

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

СТРУКТУРИ МОДЕЛЕЙ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ НАДХОДЖЕННЯ ДО УНІВЕРСИТЕТУ КОШТІВ ЗА НАДАННЯ ПЛАТНИХ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ ВІТЧИЗНЯНИМ СТУДЕНТАМ, ЩО НАВЧАЮТЬСЯ ЗА КОНТРАКТОМ

Визначено структури моделей процесу надходження до університету коштів за надання платних освітніх послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, які придатні для управління цим процесом, оскільки у них використані такі змінні, на які можна здійснювати вплив.

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 — це стало можливим завдяки тому, що вхідними і вихідними змінними кожної із ланок цих рівнів є гроші, процеси надходження яких підпадають під визначення часових рядів [3, 4].

У цій роботі визначимо структури узагальнених математичних моделей 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.

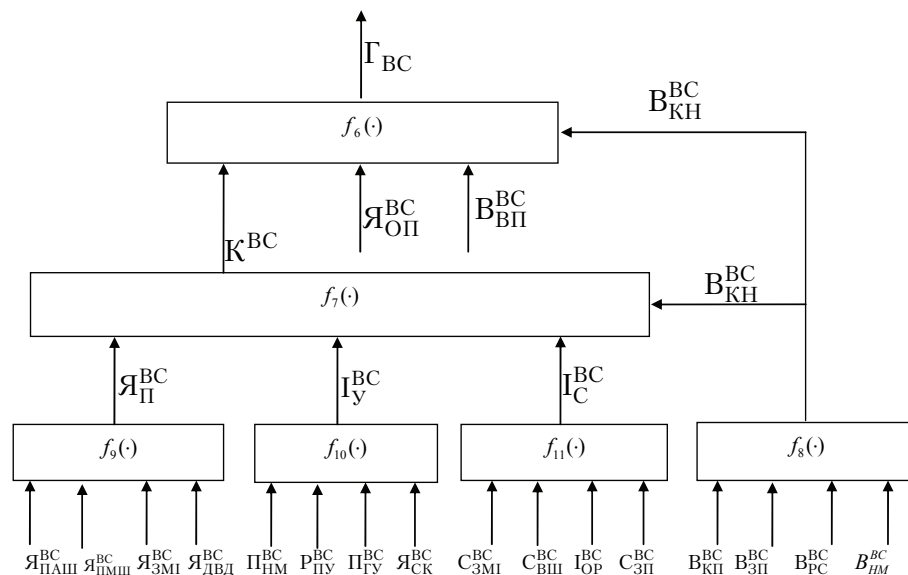


Рис. 1. Структурна схема трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом

Оскільки серед змінних, що входять у наведені нижче узагальнені математичні моделі, є не лише кількісні, а і якісні, то для визначення структур цих моделей будемо використовувати теорію лінгвістичної змінної [5] в інтерпретації авторів робіт [6, 7].

Звертаємо увагу на те, що, фактично, наведений рис. 1 повинен був би повторювати рис. 2 роботи [1], але так сталося, що в результаті недогляду під час оформлення в роботі [1] на рис. 2 повторено той самий рис. 1 із тієї ж роботи. Тож саме рис. 1 із цієї роботи слід вважати рис. 2 і у попередній нашій роботі [1], оскільки саме по відношенню до нього там записані усі узагальнені моделі, що увійшли в роботу [1] під номерами (7)–(12), і які ми для зручності повторимо у цій роботі, але уже під порядковими номерами, відповідно, цієї роботи, – вони разом з поясненнями до них, що подані нижче, і будуть вихідними передумовами.

Тож маємо:

