УДК 330.4

Ю. В. Мокіна, канд. екон. наук, доц.;
Н. С. Гончарук, асп.;
Б. І. Мокін, акад. НАПН України, д-р техн. наук, проф.

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ НЕЧІТКОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ НАДХОДЖЕННЯ ДО УНІВЕРСИТЕТУ КОШТІВ ВІД ВІТЧИЗНЯНИХ СТУДЕНТІВ, ЩО НАВЧАЮТЬСЯ ЗА КОНТРАКТОМ

Згідно з визначеними раніше структурами моделей процесу надходження до університету коштів за надання платних освітніх послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, синтезовано математичні моделі нечіткого управління цим процесом.

Постановка задачі та вихідні передумови

В роботі [1] нами побудована п'ятирівнева ієрархічна система формування коштів університету від надання дозволених платних послуг і синтезовані узагальнені математичні моделі для кожної ланки цієї системи на кожному із п'яти рівнів ієрархії.

В роботі [2] ми розкрили зміст узагальнених математичних моделей для найвищого (5-го) рівня ієрархії системи та попереднього (4-го) рівня, синтезувавши математичні моделі прогнозування надходження до університету коштів за надання дозволених платних послуг на основі моделей авторегресії — проінтегрованого ковзного середнього.

В роботі [3], використавши теорію лінгвістичної змінної [4] в інтерпретації авторів робіт [5, 6], для ланок, зав'язаних на надходження коштів за надання платних послуг лише освітнього характеру і лише від вітчизняних студентів, на 3-му, 2-му та 1-му рівнях ієрархії системи, зображених на рис. 1, побудовано структури узагальнених математичних моделей у вигляді рівнянь нечіткої логіки, які для ланки 3-го рівня ієрархії з використанням термів «висока (В)», «середня (С)», «низька (Н)», мають вигляд:

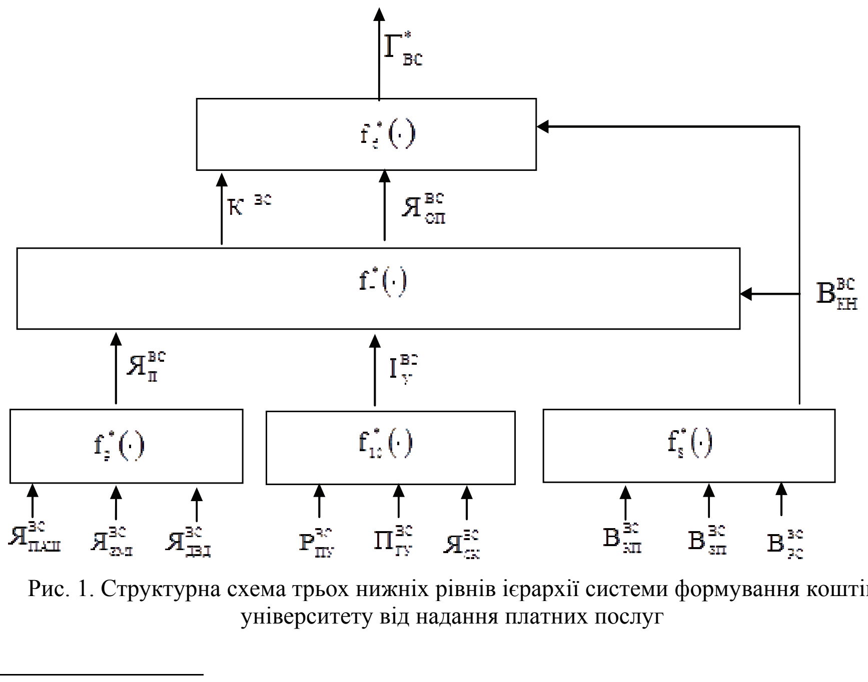

Рис. 1. Структурна схема трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг

