

УДК 519.81

В.М. Більчук, А.А. Адаменко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОГО ТЕРМІНУ ДОВГОЧАСНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ОЗБРОЄНЬ З УРАХУВАННЯМ УМОВ НЕСТОХАСТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Розглядається довгочасне прогнозування параметра функціонування систем озброєнь, яке враховує наявність природних умов нестохастичної невизначеності зовнішнього середовища. Прогнозні значення можуть бути визначені на основі побудови функції приналежності відповідної нечіткої підмножини та подаються чіткими інтервалами носіїв нечіткої підмножини при прийнятому рівні функції приналежності. Доцільний термін довгочасного прогнозування визначається по прийнятому рівні показника ефективності прийняття рішень.

Ключові слова: нестохастична невизначеність, природна невизначеність, невизначеність управління, невизначеність мети операції, ефективність прийняття рішень, довгочасне прогнозування.

Вступ

Постановка проблеми. Визначення перспективних систем озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України пов'язано з довгочасним прогнозуванням параметрів їх функціонування. Вимоги до значень параметрів функціонування перспективних систем озброєння можуть бути визначені при їх довгочасному прогнозуванні, яке визначається терміном часу, який необхідно передбачити на розробку, виготовлення та доведення їх до експлуатації в військових частинах. Таке прогнозування принципово, не може ґрунтуватись на статистичних даних, бо вони не існують. Перспективні системи озброєння можуть визначатись на нових фізичних принципах, що потребує врахування при прогнозуванні значень параметрів їх функціонування *природної невизначеності*, яка за своїм змістом є нестохастичною [1 – 3]. Експлуатація перспективних озброєнь пов'язана з невизначеністю управління ними ОПР, особи, яка приймає рішення, з урахуванням їх бойового застосування і можливих дій противника. Це означає, що прогнозування значень параметрів функціонування перспективних систем озброєнь повинно враховувати *невизначеність управління* (поведінкова невизначеність), яка за своїм змістом також є нестохастичною. Бойове застосування таких систем в операції приводить до *невизначеності мети операції* [7, 8]. Отже довгочасне прогнозування параметрів функціонування перспективних систем озброєнь повинно враховувати умови нестохастичних невизначеностей, а саме: природної невизначеності, невизначеності управління та невизначеності мети операції [4, 6].

Відзначене означає, що довгочасне прогнозування параметрів функціонування систем озброєнь може лише базуватись на постановці експертиз та обробці експертних даних. На визначений ОПР момент часу $t_k \in [t, t + \tau]$, де τ – термін (період) дов-

гочасного прогнозування, експерт висловлює свою особисту суб'єктивну думку, щодо значення параметра, який розглядається, у вигляді нечіткого числа \tilde{A} . Послідовностям моментів часу проведення експертиз t_r , $r = \overline{1, R}$, таким чином $t_r \in [t, t + \tau]$; $t_1 = t$; $t_R = t + \tau$ відповідають послідовності нечітких підмножин $\tilde{A}_r, r = \overline{1, R}$. Збільшенню t_r проведення експертизи, тобто, якщо $t_2 > t_1$, де t_2, t_1 належать періоду прогнозування $[t, t + \tau]$, відповідає збільшення “розмитості” нечіткої підмножини \tilde{A}_2 у порівнянні з \tilde{A}_1 . При прийнятому значенні функцій приналежностей $\alpha = \mu_{\tilde{A}_2}(x) = \mu_{\tilde{A}_1}(x)$ чіткі інтервали носіїв значень параметра відповідають тому, що $\overline{I}_{\tilde{A}_1} < \overline{I}_{\tilde{A}_2}$. Це визначає протиріччя наступного змісту: бажання збільшення терміну довгочасного прогнозування обмежується зростанням інтервалу прогнозованих значень параметра. Таке протиріччя породжує технічну проблему: доцільного терміну прогнозування параметрів функціонування систем озброєння в умовах нестохастичної невизначеності.

Мета статті полягає в поданні методу визначення доцільного терміну довгочасного прогнозування параметрів функціонування систем озброєння в умовах нестохастичної невизначеності на основі прийнятого рівня показника ефективності прийняття рішень.

