УДК 681.004

І.О. Романенко[1], Т.О. Івахненко[2]

[1]*Центральний науково-дослідний інститут ОВТ, Київ*
[2]*Військовий інститут телекомунікації та інформатизації ДУТ, Київ*

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЛАНУВАННЯ БОЙОВОЇ ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

В статті запропонована нечітка модель оцінки ефективності планування підготовки військовослужбовців. Наведена модель дозволить обрати оптимальний варіант між рівнем приросту навичка та витраченим ресурсом на його придбання. Обчислити ефективність системи планування підготовки військовослужбовців Збройних Сил (ЗС) України до виконання завдань за призначенням з врахуванням виділених ресурсів.

Ключові слова: *нечітка модель, функція належності, лінгвістична змінна, експертна оцінка.*

Вступ

Процес планування підготовки військовослужбовців в Збройних силах (ЗС) України надзвичайно трудоємкий по затратам часу та формальному відпрацюванню великої кількості документів на всіх рівнях командування. При цьому завчасно не відомо, як проведено планування. Чи доцільно слідкувати визначеній послідовності подій. Питання фінансування підготовки під час планування не розглядаються, як паралельні процеси. Тому і визначити завчасно якого рівня навичка досягне військовослужбовець в процесі планування його підготовки не представляється можливим. Таким чином втрачається можливість прорахування ефективності процесу планування під час складання плану. Нечіткість в цьому питанні не дозволяє загальновідомим методам математичного моделювання отримувати адекватні кількісні описи процесів, що досліджуються. Це примушує нас шукати не класичні методи рішення задач планування.

Аналіз літератури. Вдосконалення підготовки ЗС є одним з пріоритетних напрямків реформування ЗС України [1, 2]. Принципи побудови нечітких моделей[3, 4]. Властивості функції належності. Методи побудови функції належності нечітких множин, механізми нечітких виводів розглядаються в джерелах [5, 6].

Мета статті. Гнучкість процесу планування, що досягається під час застосування нечіткої моделі дозволяє обрати оптимальний план підготовки. При якій ефективність системи планування підготовки буде найвищою, або тією, що нас задовольнить, зважаючи на ресурс.

Виклад основних положень

При побудові моделі оцінки ефективності планування підготовки військовослужбовців (*ОЕ*) в якості вхідних змінних будуть використовуватися значення рівня навичка, його область визначення буде визначатися експертами в балах шляхом співставлення номінальних значень навичка P_n, $P_н^c$, $P_{н\,m}$ з логарифмічною залежністю приросту навичка за проміжок часу, що дорівнює дванадцяти місяцям. Крім того експерти визначатимуть градацію шкалювання відносно основних дисциплін навчання. Для означення вхідних змінних позначимо лінгвістичні змінні. Змінна рівень навичка $x_i^{i=1,4}$ («рівень на 2» (x1), «рівень на 5» (x2), «рівень на 10» (x3), «рівень на 100» (x4)). Нормування визначених величин рівня навичка, як вище було зазначено покладається на експертів. Тобто при обранні експертами шкали вимірювання рівня навичка однієї з основних дисциплін в сто балів мінімальний рівень буде складати 0 балів максимальний 100 балів. Приріст навичка виступає в ролі п'ятої вхідної змінної. Значення даної змінної обране, як осереднене значення групи військовослужбовців в ідеалі. Завдамо класифікаційну шкалу лінгвістичній змінній $x_i^{i=1,4}$. Наприклад, лінгвістична змінна «рівень на 2» (x1), «рівень на 5» (x2), «рівень на 10» (x3), «рівень на 100» (x4), інтерпретуємо у вигляді терм-множини з тріарною шкалою T={НР, СР, ВР}, де значення НР – низький рівень (на 2, 5, 10, або 100), СР – середній рівень і ВР – високий рівень. Формалізуємо п'яту вхідну змінну нашої моделі. Для цього скористаємось відомою шкалою Харрингтона. Приріст рівня навичка позначимо змінною β. ‹β,T,X,M›; завдамо терми T – {«дуже низький приріст», «низький приріст», «середній приріст», «високий приріст», «дуже високий приріст»}; X – [0, 12]; M – процедура завдання на X = [0, 12] нечітких підмножин A_j , де j=1,5 A_1 = = «дуже низький приріст», A_2= «низький приріст», A_3 = «середній приріст», A_4 = «високий приріст», A_5= = «дуже

високий приріст». Зробимо це в табличному вигляді (табл. 1).

Завдамо функції належності якості змінних $x_i^{i=1,4}$ та β. Кожна з лінгвістичних змінних «рівень на 2, 5, 10, 100» має три Гаусових кривих (1) ($\mu_{xi}^{НР}$, $\mu_{xi}^{СР}$, $\mu_{xi}^{ВР}$, $^{i=1,4}$), в загальному вигляді можуть бути завдані виразом [6, 7]:

Таблиця 1

μ_β	X_{Aj}	T
[0;0.2]	[0,1.8]	дуже низький приріст (ДНП)
[0.2;0.37]	[1.8;2.5]	низький приріст (НП)
[0.37;0.64]	[2.5;4.8]	середній приріст (СП)
[0.64;0.8]	[4.8;7.2]	високий приріст (ВП)
[0.8;1.0]	[7.2;12]	дуже високий приріст (ДВП)

$$\mu_{\kappa}^{\kappa}(x) = e^{\left[-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2\right]} \quad \kappa = \{T\}, i = \overline{1,4} \qquad (1)$$

де c, σ – деякі числові параметри, що характеризують центр нечіткої множини та крутизну функції.

$$\mu_{\beta}^{Aj}(X_{Aj}) = \begin{cases} 0, & X \le 1 \\ \frac{X-a_j}{b_j-a_j} & a_j \le X \le b_j \\ \infty, & X \ge 12 \end{cases} \qquad (2)$$

$$A_{j\in[a_j,b_j]}, \qquad j = \overline{1,5}$$

де a, b – числові параметри множини A_j, що характеризують початок та кінець по осі *x*.