$$\Gamma_{BC} = f_6(K^{BC}, B_{KH}^{BC}, Я_{ОП}^{BC}, B_{ВП}^{BC}); \quad (1)$$

$$K^{BC} = f_7(Я_{П}^{BC}, I_{У}^{BC}, I_C^{BC}, B_{KH}^{BC}); \quad (2)$$

$$B_{KH}^{BC} = f_8(B_{КП}^{BC}, B_{ЗП}^{BC}, B_{РС}^{BC}, B_{НМ}^{BC}); \quad (3)$$

$$Я_{П}^{BC} = f_9(Я_{ПАШ}^{BC}, Я_{ПМШ}^{BC}, Я_{ЗМІ}^{BC}, Я_{ДВД}^{BC}); \quad (4)$$

$$I_{У}^{BC} = f_{10}(П_{НП}^{BC}, P_{ПУ}^{BC}, П_{ГУ}^{BC}, Я_{СК}^{BC}); \quad (5)$$

$$I_C^{BC} = f_{11}(C_{ЗМІ}^{BC}, C_{ВШ}^{BC}, I_{ОР}^{BC}, C_{ЗП}^{BC}), \quad (6)$$

де K^{BC} – кількість вітчизняних студентів, що навчаються на умовах надання платних послуг (за контрактом); Γ_{BC} – кількість грошей, що надходять до університету від вітчизняних студентів, які навчаються за контрактом; B_{KH}^{BC} – вартість навчання за контрактом вітчизняних студентів; $Я_{ОП}^{BC}$ – якість організації процесу (навчання); $B_{ВП}^{BC}$ – вартість відрахувань і податків; $Я_{П}^{BC}$ – якість профорієнтації в Україні; $I_{У}^{BC}$ – імідж університету в Україні; I_C^{BC} – імідж спеціальності в Україні; $B_{КП}^{BC}$ – вартість комунальних послуг для вітчизняних студентів; $B_{ЗП}^{BC}$ – вартість заробітної плати викладачів і співробітників, що обслуговують процес навчання вітчизняних студентів; $B_{РС}^{BC}$ – вартість розвитку спеціальностей для вітчизняних студентів; $B_{НМ}^{BC}$ – вартість навчальних матеріалів для вітчизняних студентів; $Я_{ПАШ}^{BC}$ – якість профорієнтаційних акцій в школах України; $Я_{ПМШ}^{BC}$ – якість профорієнтаційних матеріалів, розісланих в школи України; $Я_{ЗМІ}^{BC}$ – якість матеріалів про університет в ЗМІ України; $Я_{ДВД}^{BC}$ – якість днів відкритих дверей в університеті для вітчизняних абітурієнтів; $П_{НП}^{BC}$ – привабливість навчальних приміщень і лабораторного обладнання за станом і дизайном для вітчизняних абітурієнтів; $P_{ПУ}^{BC}$ – рейтингова популярність університету в Україні на ринку праці; $П_{ГУ}^{BC}$ – привабливість гуртожитків університету для вітчизняних абітурієнтів; $Я_{СК}^{BC}$ – якість спортивного і культурного життя в університеті; $C_{ЗМІ}^{BC}$ – ступінь популяризації спеціальності в вітчизняних ЗМІ; $C_{ВШ}^{BC}$ – ступінь популярності спеціальності у випускників школи минулих років; $I_{ОР}^{BC}$ – імовірність отримання роботи за спеціальністю після закінчення університету; $C_{ЗП}^{BC}$ – ступінь задоволення спеціальністю знайомих, які працюють після її отримання за нею.

Звертаємо увагу на те, що більшість із цих лінгвістичних змінних є проміжними і лише вхідна лінгвістична змінна $Я_{ОП}^{BC}$ на найвищому (5-му) рівні ієрархії системи та усі вхідні лін-

гвістичні змінні найнижчого (1-го) рівня ієрархії цієї ж системи є такими, на які ми можемо здійснювати вплив.

Виходячи з викладених вище передумов, ми і будемо розв'язувати поставлену задачу визначення структур моделей процесу надходження до університету коштів за надання платних освітніх послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, які придатні для управління цим процесом, оскільки у них використані у тому числі і такі змінні, на які можна здійснювати вплив.

Розв'язання задачі

Розв'язувати поставлену задачу почнемо з визначення структури математичної моделі ланки, що розмістилась на 3-му рівні ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, які навчаються за контрактом, узагальнена модель якої визначена виразом (1). З урахуванням того, що вартість відрахувань і податків $V_{ВП}^{BC}$ є величиною детерміновано зв'язаною з кількістю грошей Γ_{BC} , що надходять до університету від вітчизняних студентів, які навчаються за контрактом, узагальнену модель (1) можна представити і так:

$$\Gamma_{BC} = \alpha f_6^*(K^{BC}, V_{КН}^{BC}, Я_{ОП}^{BC}) = \alpha \Gamma_{BC}^*, \quad (7)$$

де коефіцієнт α , для якого справедливою буде нерівність

$$\alpha \leq 1, \quad (8)$$

вказує на те, у скільки разів зменшуватиметься величина Γ_{BC}^* після вирахування з неї усіх відрахувань і податків, визначених законодавством. Тож верхню ланку на рис. 1 можна в подальшому розглядати не як ланку з чотирма входами, а як ланку лише з трьома входами, але одночасно з виходом, у канал якого включено масштабний перетворювач з характеристикою (8), тобто як ланку, узагальнена модель (7) якої містить лише чотири лінгвістичні змінні: Γ_{BC}^* , K^{BC} , $V_{КН}^{BC}$, $Я_{ОП}^{BC}$.

Для спрощення подальших викладок вважатимемо, що усі ці чотири лінгвістичні змінні мають кожна лише по три терми: «висока (В)», «середня (С)», «низька (Н)».

Визначимо універсальну множину для кожної із цих лінгвістичних змінних.

Почнемо з першої вхідної лінгвістичної змінної K^{BC} , яка характеризує кількість вітчизняних студентів, що навчаються на умовах надання платних послуг, тобто, за контрактом.