$$\begin{aligned}
&\text{ЯКЩО}\left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{Н}\right)\ \text{І}\ \left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\ \text{І}\ \left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{Н}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{Н}\right)\ \text{І}\ \left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{С}\right)\\
&\text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{В}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{Н}\right)\\
&\text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{С}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{Н}\right),\\
&\text{ТО}\ \left(\Gamma^{*}_{\text{ВС}}=\text{Н}\right);
\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}
&\text{ЯКЩО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{С}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{В}\right)\\
&\text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{Н}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{С}\right)\\
&\text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{В}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{В}\right)\\
&\text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{С}\right)\ \text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{Н}\right)\\
&\text{АБО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{Н}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{Н}\right),\\
&\text{ТО}\ \left(\Gamma^{*}_{\text{ВС}}=\text{С}\right);
\end{aligned}\tag{2}$$

$$\begin{aligned}
&\text{ЯКЩО}\ \left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{В}\right)\text{АБО}\left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{С}\right)\\
&\text{АБО}\left(\text{К}^{\text{ВС}}=\text{В}\right)\text{І}\left(\text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}=\text{С}\right)\text{І}\left(\text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}=\text{В}\right),\\
&\text{ТО}\left(\Gamma^{*}_{\text{ВС}}=\text{В}\right).
\end{aligned}\tag{3}$$

У цій же роботі [3] показано, що аналогічний вигляд мають структури математичних моделей і для ланок 2-го та 1-го рівнів ієрархії системи, з тією лише різницею, що в них по-іншому, але згідно із прийнятою на рис. 1, виглядатиме символіка як для вихідних, так і для вхідних лінгвістичних змінних.

Ще однією нашою передумовою є те, що, як доведено нами в роботі [3], усі лінгвістичні змінні на 3-му, 2-му та 1-му рівнях ієрархії системи з використанням відносних одиниць можуть бути заданими на тій самій універсальній множині у вигляді відрізка [0, 1].

У цій роботі ми, використовуючи вищевказані передумови, синтезуємо математичні моделі для ланок, зав'язаних на надходження коштів за надання платних послуг лише освітнього характеру і лише від вітчизняних студентів, на 3-му, 2-му та 1-му рівнях ієрархії системи, зображених на рис. 1, тобто, синтезуємо математичні моделі нечіткого управління процесом надходження до університету коштів від вітчизняних студентів, що навчаються за контрактом.

Розв'язання задачі

Почнемо розв'язувати поставлену вище задачу синтезу моделі з визначення функцій належності для термів Н, С, В кожної лінгвістичної змінної, що входить в структуру цієї моделі, визначену нечіткими рівняннями (1)—(3).

На наш погляд, адекватною функцією належності елементів з універсальної множини, заданої відрізком [0, 1], до введених нами термів є функція

$$\mu(u)=\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{u-m}{\sigma}\right)^{2}\right),\tag{4}$$

у якій, як показано в роботі [6], m є координатою максимуму, а σ є коефіцієнтом концентрації, і яка є диференційованою, що дуже важливо в разі оптимальної настройки цих параметрів за допомогою методу зворотного розповсюдження помилки, викладеного, наприклад, в роботах [5, 6].

Очевидно, що доцільніше для множини термів Н, С, В кожної лінгвістичної змінної, заданої на відрізку [0, 1], значеннями координат максимуму функцій належності взяти такі числа:

$$m_{\text{Н}} = 0; \;\; m_{\text{С}} = 0,5; \;\; m_{\text{В}} = 1. \tag{5}$$

А коефіцієнти концентрації функцій належності, однакові для усіх термів, легко знаходяться з умови, що функції належності для елементів, які лежать посередині між максимумами двох сусідніх термів, дорівнюють 0,5 кожна. Для сусідніх термів Н і С ця умова з використанням функції належності для терму С матиме вигляд

$$\mu(0,25) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{0,25-0,5}{\sigma}\right)^2\right) = 0,5. \tag{6}$$

З рівняння (6) знайдемо, що

$$\sigma = \frac{|0,25-0,5|}{\sqrt{-2\ln 0,5}} = 0,21. \tag{7}$$

Графіки функцій належності елементів із універсальної множини, заданої відрізком [0, 1], термам Н, С, В показані на рис. 2.