З врахуванням (1 і 2) функції належності нечітких терм-множин лінгвістичних змінних «рівень на 2 (5, 10, 100)» (x1, x2, x3, x4) та приріст рівня навичка (табл. 1) будуть мати наступний вигляд:

1) $\mu_{T\,x1}^{НР}$ (x1, 0, 0.34); $\mu_{T\,x1}^{СР}$ (x1, 1, 0.34); $\mu_{T\,x1}^{ВР}$ (x1, 2, 0.34);
2) $\mu_{T\,x2}^{НР}$ (x2, 0, 0.84); $\mu_{T\,x2}^{СР}$ (x2, 2.5, 0.84); $\mu_{T\,x2}^{ВР}$ (x2, 5, 0.84);
3) $\mu_{T\,x3}^{НР}$ (x3, 0, 1.69); $\mu_{T\,x3}^{СР}$ (x3, 5, 1.69); $\mu_{T\,x3}^{ВР}$ (x3, 10, 1.69);
4) $\mu_{T\,x4}^{НР}$ (x4, 0, 16.99); $\mu_{T\,x4}^{СР}$ (x4, 50, 16.99); $\mu_{T\,x4}^{ВР}$ (x4, 100, 16.99).

Зазначимо, що ці данні наведені, як приклад однієї з експертних оцінок значень функції належності.

На рис. 1 – 5 наведені графіки функції належності нечітких терм-множин функції належності лінгвістичної змінної «рівень на 2 (5, 10, 100)» (x1, x2, x3, x4): input 1 в моделі відповідає лінгвістичній змінній «рівень на 2» (x1); input 2 в моделі відповідає лінгвістичній змінній «рівень на 5» (x2); input 3 в моделі відповідає лінгвістичній змінній «рівень на 10» (x3); input 4 в моделі відповідає лінгвістичній змінній «рівень на 100» (x4) та рівень приросту навичка з градацією відповідно до (Таблиця 1): input 5 в моделі відповідає лінгвістичній змінній «приріст рівня навичка».

Моделювання проводиться з використанням спеціалізованого пакету Fuzzy logic Toolbox середи MATLAB [4, 7]. Нечіткий вивід реалізовано на основі алгоритму Мамдані [6]. Значення параметрів c, σ можуть корегуватися згідно опитувань експертів.

Логарифмічну залежність приросту рівня навичка подано як M-файл зі значеннями від 0 до 1 з дванадцятьма значеннями аргументу.

Завдамо класифікаційну шкалу досліджуваного параметру (вихідну змінну). В якості нечіткої вихідної змінної будемо рахувати параметр ресурсного забезпечення у відсотках. Введемо лінгвістичну змінну ‹p,T,X,M›, где p – ресурс; T – {«низький», «недостатній ресурс», «достатній ресурс», «високий ресурс»}; X – $[0, 100\,]$; M – процедура завдання на X = $[0, 100\,]$нечітких множин R_1 = «низький ресурс», R_2= «недостатній ресурс», R_3= «достатній ресурс», R_4 = «високий ресурс». Завдамо функції належності якості досліджуваного параметру. Лінгвістична змінна «Ресурс» має дві трикутні криві належності (3) і дві T-образних кривих приналежності (4) $\left(\mu_p^H, \mu_p^{НД}, \mu_p^Д, \mu_p^В\right)$:

$$\mu_p^R\ (Y_{\kappa\kappa}, a, b, c) = \begin{cases} 0, & Y \le a, \\ \frac{Y-a}{b-a}, & a \le Y \le b, \\ \frac{c-Y}{c-b}, & b \le Y \le c, \\ 0, & c \le Y \end{cases} \qquad (3)$$

$\kappa = \{T\}, R_{\kappa} = \overline{1,4}$ де a, b, c – деякі числові параметри, що характеризують основу трикутника (a, c) та його вершину (b), доречи повинна виконуватися умова $a \le b \le c$.:

$$\mu_p^R\ (Y_{\kappa\kappa}, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & Y \le a, \\ \frac{Y-a}{b-a}, & a \le Y \le b, \\ 1, & b \le Y \le c, \\ \frac{d-Y}{d-c}, & c \le Y \le d, \\ 0, & d \le Y \end{cases} \qquad (4)$$

$\kappa = \{T\}, R_{\kappa} = \overline{1,4}$

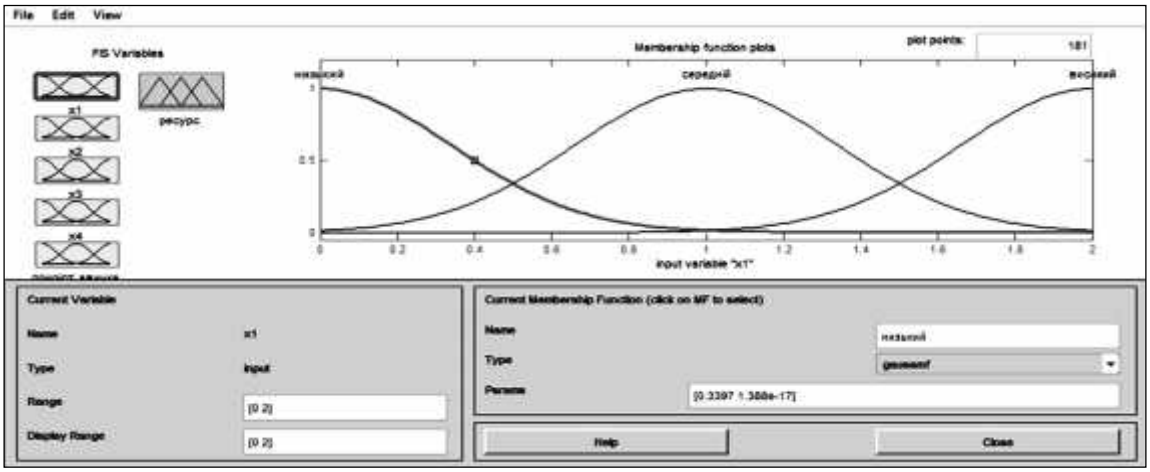

Рис. 1. Формування input1 «рівень на 2» (x1)