Згідно з правилами прийому до державних університетів не дозволяється приймати на 1-й курс для навчання за контрактом студентів більше, ніж їх прийнято для навчання за державним замовленням, а тому і на усіх курсах університету не повинно бути студентів контрактної форми навчання більше, ніж студентів за державним замовленням. Тому, ділячи кількість студентів контрактної форми навчання на кількість студентів за державним замовленням, тобто, переходячи до відносних одиниць, ми для жодного із державних університетів не отримаємо числа, більшого одиниці. Тож в якості універсальної множини для лінгвістичної змінної K^{BC} , вираженої у відносних одиницях, ми маємо право взяти відрізок $[0, 1]$.

Тепер визначимо універсальну множину для другої вхідної лінгвістичної змінної $V_{КН}^{BC}$, яка характеризує вартість навчання за контрактом одного вітчизняного студента.

Той рядок у Бюджеті країни, яким визначається кількість коштів, що виділяються на підготовку спеціалістів у вищих навчальних закладах 3-го та 4-го рівнів акредитації, формується щороку, виходячи з вартості підготовки одного спеціаліста за державним замовленням у цих ВНЗ, розрахованої у Міністерстві економічного розвитку і торгівлі України з врахуванням усіх витрат на підготовку такого спеціаліста за кожною із акредитованих спеціальностей. Тож і вартість підготовки одного спеціаліста за контрактом з кожної із акредитованих спеціальностей у ВНЗ не повинна перевищувати вартість підготовки спеціаліста з цієї ж спеціальності за державним замовленням. Тому, ділячи вартість підготовки одного спеціаліста за контрак-

том за кожною із акредитованих спеціальностей у кожному конкретному ВНЗ на вартість підготовки у цьому ж ВНЗ одного спеціаліста за цією ж спеціальністю за державним замовленням, ми для жодного із цих ВНЗ, аби не вийти за правове поле, не повинні отримати числа, більшого одиниці. Тож в якості універсальної множини для лінгвістичної змінної V_{KH}^{BC} , вираженої у відносних одиницях, ми теж маємо право взяти відрізок $[0, 1]$.

Далі визначимо універсальну множину для третьої вхідної лінгвістичної змінної Y_{OP}^{BC} , яка характеризує якість організації процесу навчання студентів контрактної форми.

Як правило, студенти контрактної форми навчання мають гіршу попередню шкільну підготовку у порівнянні зі студентами, які навчаються за державним замовленням, тому якість організації процесу навчання для них грає суттєву роль і може характеризуватись кількістю студентів контрактної форми, відрахованих з університету протягом року. Адже чим краще організований процес навчання, тобто, чим кращими навчальними матеріалами забезпечені студенти контрактної форми, чим більше кращих викладачів працюватимуть з ними і чим більше додаткових консультацій вони отримуватимуть, тим менше їх буде відраховано протягом року за неуспішність. Тому, ділячи кількість студентів контрактної форми навчання, визначену на кінець звітної періоду, на кількість студентів цієї ж категорії, визначену на початок цього ж періоду, тобто, переходячи до відносних одиниць, ми для жодного із державних університетів не отримуємо числа, більшого одиниці. Тож в якості універсальної множини для лінгвістичної змінної Y_{OP}^{BC} , вираженої у відносних одиницях, ми теж маємо право взяти відрізок $[0, 1]$.

А тепер визначимо універсальну множину для вихідної лінгвістичної змінної Γ_{BC}^* , яка характеризує кількість грошей, що надходять до університету від вітчизняних студентів, які навчаються за контрактом. Виходячи з того, що усі вхідні лінгвістичні змінні ми визначили на відрізку $[0, 1]$, її теж доцільно визначити на цьому ж відрізку $[0, 1]$, переходячи до відносних одиниць, шляхом поділу кількості грошей, які отримує за рік університет в якості оплати за навчання від студентів контрактної форми, на кількість грошей, які університет отримує на підготовку спеціалістів із державного бюджету.

Тепер ми уже маємо усе необхідне для визначення структури математичної моделі, адекватної узагальненій моделі (1) ланки 3-го рівня ієрархії системи, зображеної на рис. 1.

Застосовуючи методику, викладену в роботах [5–7], в основу якої покладено синтез систем рівнянь нечіткої логіки, і рекомендації експертів, в якості яких використано провідних менеджерів навчально-наукових інститутів Вінницького національного технічного університету, знайдемо, що узагальненій моделі (1) адекватною є така база знань Мамдані:

$$\begin{aligned} & \text{ЯКЩО } (K^{BC} = H) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = H) \text{ АБО } (K^{BC} = H) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = C) \\ & \text{АБО } (K^{BC} = H) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = B) \text{ АБО } (K^{BC} = H) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = H) \\ & \text{АБО } (K^{BC} = H) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = C) \text{ АБО } (K^{BC} = C) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = H), \\ & \text{ТО } (\Gamma_{BC}^* = H). \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & \text{ЯКЩО } (K^{BC} = C) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = C) \text{ АБО } (K^{BC} = C) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = B) \\ & \text{АБО } (K^{BC} = C) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = H) \text{ АБО } (K^{BC} = C) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = C) \\ & \text{АБО } (K^{BC} = C) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = B) \text{ АБО } (K^{BC} = B) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = B) \\ & \text{АБО } (K^{BC} = B) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = C) \text{ АБО } (K^{BC} = B) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = C) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = H) \\ & \text{АБО } (K^{BC} = B) \text{ I } (V_{KH}^{BC} = H) \text{ I } (Y_{OP}^{BC} = H), \\ & \text{ТО } (\Gamma_{BC}^* = C). \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{ЯКЩО} \left(K^{BC} = B \right) \mathbf{I} \left(B_{KH}^{BC} = B \right) \mathbf{I} \left(Я_{ОП}^{BC} = B \right) \mathbf{АБО} \left(K^{BC} = B \right) \mathbf{I} \left(B_{KH}^{BC} = B \right) \mathbf{I} \left(Я_{ОП}^{BC} = B \right) \\
 & \mathbf{АБО} \left(K^{BC} = B \right) \mathbf{I} \left(B_{KH}^{BC} = C \right) \mathbf{I} \left(Я_{ОП}^{BC} = B \right), \\
 & \mathbf{ТО} \left(\Gamma_{BC}^* = B \right).
 \end{aligned} \tag{11}$$

Ця база знань і задаватиме структуру узагальненої моделі (1).

Продовжимо розв'язувати поставлену задачу і перейдемо до визначення структури математичної моделі ланки, що розмістилась на 2-му рівні ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, які навчаються за контрактом, узагальнена модель якої визначена виразом (2). Для цієї моделі уже отримано на попередньому етапі дослідження усю необхідну інформацію по вхідній лінгвістичній змінній B_{KH}^{BC} та по вихідній лінгвістичній змінній K^{BC} , тож залишилось визначитись лише з характеристиками трьох інших вхідних лінгвістичних змінних: $Я_{П}^{BC}$, $I_{У}^{BC}$, $I_{С}^{BC}$.

Почнемо з першої вхідної для ланки на другому рівні ієрархії системи лінгвістичної змінної $Я_{П}^{BC}$, яка характеризує якість профорієнтації, що здійснює такий ВНЗ в Україні. Очевидно, що для оцінки цієї лінгвістичної змінної можна використати її зв'язок з числом абітурієнтів, які побажали вступити до певного університету у певному році. Оскільки правилами прийому до ВНЗ України кожному абітурієнту, який має прохідні оцінки з зовнішнього незалежного оцінювання знань, дозволено подавати документи одночасно до 5 ВНЗ, то для гарантованого 100-процентного заповнення усіх місць ліцензованого обсягу у даному ВНЗ, на частину якого держава дає замовлення, а на другу частину можна приймати на навчання за контрактом, необхідно аби кількість абітурієнтів, що подали до приймальної комісії цього ВНЗ документи, була у 5 разів більшою від ліцензованого обсягу. Тому, ділячи кількість абітурієнтів, визначену на кінець періоду прийому університетом від них документів, на 5-кратний ліцензований обсяг для цього університету, тобто, переходячи до відносних одиниць, ми для переважної більшості державних університетів не отримуємо числа, більшого одиниці. Тож в якості універсальної множини для лінгвістичної змінної $Я_{П}^{BC}$, вираженої у відносних одиницях, ми маємо право взяти відрізок $[0, 1]$.

Тепер визначимо універсальну множину для другої вхідної для цієї ж ланки лінгвістичної змінної $I_{У}^{BC}$, яка характеризує імідж університету в Україні. Для оцінки цієї лінгвістичної змінної доцільно використати рейтингові оцінки, які 200 кращих університетів України отримують щороку у рейтингу «Топ-200 Україна», який формується за всесвітньо визнаною Шанхайською методикою кафедрою ЮНЕСКО НТУУ «КПІ» і публікується у щотижневику «Дзеркало тижня». Тому поділивши на 199 число, яке отримуємо, віднімаючи від числа 200 номер університету у рейтинговій таблиці, тобто, переходячи до відносних одиниць, ми для жодного із університетів із рейтингової таблиці «Топ-200 Україна» не отримуємо числа, більшого одиниці. Тож в якості універсальної множини для лінгвістичної змінної $I_{У}^{BC}$, вираженої у відносних одиницях, ми маємо право взяти відрізок $[0, 1]$. Слід наголосити на тому, що усі ті університети, які не увійшли до рейтингової таблиці «Топ-200 Україна», аби для них вищевказана різниця не перейшла через нуль в область від'ємних чисел, ми вважатимемо такими, що посіли останнє, 200-те місце у цій рейтинговій таблиці.