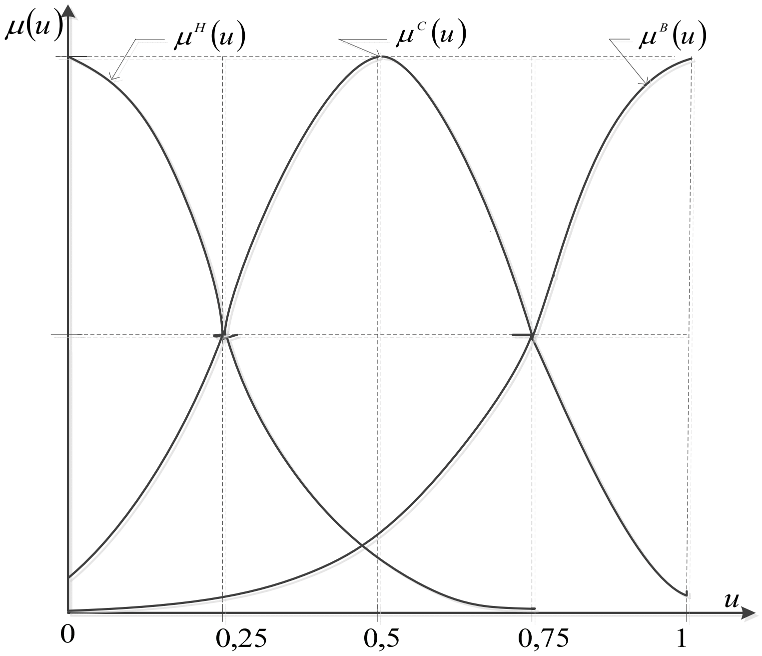

Рис. 2. Графіки функцій належності елементів із універсальної множини, заданої відрізком [0, 1], термам Н, С, В

Тепер ми маємо усе необхідне для синтезу математичної моделі нечіткого управління процесом надходження до університету коштів від вітчизняних студентів, що навчаються за контрактом, на 3-му рівні ієрархії системи їх формування — математичної моделі, яка є адекватною узагальненій моделі

$$\Gamma^{*}_{\text{ВС}} = f^{*}_{6}\left(\text{К}^{\text{ВС}}, \text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}, \text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}\right) \tag{8}$$

та її нечіткій структурі у вигляді рівнянь нечіткої логіки (1)—(3).

Для цих рівнянь (1)—(3), виходячи з того, що логічній операції **І** в теорії лінгвістичної змінної відповідає операція min (знаходження мінімального значення), а операції **АБО** — операція max (знаходження максимального значення), для вхідного вектора $\left(\text{К}^{\text{ВС}}, \text{В}^{\text{ВС}}_{\text{КН}}, \text{Я}^{\text{ВС}}_{\text{ОП}}\right)$ можна записати таку систему рівнянь нечіткої логіки відносно функцій належності відповідних термів:

$$\mu^{\text{Н}}_{\text{К, В, Я}}(u) = \max_{j \to 1,2,3,4,5,6} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min\left(\mu^{\text{Н}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=1},\ \min\left[\left(\mu^{\text{Н}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=2}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{Н}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=3},\ \min\left[\left(\mu^{\text{Н}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=4}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{Н}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=5},\ \min\left[\left(\mu^{\text{С}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=6}; \end{array} \right\} \quad (9)$$

$$\mu^{\text{С}}_{\text{К, В, Я}}(u) = \max_{j \to 1,2,3,4,5,6,7,8,9} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min\left(\mu^{\text{С}}_{\text{К}}(u), \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u), \mu^{\text{С}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=1},\ \min\left[\left(\mu^{\text{С}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=2}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{С}}_{\text{К}}(u), \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u), \mu^{\text{Н}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=3},\ \min\left[\left(\mu^{\text{С}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=4}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{С}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=5},\ \min\left[\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=6}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=7},\ \min\left[\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=8}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=9}; \end{array} \right\} \quad (10)$$