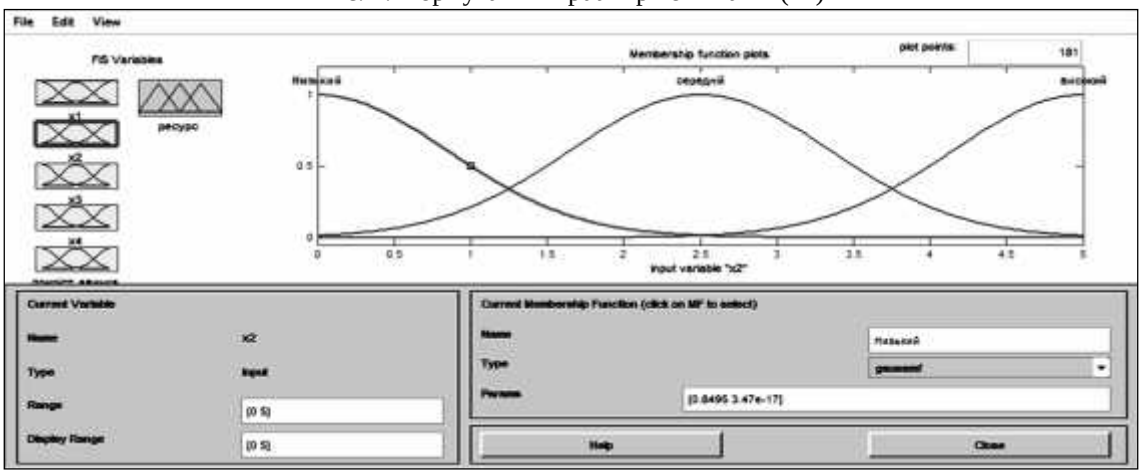

Рис. 2. Формування input2 «рівень на 5» (x2)

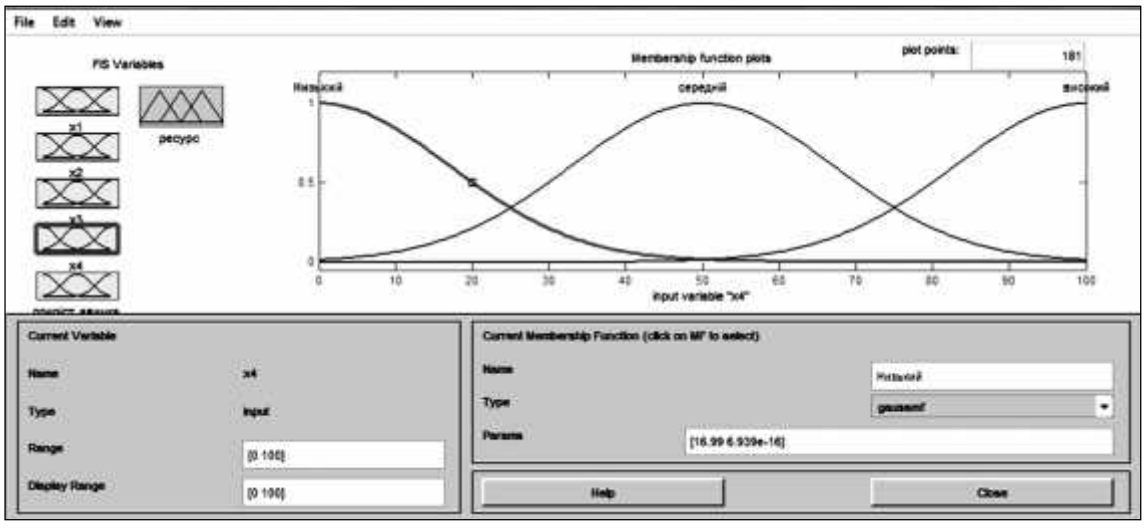

Рис. 3. Формування input3 «рівень на 10» (x3)