Що ж до універсальної множини для вхідної лінгвістичної змінної $I_{С}^{BC}$, яка характеризує імідж спеціальності в Україні, то її є сенс визначати лише в разі, якби кожен абітурієнт подавав документи лише на одну спеціальність у кожному із 5-ти вибраних ним ВНЗ, а оскільки правилами прийому дозволяється у кожному із вибраних ВНЗ подавати документи одночасно на три спеціальності, то враховувати цю лінгвістичну змінну в структурі узагальненої моделі (2) немає сенсу. Тобто, слід структуру моделі для ланки з 2-го рівня ієрархії системи синтезувати, виходячи не з узагальненої моделі у вигляді (2), а синтезувати її, виходячи з уза-

гальненої моделі у вигляді

$$K^{BC} = f_7^*(\Gamma_Y^{BC}, V_{KH}^{BC}, \Upsilon_{\Pi}^{BC}). \quad (12)$$

Зіставляючи узагальнену модель (12) з узагальненою моделлю (7) та враховуючи те, що для усіх лінгвістичних змінних у моделі (12), як і у моделі (7), в якості універсальної множини теж визначено відрізок $[0, 1]$, дійдемо висновку, що і для узагальненої моделі (12) можна використати ту саму структуру математичної моделі у вигляді рівнянь нечіткої логіки (9)–(11), яка нами була побудована для узагальненої моделі (7), – необхідно лише у цих рівняннях замість Γ_{BC}^* підставити K^{BC} , замість $K^{BC} - \Gamma_Y^{BC}$, а замість $\Upsilon_{\Pi}^{BC} - \Upsilon_{\Pi}^{BC}$.

Продовжимо розв'язувати поставлену задачу і перейдемо до визначення структур математичних моделей ланок, що розмістились на 1-му рівні ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, які навчаються за контрактом, узагальнені моделі яких визначені виразами (3)–(6).

Почнемо з ланки, узагальнена модель якої має вигляд (3). Цей вираз зв'язує між собою 5 лінгвістичних змінних: V_{KH}^{BC} , V_{KP}^{BC} , $V_{Z\Pi}^{BC}$, V_{PC}^{BC} , V_{HM}^{BC} , універсальна множина для однієї із яких – вихідної V_{KH}^{BC} – нами уже визначена вище у вигляді відрізка $[0, 1]$.

Оскільки в державних університетах окремих навчальних матеріалів для студентів контрактного навчання не створюється, а студенти-контрактники використовують ті ж самі навчальні матеріали, що й студенти бюджетної форми навчання, то лінгвістичну змінну V_{HM}^{BC} , яка характеризує вартість навчальних матеріалів для вітчизняних студентів контрактної форми навчання, в узагальненій моделі (3) можна не враховувати, а будувати структуру цієї моделі, розглядаючи її у дещо іншому вигляді, а саме:

$$V_{KH}^{BC} = f_8^*(V_{Z\Pi}^{BC}, V_{KP}^{BC}, V_{PC}^{BC}), \quad (13)$$

для якої універсальні множини потрібно визначити лише для вхідних лінгвістичних змінних V_{KP}^{BC} , $V_{Z\Pi}^{BC}$, V_{PC}^{BC} . Такий підхід є правомочним ще й тому, що в разі необхідності підготовки нових навчальних матеріалів для врахування їх вартості цю вартість можна включити до лінгвістичної змінної V_{PC}^{BC} , яка характеризує вартість розвитку спеціальностей для вітчизняних студентів.

Почнемо з розгляду перших двох лінгвістичних змінних: V_{KP}^{BC} , яка характеризує вартість комунальних послуг для вітчизняних студентів контрактної форми навчання, та $V_{Z\Pi}^{BC}$, яка характеризує вартість заробітної плати викладачів і співробітників, що обслуговують процес навчання цієї ж категорії вітчизняних студентів.

Згідно з відповідною постановою Кабінету Міністрів України, прийнятою ще десять років тому, як загальна вартість комунальних послуг, так і фонд заробітної плати викладачів та навчально-допоміжного складу університету, в якому навчаються поряд студенти як за державною формою навчання так і за контрактною формою, поділяються на дві частини: одна сплачується за рахунок державного бюджету, а друга – за рахунок коштів, отриманих від студентів-контрактників в якості оплати за навчання. І ці частини визначаються у тій самій пропорції, яка має місце між студентами, що навчаються в університеті за державним замовленням, та тими студентами, що навчаються за контрактом. Тож ділячи відповідну частину коштів, які надходять від студентів-контрактників в якості оплати за навчання поточно, на відповідну частину цих коштів, отриманих станом на кінець періоду, моделювання на якому здійснюється, ми для обох вищевказаних вхідних лінгвістичних змінних V_{KP}^{BC} та $V_{Z\Pi}^{BC}$, отримуємо в якості універсальних множин для кожної відрізок $[0, 1]$.

Що ж до третьої вхідної лінгвістичної змінної V_{PC}^{BC} , то для неї універсальну множину у вигляді відрізка $[0, 1]$ ми отримуємо, якщо різницю між поточною загальною кількістю коштів, що надходить від студентів-контрактників в якості оплати за навчання, та тими їх поточними

частинами, що використовуються для покриття вартості відповідної частини комунальних послуг та на покриття відповідної частини фонду заробітної плати викладачів та навчально-допоміжного складу університету, поділимо на цю ж різницю, визначену на кінець періоду, моделювання на якому здійснюється.