Вирішення поставленого завдання

Визначення перспективної системи озброєння (перспективного зразка озброєння) пов'язано з уваленням ОПР основних параметрів її функціонування. Перспективи розвитку систем озброєння військ ППО Збройних Сил України розглядається на термін $10 \div 15$ років. Це відповідає прийнятому

розумінню терміну часу, який необхідно планувати на розробку, виготовлення та введення на військову експлуатацію нової перспективної системи озброєння. Тому ухвалення ОПР основних параметрів функціонування перспективної системи озброєння пов'язано з довгочасним їх прогнозуванням.

Особа, яка приймає рішення повинна передбачати такі методичні підходи до прогнозування параметрів, які враховують умови природної невизначеності, невизначеність стратегій управління застосування перспективної системи озброєння, яка об'єктивно існує як для ОПР, так і для стратегій застосування систем протидії противника, а також невизначеність мети операції, в якій слід розглядати застосування (використання) цих систем озброєння.

Таке довгочасне прогнозування з урахуванням вище визначених об'єктивних умов, як вже і відзначено вище, можливе при плануванні експертизи. Нехай в експертизі на момент часу прогнозування t_r приймають участь L_r експертів. Підвищення довіри до об'єктивних думок експертів може досягатись за рахунок, як організації експертизи так і за

$$\mu_{\tilde{A}_r}(x) = \begin{cases} \left(x - (a_{н.о}^{(r)} - \delta_1^{(r)}) \right) / \delta_1^{(r)} & \text{при } a_{н.о}^{(r)} - \delta_1^{(r)} \leq x \leq a_{н.о}^{(r)}; \\ \left((a_{н.о}^{(r)} + \delta_2^{(r)}) - x \right) / \delta_2^{(r)} & \text{при } a_{н.о}^{(r)} \leq x \leq a_{н.о}^{(r)} + \delta_2^{(r)}; \\ 0 & \text{при } 0 \leq x \leq a_{н.о}^{(r)} - \delta_1^{(r)}, x \geq a_{н.о}^{(r)} + \delta_2^{(r)}. \end{cases} \quad (1)$$

Будемо виходити з того, що за термін довгочасного прогнозування $[t, t + \tau]$ проводяться експертизи з метою побудов функцій приналежностей нечітких підмножин $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$ змісту (1), які відповідають моментам часу $t_3 > t_2 > t_1$ та $t_r \in [t, t + \tau]$, $r = 1, 2, 3$. Не відхиляючись від змістовності викладання, можна виходити з того, що розглядається такий параметр функціонування системи озброєнь, який за своїм фізичним змістом із зростанням моменту часу прогнозування його значення також зростає.

На рис. 1 приведені функції приналежностей нечітких підмножин $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$ деякого параметра a функціонування системи озброєння, для якого $a_{н.о}^{(3)} > a_{н.о}^{(2)} > a_{н.о}^{(1)}$ та при

$$\alpha = \mu_{\tilde{A}_1}(x) = \mu_{\tilde{A}_2}(x) = \mu_{\tilde{A}_3}(x) = 0,75$$

маємо, що чіткі інтервали носіїв значень параметра відповідають співвідношенню

$$\bar{I}_{\tilde{A}_1}^{(\alpha)} < \bar{I}_{\tilde{A}_2}^{(\alpha)} < \bar{I}_{\tilde{A}_3}^{(\alpha)},$$

де $\bar{I}_{\tilde{A}_1}^{(\alpha)}, \bar{I}_{\tilde{A}_2}^{(\alpha)}, \bar{I}_{\tilde{A}_3}^{(\alpha)}$ є довжини відповідних інтервалів.