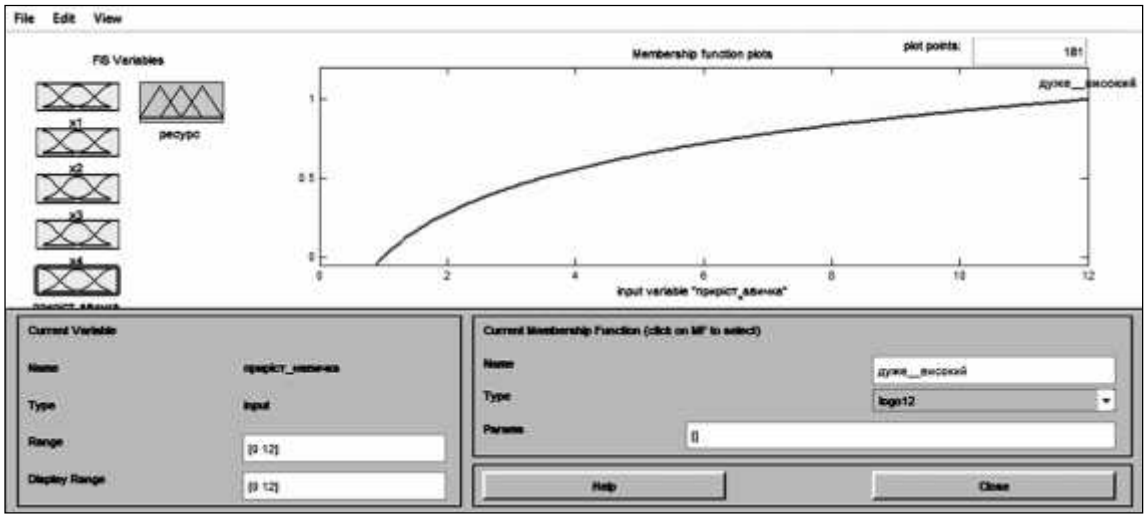

Рис. 4. Формування input4 «рівень на 100» (x4)

де a, b, c, d – деякі числові параметри, що характеризують нижню основу трапеції (a, d) та верхню (b, c), які впорядковані відношенням $a \leq b \leq c \leq d$.

З врахуванням (3, 4) функції належності нечітких терм-множин лінгвістичної змінної «Ресурс» буде мати такий вигляд:

$$\mu_p^H(Y, 0, 0, 40, 55);\ \mu_p^{НД}(Y, 40, 55, 80);$$
$$\mu_p^Д(Y, 55, 75, 85);\ \mu_p^B(Y, 70, 90, 100, 100).$$

На рис. 5 наведена залежність функції належності нечітких терм-множин лінгвістичної змінної «Ресурс», завданої в MATLAB: output1. В результаті аналізу експертами предметної області забезпечення

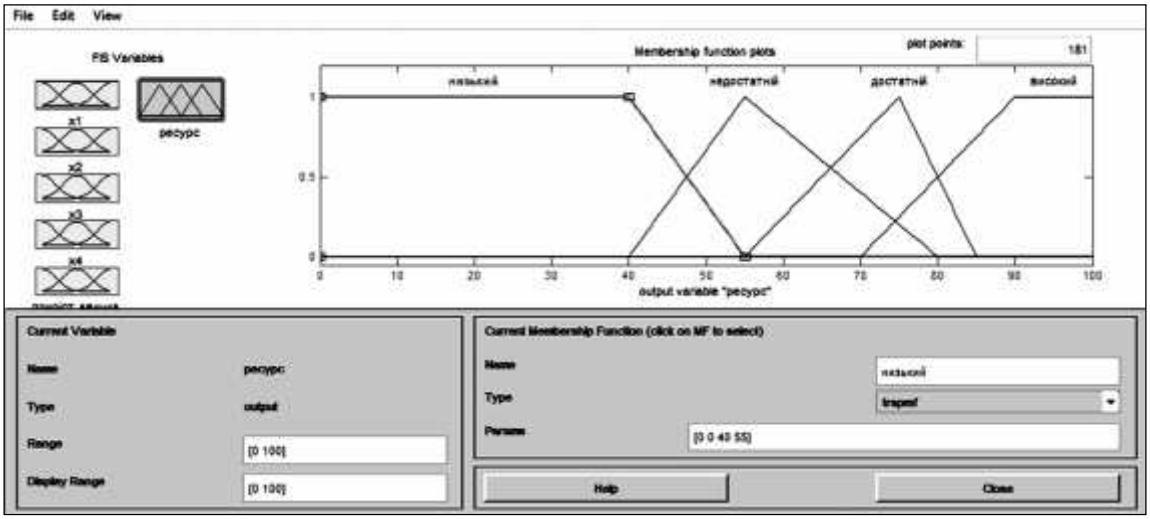

Рис. 5. Формування output1 «Ресурс» (Y1)

ресурсами, сформована база правил визначення необхідного ресурсу з врахуванням потрібного рівня навичка (табл. 2). З врахуванням обмежень алгоритму Мамдані [5, 6] модифікуємо правила бази правил з табл. 2 у вигляд, приведений на рис. 6. Акумулювання композиції по всім правилам наведено з застосуванням операції max-диз'юнкції. Під час дефазифікації використовувався метод центру тяжіння для дискретної множини значень функції належності.

Реалізація алгоритму оцінки ефективності планування бойової підготовки військовослужбовців. Дослідження можливостей використання нечіткої моделі для оцінки ефективності планування бойової підготовки військовослужбовців проводились шля-

хом знаходження оптимального співвідношення коефіцієнтів ефективності та вартості, враховуючи експертну оцінку з вибору шкали оцінювання основних предметів навчання бойової підготовки. В якості оцінки ефективності планування підготовки обрано критерій відношення реального приросту у рівні навичка $P_н^{\wedge ф}$ до максимально можливого $P_{н\,max}$ при тому ж ресурсному забезпеченні згідно виразу (5).

$$Кеф = \frac{P_н^{\wedge ф}}{P_{н\,max}}. \quad (5)$$

В якості критерію оцінки можливих рішень обрано критерій оптимізації «ефективність – вартість» згідно виразу (6):

$$K = \mathcal{O} \quad (Э, С) \quad (6)$$

Таблиця 2

Продукційні правила нечіткої моделі

Правило	Змінна	X1	X2	X3	X4	X5					Y1
						ДНП	НП	СП	ВП	ДВП	
БП1	НР	+	+			+					Н
	СР			+	+						
	ВР										
БП2	НР	+	+				+				Н
	СР			+	+						
	ВР										
БП3	НР	+	+					+			НД
	СР			+	+						
	ВР										
БП4	НР				+			+			НД
	СР	+	+	+							
	ВР										
БП5	НР										Д
	СР	+	+	+	+			+			
	ВР										
БП6	НР										Д
	СР	+	+	+	+				+		
	ВР										
БП7	НР										В
	СР	+	+						+		
	ВР			+	+						
БП8	НР										В
	СР										
	ВР	+	+	+	+				+		
БП9	НР	+									В
	СР		+								
	ВР			+	+					+	