Зіставляючи узагальнену модель (13) з узагальненою моделлю (7) та враховуючи те, що для усіх лінгвістичних змінних у моделі (13), як і у моделі (7), в якості універсальної множини теж визначено відрізок $[0, 1]$, приходимо до висновку, що і для узагальненої моделі (13) можна використати ту саму структуру математичної моделі у вигляді рівнянь нечіткої логіки (9)–(11), яка нами була побудована для узагальненої моделі (7), – необхідно лише у цих рівняннях замість Γ_{BC}^* підставити V_{KH}^{BC} , замість $K^{BC} - V_{ZP}^{BC}$, замість $V_{KH}^{BC} - V_{KP}^{BC}$, а замість $Y_{OP}^{BC} - V_{PC}^{BC}$.

Тепер перейдемо до ланки, узагальнена модель якої має вигляд (4). Цей вираз зв'язує 5 лінгвістичних змінних: Y_{II}^{BC} , $Y_{PAШ}^{BC}$, $Y_{PMШ}^{BC}$, $Y_{ЗМІ}^{BC}$, $Y_{ДВД}^{BC}$, універсальна множина для однієї із яких – вихідної Y_{II}^{BC} – нами уже визначена вище у вигляді відрізка $[0, 1]$. Що ж до лінгвістичної змінної $Y_{PMШ}^{BC}$, яка характеризує якість профорієнтаційних матеріалів, розісланих в школи України, то вона частково розчиняється в лінгвістичній змінній $Y_{PAШ}^{BC}$, яка характеризує якість профорієнтаційних акцій в школах України, та частково – в лінгвістичній змінній $Y_{ЗМІ}^{BC}$, яка характеризує якість матеріалів про університет в ЗМІ України, а тому її можна не враховувати в узагальненій моделі (4), що дозволяє структуру математичної моделі ланки, що розглядається, синтезувати, виходячи не з узагальненої моделі (4), а з адекватної їй, але меншої розмірності, моделі

$$Y_{II}^{BC} = f_9^*(Y_{PAШ}^{BC}, Y_{ЗМІ}^{BC}, Y_{ДВД}^{BC}), \quad (14)$$

що має лише три вхідні лінгвістичні змінні $Y_{PAШ}^{BC}$, $Y_{ЗМІ}^{BC}$, $Y_{ДВД}^{BC}$, до визначення універсальних множин для яких ми і перейдемо.

Почнемо з визначення універсальної множини для першої вхідної лінгвістичної змінної $Y_{PAШ}^{BC}$.

Як правило, до ВНЗ, розташованого у певному місті, поступають абітурієнти, які проживають у цьому місті, в області, на території якої лежить це місто, та в районах інших областей, прилеглих до цієї області, які сполучені з містом розташування ВНЗ гарними автомобільними чи залізничними дорогами. Тож, якщо ми поділимо кількість шкіл у вищевказаному ареалі, з яких до даного ВНЗ подали заяви на вступ абітурієнти, на загальну кількість шкіл, які розташовані в цьому ареалі, то отримаємо число з відрізка $[0, 1]$, а тому цей відрізок ми і приймемо за універсальну множину для лінгвістичної змінної $Y_{PAШ}^{BC}$.

Тепер перейдемо до визначення універсальної множини для другої вхідної лінгвістичної змінної $Y_{ЗМІ}^{BC}$.

В наш час основними засобами масової інформації для майбутніх абітурієнтів є сайти університетів. Очевидно, що чим більше корисної інформації про університет, поданої в привабливій «упаковці», є на його сайті, тим більшою є імовірність, що той учень випускного класу, який «прогулявся» по цьому сайту, подасть заяву про вступ хоча б на одну спеціальність у цей університет. Тож, якщо розділити число абітурієнтів, які подали документи на вступ до даного університету, на число відвідувачів сайту цього ж університету, які заходили у розділ «Приймальна комісія», то отримаємо число з відрізка $[0, 1]$, який і буде визначати універсальну множину для лінгвістичної змінної $Y_{ЗМІ}^{BC}$.

Тепер перейдемо до визначення універсальної множини для третьої вхідної лінгвістичної змінної $Y_{ДВД}^{BC}$, яка характеризує якість днів відкритих дверей в університеті для вітчизняних абітурієнтів. Цілком очевидно, що і для неї легко побудувати універсальну множину у вигляді

ді відрізка $[0, 1]$. Для цього для оцінки цієї лінгвістичної змінної треба теж перейти до відносних одиниць шляхом формування дробу, в знаменнику якого буде число екскурсантів, зареєстрованих в університеті під час акції відкритих дверей, а в чисельнику — число тих із них, хто влітку цього ж річного відрізка подається в абітурієнти до цього ж університету.