Цей запис відповідає тому, що при $t_3 > t_2 > t_1$ відповідно зростає "розмитість" нечітких підмножин $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$, що відповідає об'єктивним нашим

рахунок обробки експертних даних. Схема експертизи визначається ОПР та передбачає наступне: незалежність суб'єктивних думок експертів, зворотній зв'язок відсутній, кожний l_r -ий експерт висловлює суб'єктивне судження відносно песимістичної оцінки значення параметру $a_{\Pi}^{(l_r)}$, найбільш очікуваного $a_{н.о}^{(l_r)}$ та оптимістичного $a_{оп}^{(l_r)}$. Усереднення визначених тут результатів експертизи з урахуванням вагових коефіцієнтів експертів за виразами:

$$a_{\Pi}^{(r)} = \frac{\sum_{l_r=1}^{L_r} C_{l_r} a_{\Pi}^{(l_r)}}{\sum_{l_r=1}^{L_r} C_{l_r}}; \quad a_{н.о}^{(r)} = \frac{\sum_{l_r=1}^{L_r} C_{l_r} a_{н.о}^{(l_r)}}{\sum_{l_r=1}^{L_r} C_{l_r}}; \quad a_{оп}^{(r)} = \frac{\sum_{l_r=1}^{L_r} C_{l_r} a_{оп}^{(l_r)}}{\sum_{l_r=1}^{L_r} C_{l_r}}.$$

дає можливість перейти до більш змістовного прогнозного значення параметра, який розглядається, а саме у вигляді нечіткого трикутного числа \tilde{A}_r , під яким розуміють нечітку підмножину, яка характеризується функцією приналежності $\mu_{\tilde{A}_r}(x) : R \rightarrow [0, 1]$

та має вигляд

судженням відносно суб'єктивних думок експертів.

В [5] запропоновані поняття показників ефективності та ризику прийняття рішень, за якими пропонується ОПР приймати чи відхиляти те чи інше рішення в умовах нестохастичної невизначеності. В якості показника ефективності прийняття рішень приймається чисельна міра чіткості нечіткої підмножини, який розраховується за виразом

$$E(\tilde{W}, \tilde{W}) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\mu_{\tilde{W}}(x_i) - \mu_{\tilde{W}}(x_i)|^2 \right)^{1/2}, \quad (2)$$

а в якості показника ризику прийняття рішення приймається чисельна міра нечіткості нечіткої підмножини, а саме:

$$R(\tilde{W}, \tilde{W}) = 1 - E(\tilde{W}, \tilde{W}), \quad (3)$$

де \tilde{W} – нечітка підмножина, а $\tilde{\tilde{W}}$ – нечітка підмножина, яка є доповненням до \tilde{W} .

Відзначимо, що відношення (2) та (3) відповідають тому суб'єктивному розумінню ОПР відносно об'єктивних чисельних мір чіткості та нечіткості наступних нечітких підмножин:

– нечітка підмножина \tilde{W}_1 , яка має функцію приналежності $\mu_{\tilde{W}_1}(x_i)/x_i = 0,5, \forall i = \overline{1, n}$, характеризується $E(\tilde{W}_1, \tilde{\tilde{W}}_1) = 0$, а $R(\tilde{W}_1, \tilde{\tilde{W}}_1) = 1$;

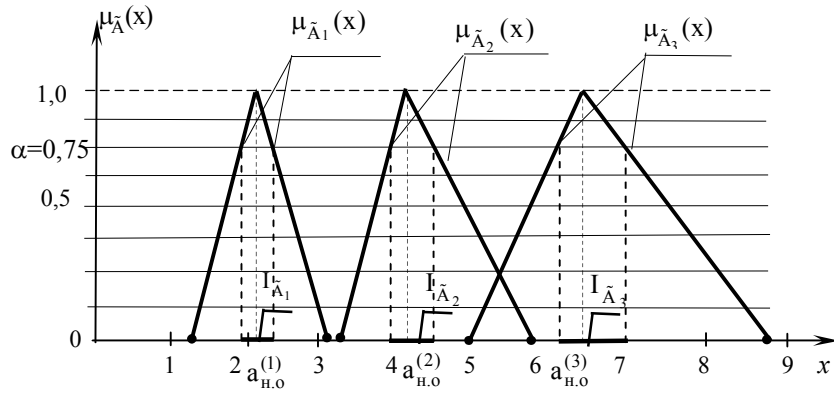


Рис. 1. Функції приналежності нечітких підмножин $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$

– нечітка підмножина (генеральна множина) \tilde{W}_2 , яка має функцію приналежності

$$\mu_{\tilde{W}_2}(x_i)/x_i = 1,0, \quad \forall i = \overline{1, n},$$

характеризується показником ефективності прийняття рішень $E(\tilde{W}_2, \tilde{W}_2) = 1$, та показником ризику $R(\tilde{W}_2, \tilde{W}_2) = 0$.