Рис. 6. Правила системи нечіткого виводу

В якості оператору оптимізації $\mathcal{O}$, що визначає принцип оптимальності, обираємо максимум. В якості оператору , що визначає конкретний вид критерію відношення $\frac{Кеф}{Кв}$ запишемо коефіцієнт оптимальності нечіткої моделі оцінки ефективності планування підготовки

військовослужбовця до виконання завдань за призначенням, вираз (7).

$$Ko = m \left[\frac{\text{Кеф}}{\text{Кв}}\right]. \quad (7)$$

Коефіцієнт вартості (8) визначаємо як відношення мінімального забезпечення до максимального виходячи із значень ресурсу лінгвістичної моделі при фіксованому рівні приросту навичка.

$$Кв = \frac{m \quad R}{m \quad R}. \quad (8)$$

Задача вибору єдиного варіанту рішення пов'язана с задачею ранжування можливих на припустимій області рішень. Тому в якості обмежень обираємо верхню границю можливого ресурсного забезпечення з реалізацією максимально ефективної підготовки при впроваджені нечіткої моделі не дорожче завданої. Отже встановлюючи завчасно, в ході планування, необхідний рівень приросту навичка маючи максимальну фіксовану величину ресурсу можна адаптувати процес підготовки в умови при яких можна обчислити мінімальну границю ресурсу при якій можливий максимальний приріст навичка, вищій за припустимий стандарт.

Моделювання нечіткої моделі проводилося з використанням спеціалізованого пакету Fuzzy Logic Toolbox середи MATLAB. Розглянемо декілька варіантів обчислення коефіцієнту вартості при фіксованій величині ефективності планування, результати якого наведені в табл. 3.

В якості значень низького, середнього та високого рівня навичок візьмемо їх найбільші значення згідно шкали вимірювань. В якості значень приросту навичка оберемо такі числа відповідно до градації шкали Харрингтона (табл.1). ДНП-1.5; НП-2; СП-4; ВП-6; ДВП-9. За максимальний ресурс маємо 100 відсотків. Коефіцієнт вартості обчислимо за максимальними значеннями показників. Отже з табл.3 видно, що чим більший приріст навичка, тим більший витрачений ресурс. Але зважаючи на величину ступеня належності одного з термів вхідної змінної, ми можемо обирати необхідний нам варіант планування. Тим самим корегувати витрачений ресурс за рахунок необхідного нам рівня приросту навичка. З наведених даних результатів моделювання (табл.3) бачимо, що час не впливає на рівень знань. Введемо обмеження, так як ми не враховуємо на скільки попереднє заняття впливало на теперішній рівень знань [8], тобто не враховуємо післядію, час відносимо в обмеження. Шкалювання рівня навичка в наведених інтерпретаціях (табл. 3) не дало очікуваного результату, всі отримані данні однакові. Тому для подальшого дослідження впливу важливості шкали оцінювання предметів навчання запропонуємо наступну модель оцінки ефективності планування підготовки з обчисленням коефіцієнту вартості планування підготовки. Для завдання вхідних змінних позначимо лінгвістичні змінні. Лінгвістична змінна ‹*x*,T,X,G,M›, де *x* – приріст навичка; T – {«низький приріст», «середній приріст», «високий приріст»}; X – $[0, 100]$; G – {«оптимальний приріст»} відповідає логічній операції «і» терму «середній приріст» і «високий приріст»; M – процедура завдання на X = $[0, 100]$ нечітких підмножин K_1 = «Низький приріст», K_2= «Середній приріст», K_3= «Високий приріст», K_4= «Оптимальний приріст». Такі данні будуть визначатися експертом. Приріст навичка будемо вимірювати в відсотках. Завдамо функції належності якості змінної x. Лінгвістична змінна «приріст навичка» має три Гаусових кривих (μ_x^{HP} , μ_x^{CP}, μ_x^{BP}), в загальному вигляді можуть бути завдані виразом:

Таблиця 3

Ресурс необхідний на підготовку в ході планування

Рівень навичка	Приріст навичка					$Кв = \frac{\min R}{\max R}$
	ДНП (1.5)	НП(2)	СП(4)	ВП(6)	ДВП(9)	
«рівень на 2 ,5, 10, 100»						
низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816
«рівень на 2 ,2, 5, 5»						
низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816
«рівень на 2 ,2, 10, 10»						
низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816
«рівень на 2 ,2, 10, 100»						
низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816
«рівень на 5 ,5, 5, 5»						

низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816
«рівень на 2 ,2, 100, 100»						
низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816
«рівень на 2 ,2, 2, 2»						
низький	28.9	27.6	26.2	25.3	24.6	0.246
середній	57.7	58.1	58.1	57.9	57.8	0.578
високий	77.7	78.6	80.1	80.9	81.6	0.816

$$\mu_{\text{ж}}^{\kappa}(x) = e^{\left[-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2\right]}, \kappa = \{T\} \quad (9)$$

де c, σ – деякі числові параметри, що характеризують центр нечіткої множини та крутизну функції.