$$\mu^{\text{В}}_{\text{К, В, Я}}(u) = \max_{j \to 1,2,3} \left\{ \begin{array}{l} \left[\min\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=1},\ \min\left[\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=2}, \\ \min\left[\left(\mu^{\text{В}}_{\text{К}}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{В}}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{Я}}(u)\right)\right]_{j=3}. \end{array} \right\} \quad (11)$$

В результаті нечіткого логічного виведення на основі рівнянь (9)—(11) отримаємо нечітку вихідну лінгвістичну змінну $\Gamma^*_{\text{ВС}}$ у вигляді

$$\Gamma^*_{\text{ВС}} = \left(\frac{\mu^{\text{Н}}_{\text{К, В, Я}}(u)}{\text{Н}}, \frac{\mu^{\text{С}}_{\text{К, В, Я}}(u)}{\text{С}}, \frac{\mu^{\text{В}}_{\text{К, В, Я}}(u)}{\text{В}} \right), \quad (12)$$

на носієві [Н, С, В], для переведення якої на носій $U = [0, 1]$, спочатку за методикою, викладеною в роботі [6],здійснимо її імплікацію, тобто, знайдемо функції належності термів Н, С, В вихідної лінгвістичної змінної $\Gamma^*_{\text{ВС}}$, «зрізані» значеннями $\mu^{\text{Н}}_{\text{К, В, Я}}(u)$, $\mu^{\text{С}}_{\text{К, В, Я}}(u)$, $\mu^{\text{В}}_{\text{К, В, Я}}(u)$:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Н}}(u) &= \text{imp}\left(\mu^{\text{Н}}_{\Gamma}(u),\, \mu^{\text{Н}}_{\text{К, В, Я}}(u)\right); \\ \mu_{\text{С}}(u) &= \text{imp}\left(\mu^{\text{С}}_{\Gamma}(u),\, \mu^{\text{С}}_{\text{К, В, Я}}(u)\right); \\ \mu_{\text{В}}(u) &= \text{imp}\left(\mu^{\text{В}}_{\Gamma}(u),\, \mu^{\text{В}}_{\text{К, В, Я}}(u)\right), \end{aligned} \quad (13)$$

як показано на рис. 3 для одного з варіантів, а потім знайдемо агреговану функцію належності цієї лінгвістичної змінної на носієві $U = [0, 1]$:

$$\mu^{\overline{[0,1]}}_{\Gamma}(u) = \text{agg}\left(\mu_{\text{Н}}(u),\, \mu_{\text{С}}(u),\, \mu_{\text{В}}(u)\right), \quad (14)$$

графік якої на цьому ж рис. 3 показано жирною лінією.

А після цього для знаходження чіткого значення $\Gamma^{**}_{\text{ВС}}$ вихідної лінгвістичної змінної $\Gamma^*_{\text{ВС}}$ знадобиться операція дефазифікації за методом центру ваги, формула якої для наших умов матиме вигляд

$$\Gamma^{**}_{\text{ВС}} = \frac{\sum\limits_{i=1}^{N} u_i \cdot \mu^{\overline{[0,1]}}_{\Gamma}(u_i)}{\sum\limits_{i=1}^{N} \mu^{\overline{[0,1]}}_{\Gamma}(u_i)}, \quad (15)$$

де N — кількість частин, на які розбивається відрізок [0, 1].