Для нечітких підмножин $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$, функції приналежності для яких подані на рис. 1, за (2) та (3) визначені відповідні їм показники ефективності та ризику прийняття рішення ОПР щодо змісту чітких інтервалів значень параметра функціонування системи озброєння як інтервалів носіїв нечітких підмножин при $\alpha = \mu_{\tilde{A}_r}(x) = 0,75$. Зазначені результати подані в табл. 1 Там же приведені найбільш очікувані значення параметра $a_{н.о.}^{(r)}$.

Таблиця 1

Результати довгочасного прогнозування параметра функціонування системи озброєння

\tilde{A}_r	$\mu_{\tilde{A}_r}(x) = 1,0$	$\mu_{\tilde{A}_r}(x) = 1,0 = \alpha = 0,75$	$E(\tilde{A}_r, \tilde{A}_r)$	$R(\tilde{A}_r, \tilde{A}_r)$
	$a_{н.о.}$	$I_{\tilde{A}_r}^{(\alpha)}$		
\tilde{A}_1	2,2	2,0 ÷ 2,4	0,79	0,21
\tilde{A}_2	4,1	3,9 ÷ 4,6	0,72	0,28
\tilde{A}_3	6,7	5,8 ÷ 7,2	0,48	0,52

Результати ілюстративних розрахунків щодо оцінки значень параметра функціонування системи озброєння на основі довгочасного прогнозування, які приведені в табл. 1, дозволяють висловити наступне.

Значення

$$I_{\tilde{A}_1}^{(\alpha)} = [2,0 \div 2,4], \quad I_{\tilde{A}_2}^{(\alpha)} = [3,9 \div 4,6]$$

при $\alpha = \mu_{\tilde{A}_{1,2}}(x) = 0,75$, які слід розглядати як результати прогнозування параметру α а функціону-

вання системи озброєнь при умові, що ОПР вважає $E_b(\tilde{A}_r, \tilde{A}_r) \geq 0,7$ та $R_b(\tilde{A}_r, \tilde{A}_r) \leq 0,3$, слід рекомендувати. А значення $I_{\tilde{A}_3}^{(\alpha)} = [5,8 \div 7,2]$ ОПР, виходячи з того, що $E(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) = 0,48 < 0,7$, а $R(\tilde{A}_3, \tilde{A}_3) = 0,52 > 0,3$, не може прийняти в якості прогнозних значень параметра на момент часу прогнозу t_3 . Це означає, що суб'єктивні думки експертів не слід ОПР визначати як такі, які відповідають перспективним системам озброєнь на t_3 . Тобто доцільний термін прогнозування параметра a функціонування системи озброєнь ОПР визначає як

$$[t_1 = t_0 + \tau_1, t_2 = t_1 + \tau_2].$$

В закінченні відзначимо, що будь-яка система озброєнь з точки зору її функціонування характеризується переліком параметрів $a_k, k = \overline{1, K}$. Тоді доцільний термін довгочасного її прогнозування визначається виходячи із умов, які мають вигляд

$$E(\tilde{A}_r^{(\tilde{k})}, \tilde{A}_r^{(\tilde{k})}) = \min_r \left\{ \min_{a_k \in M = \{a_k | E_{\mu_{\tilde{A}_r}(x)}\}} E(\tilde{A}_r^{(k)}, \tilde{A}_r^{(k)}) \right\};$$

$$E(\tilde{A}_r^{(\tilde{k})}, \tilde{A}_r^{(\tilde{k})}) \geq E_b(\tilde{A}_r^{(\tilde{k})}, \tilde{A}_r^{(\tilde{k})});$$

$$I_{\tilde{A}_r^{(k)}}^{(\alpha)} = I_{\tilde{A}_r^{(\tilde{k})}}^{(\alpha)};$$

$$\left[t_1 = t_0 + \tau_1^{(\tilde{k}, \tilde{r})}, t_2 = t_1 + \tau_2^{(\tilde{k}, \tilde{r})} \right]$$

та відповідають вимогам ОПР щодо визначеного рівня значення показника ефективності $E_b(\tilde{A}_r^{(\tilde{k})}, \tilde{A}_r^{(\tilde{k})})$ прийняття рішень.