Формалізуємо другу вхідну змінну. Введемо лінгвістичну змінну ‹β,T,X›, де β – рівень навичка в балах за рік; T – {«Недостатній рівень», «Середній рівень», «Високий рівень»}; $X \in [A_j], j = \overline{1,4}$; A_1 = «Рівень навичка на 2», A_2= «Рівень навичка на 5», A_3= «Рівень навичка на 10», A_4= «Рівень навичка на 100».

$$\mu_{\beta}^{A_j}(X_{A_j}) = \begin{cases} 0, & X \le 1 \\ \frac{X-a_j}{b_j-a_j}, & a_j \le X \le b_j \\ \infty, & X \ge b_j \end{cases} \quad (10)$$

$$A_j \in [a_j, b_j], j = \overline{1,4},$$

де a, b – числові параметри множини A_j, що характеризують початок та кінець по осі *x*.

На рис. 7, 8 наведені графіки функції належності лінгвістичної змінної «Приріст навичка» input 1; лінгвістичної змінної «Рівень навичка на 2» input2.

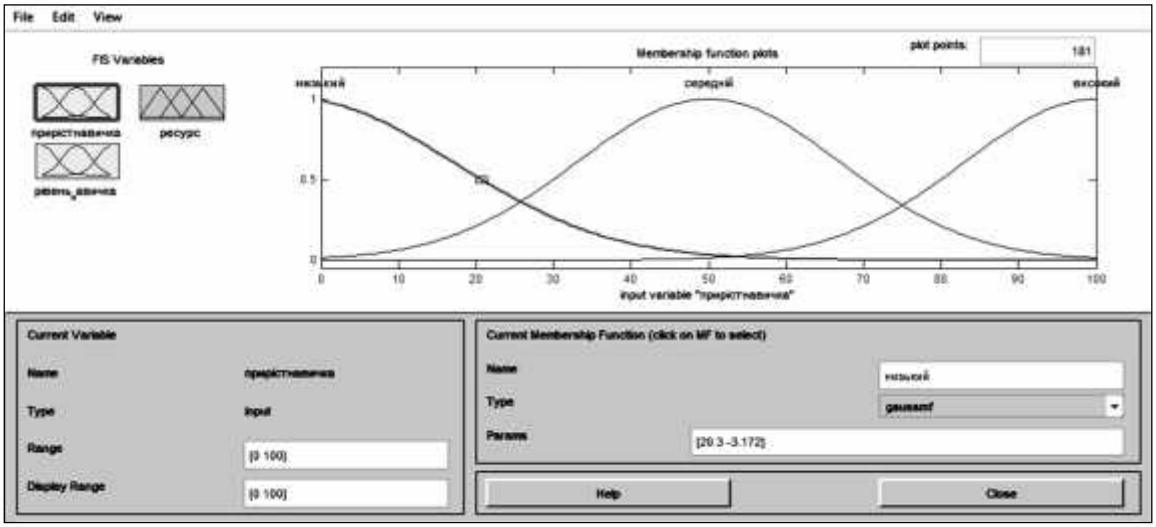

Рис. 7. Формування input1 «Приріст навичка»

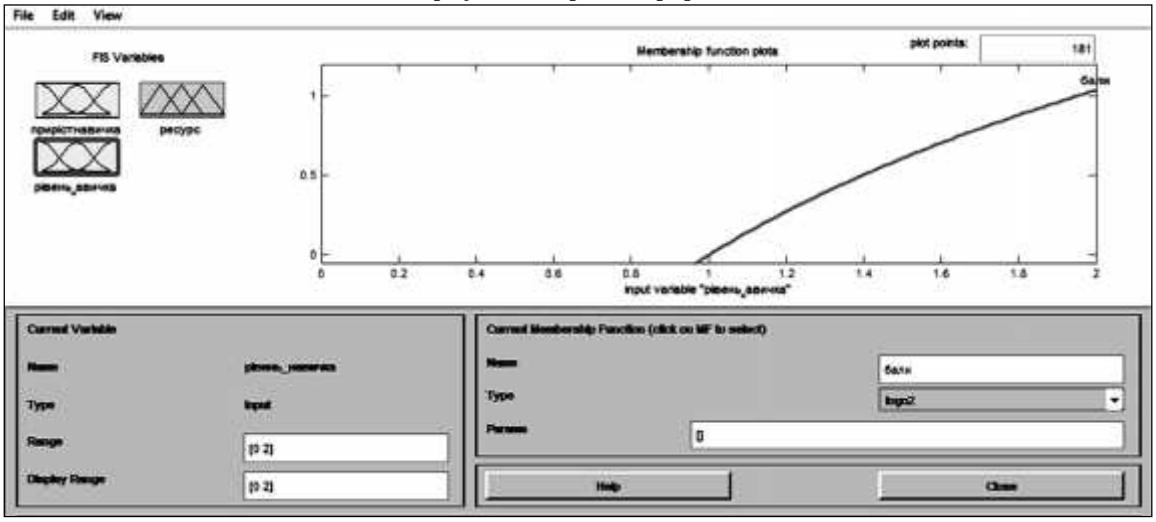

Рис. 8. Формування input 2 «Рівень навичка на 2»

В якості нечіткої вихідної змінної будемо рахувати параметр ресурсного забезпечення в відсотках. Формалізуємо вихідну змінну. Введемо лінгвістичну змінну ‹p,T,X,M›, де p – ресурс; T – −{«Недостатній ресурс», «Середній ресурс», «Високий ресурс»}; X – $[0, 100]$; M – процедура завдання на X = $[0, 100]$ нечітких підмножин R_1 = «Недостатній ресурс», R_2= «Середній ресурс», R_3= «Високий ресурс».