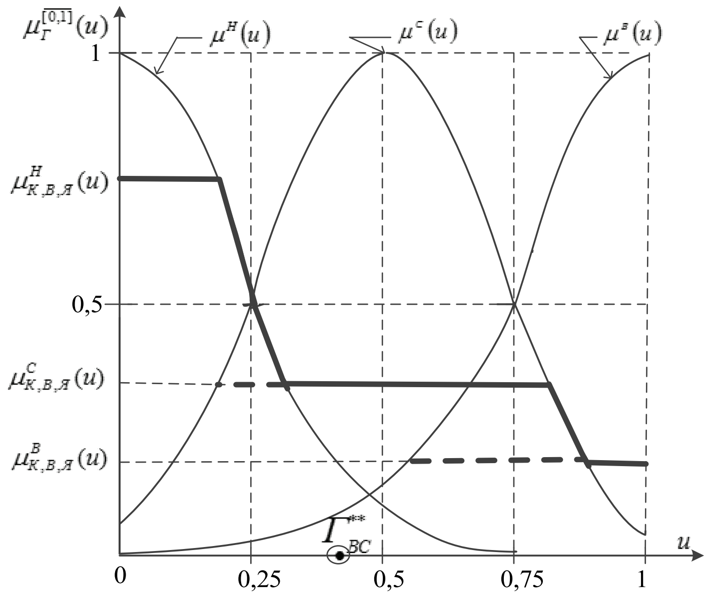

Рис. 3. Графіки імплікованих функцій належності термів Н, С, В та агрегованої функції належності $\mu_{\Gamma}^{[0,1]}(u)$ лінгвістичної змінної $\Gamma_{ВС}^{*}$ для конкретизованих значень $\mu_{К,В,Я}^{Н}(u)$, $\mu_{К,В,Я}^{С}(u)$, $\mu_{К,В,Я}^{В}(u)$

Для агрегованого значення функції належності $\mu_{\Gamma}^{[0,1]}(u)$, показаного на рис. 3 жирною лінією, чітке значення $\Gamma_{ВС}^{**}$ вихідної лінгвістичної змінної $\Gamma_{ВС}^{*}$, обчислене за формулою (15), буде знаходитись у тій точці осі *u*, яка обведена колом.

Отримана нами нечітка база знань, виражена співвідношеннями (9)—(15), і буде задавати математичну модель ланки 3-го рівня ієрархії системи формування коштів, що надходять у вигляді плати за освітні послуги від вітчизняних студентів, що навчаються за контрактом. Ця база знань є адекватною структурі (1)—(3) узагальненої моделі (8), у якій вплив безпосередньо ми можемо здійснювати лише на вхідну лінгвістичну змінну $Я_{ОП}^{ВС}$, через яку і буде здійснюватись управління процесом надходження коштів на цьому рівні.

Як випливає з роботи [3], наведена вище процедура буде справедливою і для синтезу математичної моделі ланки 2-го рівня ієрархії, узагальнена модель якої має вигляд

$$К^{ВС} = f_7^*\left(І_{У}^{ВС}, В_{КН}^{ВС}, Я_{П}^{ВС}\right), \tag{16}$$

з тією лише різницею, що в усіх формулах, наведених вище, необхідно замість $\Gamma_{ВС}^{*}$ підставити $К^{ВС}$, замість $К^{ВС}$ — $І_{У}^{ВС}$, а замість $Я_{ОП}^{ВС}$ — $Я_{П}^{ВС}$.

Але ця математична модель буде лише проміжною, оскільки в її структуру не входять лінгвістичні змінні, на які ми можемо здійснювати вплив безпосередньо.

Інші управляючі лінгвістичні змінні входять в математичні моделі ланок 1-го рівня ієрархії системи формування коштів, узагальнені моделі яких, як показано в роботі [3], мають вигляд

$$В_{КН}^{ВС} = f_8^*\left(В_{ЗП}^{ВС}, В_{КП}^{ВС}, В_{РС}^{ВС}\right); \tag{17}$$

$$Я_{П}^{ВС} = f_9^*\left(Я_{ПАШ}^{ВС}, Я_{ЗМІ}^{ВС}, Я_{ДВД}^{ВС}\right); \tag{18}$$

$$І_{У}^{ВС} = f_{10}^*\left(Р_{ПУ}^{ВС}, П_{ГУ}^{ВС}, Я_{СК}^{ВС}\right). \tag{19}$$

Алгоритм побудови цих математичних моделей є таким самим, як і описаний вище алгоритм синтезу математичної моделі, адекватної узагальненій моделі (16).