Зіставляючи узагальнену модель (14) з узагальненою моделлю (7) та враховуючи те, що для усіх лінгвістичних змінних у моделі (14), як і у моделі (7), в якості універсальної множини теж визначено відрізок $[0, 1]$, дійдемо висновку, що і для узагальненої моделі (14) можна використати ту ж структуру математичної моделі у вигляді рівнянь нечіткої логіки (9)–(11), яка нами була побудована для узагальненої моделі (7), — необхідно лише у цих рівняннях замість Γ_{BC}^* підставити Y_{II}^{BC} , замість K^{BC} — Y_{PAII}^{BC} , замість V_{KH}^{BC} — Y_{ZMI}^{BC} , а замість Y_{OP}^{BC} — Y_{DVD}^{BC} .

Тепер перейдемо до ланки, узагальнена модель якої має вигляд (5). Цей вираз зв'яже 5 лінгвістичних змінних: I_Y^{BC} , P_{HM}^{BC} , P_{PY}^{BC} , P_{GY}^{BC} , Y_{CK}^{BC} , універсальна множина для однієї із яких — вихідної I_Y^{BC} — нами уже визначена вище у вигляді відрізка $[0, 1]$. Що ж до лінгвістичної змінної P_{III}^{BC} , яка характеризує привабливість навчальних приміщень і лабораторного обладнання за станом і дизайном для вітчизняних абітурієнтів, то вона є складовою уже розглянутої вище лінгвістичної змінної Y_{DVD}^{BC} , яка характеризує якість днів відкритих дверей в університеті, а тому її можна не враховувати в узагальненій моделі (5), що дозволяє структуру математичної моделі ланки, що розглядається, синтезувати, виходячи не з узагальненої моделі (5), а з адекватної їй, але меншої розмірності, моделі

$$I_Y^{BC} = f_{10}^*(P_{PY}^{BC}, P_{GY}^{BC}, Y_{CK}^{BC}), \quad (15)$$

що має лише три вхідні лінгвістичні змінні: P_{PY}^{BC} , P_{GY}^{BC} , Y_{CK}^{BC} , до визначення універсальних множин для яких ми і перейдемо.

Почнемо з визначення універсальної множини для першої вхідної лінгвістичної змінної P_{PY}^{BC} , яка характеризує рейтингову популярність університету в Україні на ринку праці. Для оцінки цієї лінгвістичної змінної доцільно використати рейтингові оцінки, які 150 кращих на ринку праці університетів України отримують щороку у рейтингу, що формується за оцінками роботодавців Київським міжнародним інститутом соціології (КМІС), публікується на його сайті та передруковується багатьма періодичними ЗМІ. Тому поділивши на 149 число, яке отримаємо, віднімаючи від 150 номер університету у рейтинговій таблиці, тобто, переходячи до відносних одиниць, ми для жодного із університетів із рейтингової таблиці КМІС не отримаємо числа, більшого одиниці. Тож в якості універсальної множини для лінгвістичної змінної P_{PY}^{BC} , вираженої у відносних одиницях, ми маємо право взяти відрізок $[0, 1]$. Слід наголосити на тому, що усі ті університети, які не увійшли до рейтингової таблиці КМІС, аби для них вищевказана різниця не перейшла через нуль в область від'ємних чисел, ми вважатимемо такими, що посіли останнє, 150-те місце у цій рейтинговій таблиці.

Тепер перейдемо до визначення універсальної множини для другої вхідної лінгвістичної змінної P_{GY}^{BC} , яка характеризує привабливість гуртожитків університету для вітчизняних абітурієнтів. Універсальну множину для цієї лінгвістичної змінної можна привести до відрізка $[0, 1]$ шляхом ділення кількості заселених місць в студентських гуртожитках університету на загальну кількість місць у цих гуртожитках. Очевидно, що в разі, якщо усі місця в гуртожитках станом на вересень поточного року заселені студентами, то гуртожитки є привабливими для іногородніх студентів, а якщо частина місць в гуртожитках залишається незаселеною, а серед іногородніх студентів є такі, що йдуть жити на приватні квартири, то характеристика привабливості гуртожитків зменшується від одиниці і аж до нуля. А у тих випадках, коли результат вищевказаного ділення перевищує одиницю, ми його на рівні одиниці обрізаємо.

Тепер перейдемо до визначення універсальної множини для третьої вхідної лінгвістичної

змінної $Я_{СК}^{BC}$, яка характеризує якість спортивного і культурного життя в університеті. Цілком очевидно, що і для неї легко побудувати універсальну множину у вигляді відрізка $[0, 1]$. Для цього в якості оцінки цієї лінгвістичної змінної треба теж використати відносні одиниці шляхом формування дробу, в знаменнику якого стоятиме число студентів університету, які навчаються за денною формою навчання, а в чисельнику — число тих із них, хто бере участь в роботі спортивних секцій чи гуртків художньої самодіяльності або клубів за інтересами при університеті. Очевидно, що цей дріб буде наближатись до одиниці лише у разі дуже високої якості спортивного і культурного життя в університеті, обумовленої наявністю стадіону, значної кількості спеціалізованих спортивних площадок і спортивних залів, критого льодового катка, клубу, обладнаного повномасштабною сценою та великим залом для глядачів і спеціалізованими приміщеннями для заняття вокалом і танцями, приміщень, придатних для роботи клубів за інтересами, а також значної кількості тренерів-ентузіастів та наставників з активною життєвою позицією і бажанням віддавати свій час у другу половину дня та вечорами для спілкування зі студентами поза межами основного навчального процесу.