Завдамо функції належності якості досліджуваного параметру. Лінгвістична змінна «Ресурс» має одну трикутну криву належності (11) і дві

Т-образних кривих приналежності (12) $\left(\mu_p^{НД}, \mu_p^{Д}, \mu_p^{В}\right)$.

$$\mu_p^R\ (Y_{НК}, a, b, c) = \begin{cases} 0, & Y \le a, \\ \frac{Y-a}{b-a}, & a \le Y \le b, \\ \frac{c-Y}{c-b}, & b \le Y \le c, \\ 0, & c \le Y \end{cases} \qquad (11)$$

(11)

$$к = \{T\}, R_к = \overline{1,3} \quad ,$$

де a, b, c – деякі числові параметри, що характеризують основу трикутника (a, c) та його вершину (b), доречі повинна виконуватися умова $a \le b \le c$.

$$\mu_p^R\ (Y_{НК}, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & Y \le a, \\ \frac{Y-a}{b-a}, & a \le Y \le b, \\ 1, & b \le Y \le c, \\ \frac{d-Y}{d-c}, & c \le Y \le d, \\ 0, & d \le Y \end{cases} \qquad (12)$$

(12)

$к = \{T\}, R_к = \overline{1,3}$

де a, b, c, d – деякі числові параметри, що характеризують нижню основу трапеції (a, d) та верхню (b, c), які впорядковані відношенням $a \le b \le c \le d$. З врахуванням (11 і 12) функції належності нечітких терм-множин лінгвістичної змінної «Ресурс» буде мати наступний вигляд: $\mu_p^{НД}(Y, 0, 0{,}50, 75)$; $\mu_p^{Д}(Y, 45, 75, 100)$; $\mu_p^{В}(Y, 75, 98, 100, 100)$. Як один з прикладів експертного рішення. На рис.9 наведена залежність функції належності нечітких терм-множин лінгвістичної змінної «Ресурс», завданої в MATLAB: output1.

Побудуємо нечіткий алгоритм з впорядкованої множини нечітких правил. Скористаємося першою формою гіпотетичного силогізму правилом виводу modus ponens. В якості правила нечіткої імплікації оберемо найбільш використовуємо правило Мамдані – правило minimum.

Модель продукційних правил представимо у наступному вигляді рис. 10.

Розглянемо всі запропоновані варіанти моделювання ефективності планування підготовки, результати якого наведені в табл. 4 (значення рівня навичка обрані виходячи з критерію якості планування) лінгвістичної змінної «Ресурс», завданої в MATLAB: output1.

Побудуємо нечіткий алгоритм з впорядкованої множини нечітких правил.

Скористаємося першою формою гіпотетичного силогізму правилом виводу modus ponens. В якості правила нечіткої імплікації оберемо найбільш використуємо правило Мамдані – правило minimum. Модель продукційних правил представимо у наступному вигляді рис. 10.

Розглянемо всі запропоновані варіанти моделювання ефективності планування підготовки, результати якого наведені в табл. 4. (значення рівня навичка обрані виходячи з критерію якості планування).

З наведених даних моделювання бачимо, що чим ширше шкала оцінки рівня навичка тим більше коефіцієнт вартості, а коефіцієнт оптимальності (7) менше. Відповідно для збереження ресурсу на підготовку військ слід чітко розмежовувати кого по якій j-бальній системі оцінювати, для оптимального планування підготовки.

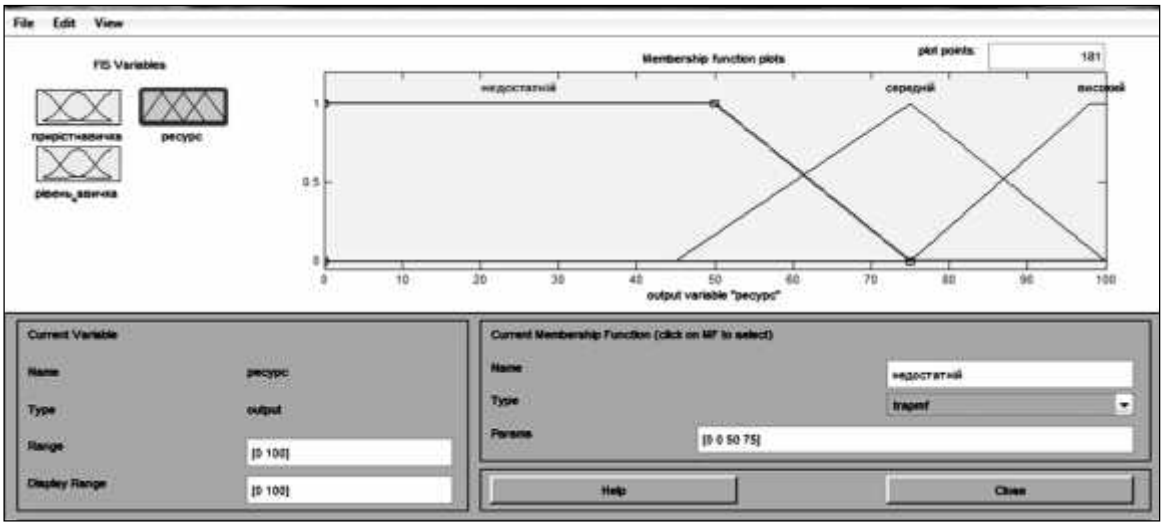

Рис. 9. Формування output1 «Ресурс» (Y1)