Висновки

Довгочасне прогнозування значень параметра функціонування системи озброєнь слід розглядати лише в умовах нестохастичних невизначеностей:

невизначеності природної, невизначеності управління, невизначеності мети операції. Прогнозування може бути основано на постановці експертизи та обробці експертних даних з метою визначення функцій приналежностей, нечітких підмножин значень параметра на визначений ОНР момент часу, який передбачається. Прогнозування параметра подається як чіткий інтервал носія значень параметра при прийнятому значенні функції приналежності $\alpha \in \{0,5 < \mu_{\tilde{A}_T}(x) < 1\}$, якому відповідають значення показника ефективності і ризику прийняття рішень ОНР. Значення показників ефективності $E_b(\tilde{A}_T, \tilde{\tilde{A}}_T)$ та ризику, $R_b(\tilde{A}_T, \tilde{\tilde{A}}_T)$, які визначаються ОНР, дають йому можливість висловлювати думку щодо науково-обґрунтованих термінів довгочасного прогнозування, що відповідає вирішенню висловленої вище науково-технічної проблеми.

Список літератури

1. Більчук В.М. Оцінка ефективності прийняття рішень щодо оперативного управління в умовах нестochasticної невизначеності інформаційного забезпечення / В.М. Більчук, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – № 1(13). – С. 2-9.
2. Більчук В.М. Прийняття рішень щодо визначення перспективних зразків озброєння при нечіткому опису їх інформаційного ресурсу / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – № 4(8). – С. 124-130.

3. Більчук В.М. Метод формування доцільних стратегій модернізації та створення нових зразків озброєнь / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка: науков. журн. – 2006. – № 2(2). – С. 39-46.

4. Більчук В.М. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика: підруч. / В.М. Більчук. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2009. – 434 с.

5. Більчук В.М. Метод определения показателей эффективности и риска принятия решения при проведении операции в условиях нестochasticической неопределенности / В.М. Більчук, О.В. Десятов, И.С. Николаева // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2003. – Вип. 3. – С.11-22.

6. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10-ти томах. Т.3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

7. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / под ред. Рональда Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 406 с.

8. Більчук В.М. Метод вибору раціональної за ефективністю стратегії управління в ході збройної боротьби в умовах її нечіткого інформаційного ресурсу / В.М. Більчук, Н.І. Литвиненко, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9(67). – С. 2-10.

Надійшла до редколегії 23.02.2010

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

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОГО СРОКА ДОЛГОВРЕМЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОРУЖИЙ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ НЕСТОХАСТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В.М. Бильчук, А.А. Адаменко

Рассматривается долгосрочное прогнозирование параметра функционирования систем вооружений, которое учитывает наличие естественных условий нестochasticической неопределенности внешней среды. Прогнозные значения могут быть определенные на основе построения функции принадлежности соответствующего нечеткого подмножества и подаются четкими интервалами носителей нечеткого подмножества при принятом уровне функции принадлежности. Целесообразный срок долгосрочного прогнозирования определяется по принятом уровне показателя эффективности принятия решений.

Ключевые слова: нестochasticическая неопределенность, естественная неопределенность, неопределенность управления, неопределенность цели операции, эффективность принятия решений, долгосрочное прогнозирование.

METHOD OF DETERMINATION OF EXPEDIENT TERM OF OF LONG DURATION PROGNOSTICATION OF PARAMETERS OF FUNCTIONING OF SYSTEM OF ARMAMENTS TAKING INTO ACCOUNT TERMS OF UNSTOCHASTIC VAGUENESS

В.М. Bil'chuk, A.A. Adamenko

Of long duration prognostication of parameter of functioning of the systems of armaments is examined, which takes into account the presence of natural terms of unstochastic vagueness of external environment. Prognosis values can be certain on the basis of construction of function belongings of proper unclear подмножества and given the clear intervals of transmitters of unclear подмножества at the accepted level of function of belonging. The expedient term of of long duration prognostication is determined after the accepted level of index of efficiency of making a decision.

Keywords: unstochastic vagueness, natural vagueness, management vagueness, vagueness of purpose of operation, efficiency of making a decision, of long duration prognostication.