За допомогою сукупності синтезованих математичних моделей, адекватних узагальненим моделям (8), (16)—(19), ми можемо, визначивши за алгоритмом, наведеним в роботі [3], вектор

$$\left(Я_{ОП}^{ВС},\, Я_{ПАШ}^{ВС},\, Я_{ЗМІ}^{ВС},\, Я_{ДВД}^{ВС},\, В_{ЗП}^{ВС},\, В_{КП}^{ВС},\, В_{РС}^{ВС},\, Р_{ПУ}^{ВС},\, П_{ГУ}^{ВС},\, Я_{СК}^{ВС}\right) \qquad (20)$$

конкретних значень управляючих лінгвістичних змінних, розрахувати спочатку вектор

$$\left(К^{ВС},\, І_{У}^{ВС},\, В_{КН}^{ВС},\, Я_{П}^{ВС}\right) \qquad (21)$$

проміжних лінгвістичних змінних, а потім і значення вихідної лінгвістичної змінної $Г_{ВС}^{*}$.

Формуючи по черзі прирости лише однієї лінгвістичної змінної із вектора (20), ми можемо шляхом почергового моделювання визначити, як кожна із цих вхідних лінгвістичних змінних впливає на вихідну лінгвістичну змінну, і зосередити організаційну роботу в університеті на тих напрямах, які приведуть до найпомітнішого приросту вихідної лінгвістичної змінної, якою у нас є кошти, що надходять в якості оплати за освітні послуги від студентів, що навчаються за контрактом.

Висновки

1. Синтезовано математичну модель для ланки 3-го рівня ієрархії системи формування коштів, що надходять до університету в якості оплати за освітні послуги від студентів, що навчаються за контрактом.
2. Показано, як використати алгоритм синтезу математичної моделі, розроблений для ланки 3-го рівня ієрархії системи, для синтезу математичних моделей ланок 2-го та 1-го рівнів ієрархії цієї ж системи.
3. Сформовано вектор управляючих лінгвістичних змінних для вищевказаної системи і визначено шляхи застосування цього вектора для збільшення надходження коштів до університету.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін Б. І. Ієрархія факторів, що забезпечують надходження до вищих навчальних закладів позабюджетних коштів та узагальнені моделі їх взаємодії / Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, Н. С. Гончарук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 3. — С. 75—84.
2. Мокін Б. І. Прогнозування надходження до вищого навчального закладу коштів за надання дозволених платних послуг на основі моделей авторегресії-проінтегрованого ковзного середнього / Б. І. Мокін, Ю. В. Мокіна, Н. С. Гончарук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 4. — С. 24—32.
3. Мокіна Ю. В. Структури моделей, придатних для управління процесом надходження до університету коштів за надання платних освітніх послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом / Ю. В. Мокіна, Н. С. Гончарук, Б. І. Мокін // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2012. — № 6. — С. 75—84.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде ; пер. с англ. — М. : Мир, 1976. — 167 с.
5. Митюшкин Ю. И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Ю. И. Митюшкин, Б. И. Мокин, А. П. Ротштейн. — Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. — 145 с.
6. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLab / С. Д. Штовба. — М. : Горячая линия—Телеком, 2007. — 288 с.

Рекомендована кафедрою менеджменту та моделювання в економіці

Стаття надійшла до редакції 4.12.12
Рекомендована до друку 28.03.13

Мокіна Юлія Вікторівна — доцент кафедри менеджменту та моделювання в економіці;
Гончарук Наталія Сергіївна — аспірантка, ***Мокін Борис Іванович*** — професор кафедри відновлюваної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця