторов D_i , $D_{i,j}$, $D_{i,j,k}$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, n_i}$; $k = \overline{1, n_j}$, которые составляют иерархию декомпозиции структуры факторов множества D , уровни значимости факторов отвечают уровням недоминированности элементов нечеткого подмножества ядра нечеткого бинарного отношения строгого предпочтения факторов как элементов отмеченных выше подмножеств D_i , $D_{i,j}$, $D_{i,j,k}$. Предлагается методический подход преодоления трудностей, связанных с практической невозможностью учета экспертами влияния всех факторов множества $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$, которые составляют остаток при определении значений функции принадлежности нечеткого бинарного отношения нестрогого предпочтения пары факторов (\bar{r}, \bar{g}) $\bar{r}, \bar{g} \in D$.

Ключевые слова: нестохастичность, нечеткость, неопределенность, сложная система, фактор.

METHODS FOR DETERMINING THE SIGNIFICANCE LEVEL OF THE FACTORS THAT GENERATE FUZZY NONSTOCHASTIC UNCERTAIN ENVIRONMENT OF PURPOSEFUL FUNCTIONING OF A COMPLEX SYSTEM

V.M. Bilchuk, D.A. Grib, I.G. Dzeverin, O.V. Vorobyev, I.A. Nos

A complex system is considered, purposeful functioning of which is determined by the factors, which by nature can have political, economic, social, ethical, ethnic, subjective and other orientations and together form a $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$ set of a comparatively large size (a few tens or hundreds). Subjective content of the factors and the dimension of the D set are determined by the purposeful interest of a person making decision (PMD). Brought into correspondence to each factor of one or another nature mentioned above, the variables are in general random and of non-mass character. This determines that factors brought into consideration by PMD form non-stochastic, uncertain environment in which a complex system operates. Description of the process development behavior of complex system functioning of time is presented taking into account the significance levels of set D factors. For any subset of D_i , $D_{i,j}$, $D_{i,j,k}$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, n_i}$; $k = \overline{1, n_j}$ factors that form the decomposition hierarchy of the structure D set factors, the significance levels of the factors meet the levels of non-dominated elements of fuzzy subset of fuzzy binary relation core of strict preference factors as the elements of the above-mentioned D_i , $D_{i,j}$, $D_{i,j,k}$ subsets. A methodical approach is proposed to overcome the difficulties that are associated with practical impossibility of the experts to account the influence of all the factors of $D = \{d_i\}$, $i = \overline{1, m}$ number set, which make the residue in the process of determining the function values of fuzzy binary relation membership of couple of factors preference-indifference (\bar{r}, \bar{g}) $\bar{r}, \bar{g} \in D$.

Keywords: nonstochasticity, fuzziness, uncertainty, a complex system, factor.