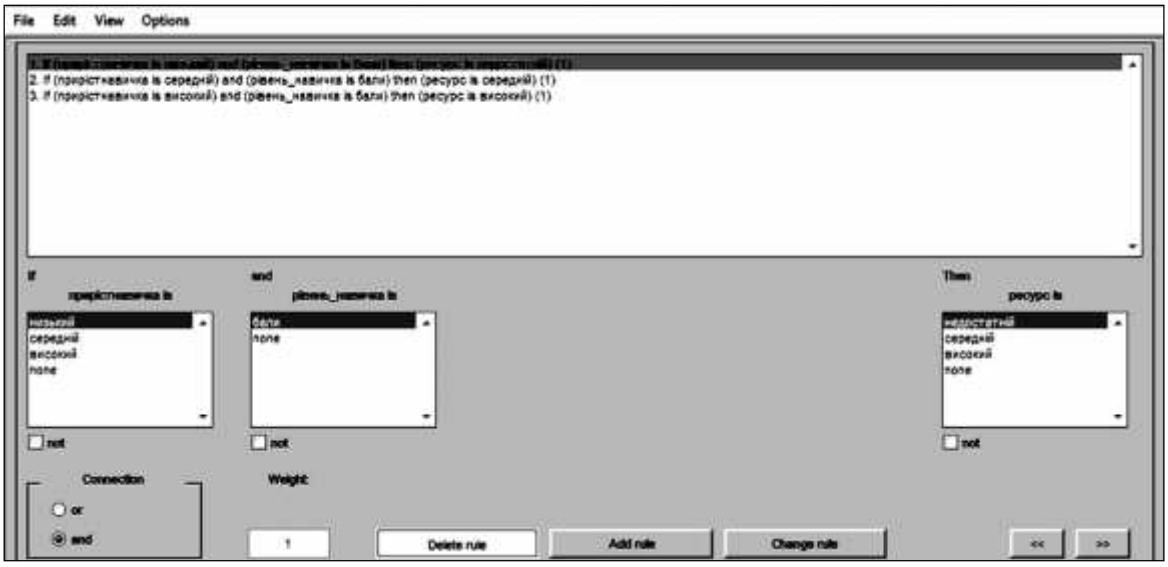

Рис. 10. Правила системи нечіткого виводу

Таблиця 4

Результати моделювання

Рівень навичка у балах	Приріст навичка у %				*Кв*
	25	50	75	100	
A_1 = «Рівень навичка на 2»					
1	50	50	50	50	0.54
2	46.2	70.7	75.1	91.1	
A_2 = «Рівень навичка на 5»					
2.5	46.5	70.2	75.1	89.1	0.97
5	46.5	70.7	75.1	91.1	
A_3 = «Рівень навичка на 10»					
5	46.5	70.6	75.1	90.6	0.994
10	46.5	70.7	75.1	91.1	
A_4 = «Рівень навичка на 100»					
50	46.5	70.7	75.1	91	0.998
100	46.5	70.7	75.1	91.1	

Висновки та перспективи подальших досліджень

Представлена модель дає можливість формалізувати процес планування підготовки із знаходженням оптимального варіанту планування в

залежності від обмежень, що нас цікавлять. Обчислити ефективність системи планування підготовки військовослужбовців Збройних Сил (ЗС) України до виконання завдань за призначенням з врахуванням виділених ресурсів.

Застосування експертів в питаннях визначення шкал оцінки рівня навичка дозволить якісно обґрунтувати кошторес підготовки військ.

Нечітка модель оцінки ефективності планування підготовки дозволяє якісну оцінку навичка перевести в кількісну.

Обрати оптимальний варіант між рівнем приросту навичка та витраченим ресурсом на його придбання.

Дана модель може застосовуватися в автоматизованій системі адаптивного планування підготовки підрозділу з врахуванням індивідуальних особливостей військовослужбовців.

Реалізація нечіткої моделі дозволить системно підійти до процесу планування підготовки військ з врахуванням таких обмежень як час, межі ресурсу, індивідуальні особливості військовослужбовця.

Список літератури

1. Наказ Міністра оборони України від 25.10.2012 № 699 "Про затвердження Концепції удосконалення підготовки Збройних Сил України".

2. Наказ Міністра оборони України від 16.02.2011 № 90„Про затвердження Тимчасової настанови з бойової підготовки у Збройних Силах України".

3. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования экономики / В.П.Бочарников – С.-Пб.:«Наука» РАН, 2001. – 328с.

4. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети: Учеб. пособие.– М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001.–224с.

5. Демидов Б.А. Системный анализ вооружения и военной техники. Книга 2: учебное пособие / Б.А. Демидов – Х.: ХВУ,1994. – 421 с.

6. Кричевский М.Л. Интеллектуальные методы в менеджменте / М.Л.Кричевский – СПб.: Питер, 2005.– 304с.

7. Леоненков А.Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.Леоненков – СПт.:БХВ-Петербург, 2005.

8. Романенко І.О. Інформаційна модель взаємодії заходів у процесі підготовки військ (Сил) / І.О. Романенко, А.М. Ткачов, І.В. Рубан // Системи озброєння і військова техніка. – 2009 – Вип. 1(17). – С. 125–128.

Надійшла до редколегії 1.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.В. Рубан, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ БОЕВОЙ ПОДГОТОВКИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

И.А. Романенко, Т.О. Ивахненко

В статье предложена нечеткая модель оценки эффективности планирования подготовки военнослужащих. Предложенная модель позволит выбрать оптимальный вариант между уровнем прироста навыка и затраченным ресурсом на его приобретение. Рассчитать эффективность системы планирования подготовки военнослужащих Вооруженных Сил Украины к выполнению задач по назначению с учетом выделенных ресурсов.

Ключевые слова: *нечеткая модель, функция принадлежности, лингвистическая переменная, экспертная оценка*.
.

ILL-DEFINED MODEL OF THE ESTIMATION TO EFFICIENCY OF THE PLANNING COMBAT PREPARATION MILITARY

I.O. Romanenko, T.O. Ivakhnenko

The paper proposes a fuzzy model of evaluating the effectiveness of planning training soldiers. The proposed model allows you to choose the best option between the growth of skill and resources expended to acquire it. Calculate the efficiency of the planning system of training of the Armed Forces of Ukraine to perform tasks intended considering resource allocation

Keywords: *fuzzy model, function toiletries, linguistic variable, expert evaluation.*