Зіставляючи узагальнену модель (15) з узагальненою моделлю (7) та враховуючи те, що для усіх лінгвістичних змінних у моделі (15), як і у моделі (7), в якості універсальної множини теж визначено відрізок $[0, 1]$, приходимо до висновку, що і для узагальненої моделі (15) можна використати ту саму структуру математичної моделі у вигляді рівнянь нечіткої логіки (9)–(11), яка нами була побудована для узагальненої моделі (7), — необхідно лише у цих рівняннях замість Γ_{BC}^* підставити $\Gamma_{У}^{BC}$, замість K^{BC} — $P_{ПУ}^{BC}$, замість $B_{КН}^{BC}$ — $П_{ГУ}^{BC}$, а замість $Я_{ОП}^{BC}$ — $Я_{СК}^{BC}$.

Завершити формування структур математичних моделей системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, необхідно було б з формальних позицій розглядом ланки, узагальнена модель якої має вигляд (6). Але, як було показано вище, ми виключили вихідну лінгвістичну змінну I_C^{BC} цієї ланки першого рівня ієрархії із числа вхідних лінгвістичних змінних ланки другого рівня ієрархії, тож і немає сенсу синтезувати структуру для математичної моделі цієї ланки 1-го рівня ієрархії, адекватної узагальненій моделі (6).

Узагальнюючи вищесказане, можна констатувати, що в процесі розв'язання поставленої задачі ми переконались у тому, що без внесення помітних похибок у результат можна структуру трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам за контрактом розглядати не у вигляді, наведеному на рис. 1, а у вигляді, показаному на рис. 2.

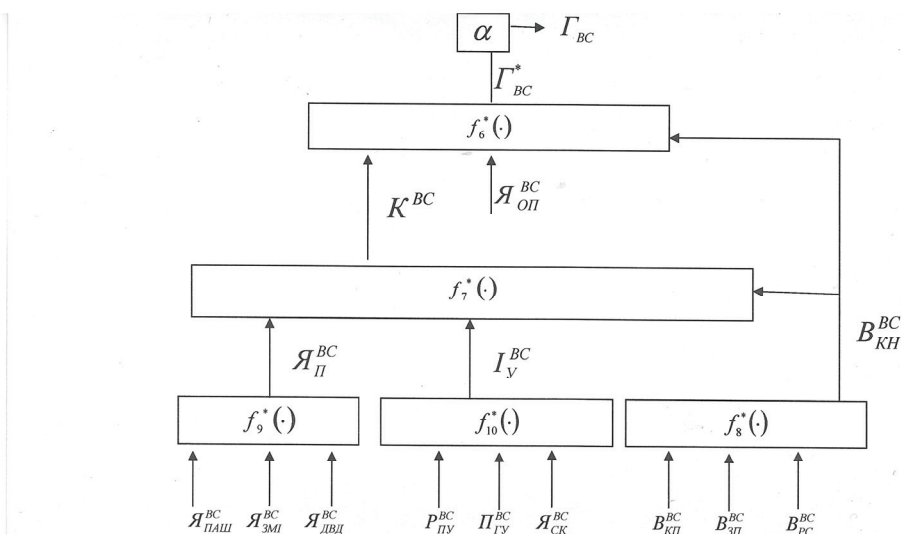


Рис. 2. Структурна схема трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, після корекції

А синтезу математичних моделей, адекватних розробленим структурам узагальнених моделей для усіх ланок 1-го, 2-го та 3-го рівнів ієрархії системи, зображеної на рис. 2, буде присвячена наша наступна стаття.

Висновки

1. Показано, що структурну схему трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом, можна перетворити з чотиривходової по кожній структурній ланці на тривходову.

2. Визначено ті вхідні лінгвістичні змінні, які можна використовувати для управління процесом надходження до університету коштів від надання платних освітніх коштів вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом.

3. Синтезовано структури узагальнених моделей для усіх ланок трьох нижніх рівнів ієрархії системи формування коштів університету від надання платних послуг вітчизняним студентам, що навчаються за контрактом.

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. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс. — М. : Мир, 1974. — 408 с.
4. Мокін Б. І. Математичні методи ідентифікації динамічних систем : навч. посіб. / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін, О. Б. Мокін. — Вінниця : ВНТУ. — 2010. — 260 с.
5. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде ; пер. с англ. — М. : Мир, 1976. — 167 с.
6. 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.
- 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 20.12.12
Рекомендована до друку 27.12.12

Мокіна Юлія Вікторівна — доцент кафедри менеджменту та моделювання в економіці;

Гончарук Наталія Сергіївна — аспірант, **Мокін Борис Іванович** — професор.

Кафедра відновлюваної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця