

УДК 623.618.51

О.І. Волков<sup>1</sup>, Г.В. Певцов<sup>2</sup>, О.І. Тимочко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Командування Повітряних Сил Збройних Сил України, Вінниця

<sup>2</sup> Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ МОЖЛИВОСТЕЙ ОФІЦЕРА БОЙОВОГО УПРАВЛІННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ НА АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПУНКТІ НАВЕДЕННЯ

Запропонована модель діяльності особи, що приймає рішення, при призначенні дій по повітряних цілях з автоматизованого пункту наведення. Моделлю діяльності є орієнтований граф. Вона використовується для оцінки часу, що витрачається на прийняття рішень. Основні операції, що виконуються офіцером бойового управління, представлені сукупністю послідовних елементарних дій, час виконання яких є випадковою величиною. Визначені зміст вершин графа, сенс і послідовність переходів між вершинами.

**Ключові слова:** прийняття рішення, винищувальна авіація, пункт наведення, управління, оперативність, час виконання, випадкова величина.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Оперативність і якість управління винищувальною авіацією (ВА) багато в чому визначаються можливостями автоматизованих систем по обробці інформації. Вони залежать у тому числі і від здібностей офіцера бойового управління (ОБУ) виконувати значне число операцій на автоматизованому робочому місці в процесі наведення винищувачів на повітряні цілі (ПЦ). При цьому особа, що приймає рішення (ОПР), діє, як правило, в умовах жорстких тимчасових обмежень, часто високої щільності повітряних ударів і сильного психоемоційного перевантаження. Проте діяльність ОПР при ухваленні рішень на етапі призначення дій винищувачами по ПЦ на автоматизованих пунктах управління (ПУ) вивчена недостатньо. Зокрема, не визначений ступінь автоматизації дій ОПР на етапі призначення дій, не виявлені резерви для підвищення оперативності і якості ухвалюваних рішень, не визначений ступінь відповідності використовуваних інформаційних технологій сучасним досягненням.

Навіть поверхневий аналіз показує низький ступінь автоматизації дій ОПР на етапі призначення дій. Тому існує суперечність, обумовлена складністю процесів управління винищувальною авіацією і обмеженими можливостями оператора по виконанню операцій на автоматизованому пункті наведення (ПН) при рішенні даного завдання. Для його дозволу необхідно удосконалювати методику визначення оцінки можливостей ОБУ по виконанню операцій на автоматизованому ПН при призначенні дій винищувачами по повітряних цілях. Дана методика дозволить намітити можливі кроки для підвищення оперативності і якості ухвалюваних рішень, а також визначити інформаційні технології для досягнення поставлених цілей.

У роботі в подальшому понятті ОБУ, ОПР і оператор вважатимемо тотожними.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання оперативності і якості ухвалення рішення на застосування авіації розглядаються в багатьох роботах,

наприклад [1 – 3]. Особливої уваги заслуговує підхід в роботі [3]. Автори запропонували методи підготовки і ухвалення рішень органами управління, розглянули моделі ухвалення рішень в багаторівневій ієрархічній структурі у різних умовах обстановки. Аналіз діяльності ОПР на етапі призначення дій винищувачами по ПЦ показав, що час на ухвалення рішень включає [4]: передачу інформації від вищестоячого ПУ на пункт наведення; призначення винищувачів по ПЦ (ручне заповнення трафаретів); очікування видачі результатів рішення штурманської задачі обчислювальним комплексом, а при негативному рішенні задачі – ручне введення необхідних параметрів перехоплення.

Введення і обробка інформації на перерахованих етапах при призначенні дій винищувачами по ПЦ з автоматизованого ПН недостатня автоматизована. Проте у відмічених роботах не враховані особливості діяльності і можливості ОБУ по виконанню операцій на автоматизованому ПН на етапі призначення дій підрозділів ВА по повітряних цілях.

**Мета статті:** вдосконалення методики визначення оцінки можливостей ОПР по виконанню операцій на автоматизованому ПН при призначенні дій винищувачами по повітряних цілях для поліпшення якості рішення і зменшення часу на його прийняття.

### Основна частина

Дослідження діяльності ОПР проведемо методом імітаційного моделювання. Імітаційна модель відображає раціональну послідовність дій ОПР на основі послідовно-структурного методу [5]. Формальне представлення моделі при ухваленні рішень на етапі призначення дій винищувачами включає: оцінку повітряного об'єкту (ПО); ухвалення рішення на знищення ПЦ; призначення даних для вирішення комплексного розрахункового оперативно-тактичного завдання (КРОТЗ); оцінку результатів рішення, їх ствердження або ручне введення даних для перенацілювання.

Модель діяльності ОНР представимо у вигляді орієнтованого графа (рис. 1) [1, 5]. На графі вершини відповідають подіям, а ребрам – вірогідність і часи переходу від однієї події до іншому. Нехай  $y_{ij}$  – операція, що забезпечує перехід з  $i$ -го події в  $j$ -ою;  $t_{ij}$  – час виконання операції  $y_{ij}$ ;  $p_{ij}$  – вірогідність її виконання.

На рис. 1 значення  $p_{ij}$  і  $t_{ij}$  задані як  $X_{ij}$ , де  $X_{ij}$  ( $p_{ij}$ ,  $t_{ij}$ ). Тоді граф можна описати як  $G = \{P, Z\}$ , де  $P = |p_{ij}|$  – стохастична матриця суміжності вершин,  $C = |c_{ij}|$  – матриця потужності,  $c_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } p_{ij} = 0, \\ t_{ij}, & \text{якщо } p_{ij} > 0. \end{cases}$

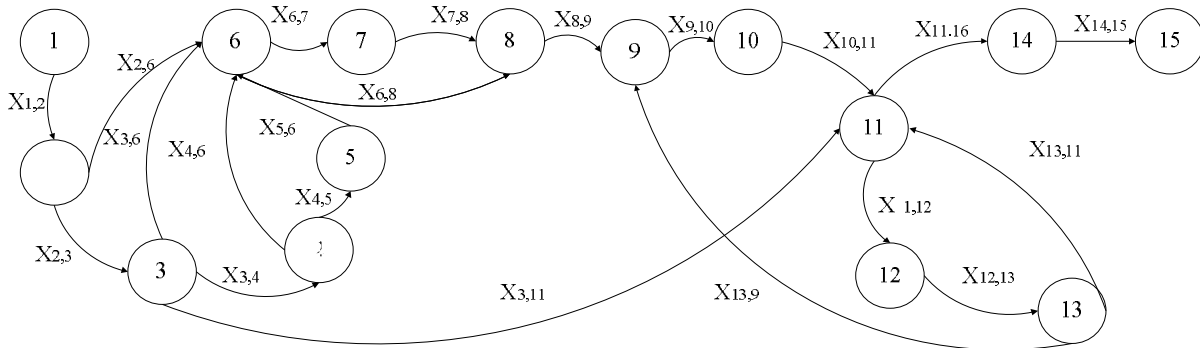


Рис. 1. Модель дій ОНР при ухваленні рішень на етапі призначення дій винищувачами по ПЦ

Запропонована модель діяльності ОБУ при призначенні дій по ПЦ буде використана для оцінки часу, що витрачається на ухвалення рішень. Основні операції, виконувани ОНР, є сукупністю послідовних елементарних дій. Час виконання цих дій є випадкова величина. Визначимо зміст вершин графа, сенс і послідовність переходів між вершинами (табл. 1).

Використовуємо розподіли вірогідності оцінок часу елементарних дій  $f(\tau)$ . Так, результати в [2], свідчать про те, що, як правило, усічене ( $\tau \geq t_1, \tau \leq t_2$ ) несиметричне, унімодальне. З достатньою точністю можна використовувати окремий випадок бета-розподілення, щільність якого описується виразом [6]:

$$f(\tau) = \begin{cases} \left( \frac{12}{(t_2 - t_1)^4} \right) (\tau - t_1)(t_2 - \tau)^2 C, & \tau > t_1, \tau < t_2; \\ 0, & \tau \leq t_1, \tau \geq t_2. \end{cases} \quad (1)$$

В цьому випадку математичне сподівання часу дії ОНР ( $\bar{t}$ ) і дисперсія ( $D$ ) дорівнюють

$$\bar{t} = (3t_1 + 2t_2)/5; \quad D = 0,04(t_2 - t_1)^2. \quad (2)$$

Таким чином, для оцінки математичного сподівання часу ухвалення рішень досить знати апріорні оцінки вірогідності їх виникнення, мінімальні і максимальні значення часу вирішення приватних завдань ОНР ( $t_1$  і  $t_2$ ). Для програмної реалізації імітаційної моделі процесу діяльності ОНР при призначенні дій винищувачами необхідно проаналізувати умови діяльності ОНР і визначити параметри, необхідні для завдання розподілів часу виконання елементарних операцій. Для цього розрахуємо значення верхньої і нижньої меж часу знаходження в різних станах і оцінимо можливості ОНР по виконанню операцій. Порядок розрахунку таких.

1. Для оцінки повітряної обстановки ОНР використовує інформаційні моделі різних ситуацій. У [7] показано, що середній час оцінки повітряної об-

становки (ПО) ( $\bar{T}_1$ ) залежить від часу фіксації погляду ( $\bar{t}_\phi$ ):

Таблиця 1

Події і операції, виконувани ОНР при призначенні дій на пункті наведення

1	Поява ПЦ на пристрої відображення
2	Інформація про ПЦ сприйнята
3	Бойове завдання від вищестоящого ПУ сприйнята
4	Інформація про бойову готовність авіаційних ескадрилій ПН сприйнята
5	Інформація про поставлені бойові завдання для пункту наведення сприйнята
6	Рішення на знищення конкретних ПЦ ухвалене
7	Уточнення початкових даних проведено
8	Початкові дані для КРОТЗ введені
9	Запуск КРОТЗ проведений
10	Завдання вирішене
11	Результати рішення (введення) оцінені
12	Аналіз можливості перенацілювання проведений
13	Попереднє завдання відмінено
14	Команда на підйом винищувачів
X1,2	Оцінка інформації за двобарвним індикатором
X2,3	Аналіз бойового завдання від вищестоящого ПУ (табло стану)
X2,6	Ухвалення рішення на «відбір» ПЦ
X3,4	Аналіз бойової готовності авіаційних ескадрилій, ПН
X3,6	Ухвалення рішення на «відбір» ПЦ
X3,11	Затвердження бойового завдання для пункту наведення
X4,5	Аналіз затверджених бойових завдань для пункту наведення (табло бойових завдань)
X4,6 X5,6	Ухвалення рішення на «відбір» ПЦ
X6,7	Уточнення початкових даних для вирішення КРОТЗ
X6,8 X7,8	Введення початкових даних для КРОТЗ
X8,9	Запуск КРОТЗ
X9,10	Вирішення Кротз № 18
X10,11	Оцінка результатів рішення
X11,12	Аналіз можливості перенацілювання або ручного введення початкових даних для ПН
X11,14	Затвердження результатів рішення
X12,13	Відміна попереднього бойового завдання
X13,9	Ручне введення бойового завдання для вирішення КРОТЗ з урахуванням винищувачів, що виконують бойове завдання (перенацілювання)
X13,11	Ручне введення бойового завдання на ПН
X14,15	Контроль за зльотом і наведенням винищувачів

$$(\bar{T}_1) \cong \frac{N+1}{M+1} \bar{t}_\phi, \quad (3)$$

де N – загальна кількість об'єктів;

M – число шуканих об'єктів, що володіють заданими ознаками.

Для кодування об'єктів умовними знаками при оцінці в  $t_\phi$  залежно від умов сприйняття час фіксації погляду складає:  $t_\phi=0,025.0,65c$  і більш. Так, при ознайомленні з ситуацією при використанні для кодування об'єктів умовних знаків  $t_\phi = 0,64c$ , а при пошуку відмітки на екрані станції радіолокації  $t_\phi = 0,37c$ . Загальний час фіксації складає 90,95% від часу сприйняття інформації [7, 8].

При моделюванні B, що складається з 5 формулярів повітряних об'єктів, з яких заданими ознаками володіє тільки один формуляр, час оцінки обстановки по двобарвному індикатору  $(\bar{T}_1)$  складає при N=5, M=1,  $t_\phi = 0,64c$

$$(\bar{T}_1) \cong \frac{5+1}{1+1} 0,64 = 1,92 \quad (3).$$

При роботі з цифролітерним формуляром тимчасові витрати ОПР при сприйнятті однієї характеристики формуляру складає 0,57 з (сприйняття семизначного числа 1,2 з). Тоді загальний час, необхідний для оцінки трафарету на табло стану, розраховується як

$$\bar{T}_2 = 0,57n; \quad n = 7 \div 15, \quad (5)$$

де n – число оцінених формулярів (параметрів). Отже  $\bar{T}_{2(1)} = 3,99$  с,

Загальний час для оцінки трафарету на табло бойової готовності  $(\bar{T}_4)$  складає, згідно (4)  $\bar{T}_{4(1)} = 0,57 \cdot 15 = 8,55$  с,

Загальний час, необхідний для оцінки трафарету на табло бойових завдань, складає  $\bar{T}_{5(1)} = 0,57 \cdot 35 = 1,71$  с,  $\bar{T}_{5(2)} = 0,57 \cdot 14 = 7,98$  с.

При оцінці обстановки виконуються допоміжні дії  $(\bar{t}_B)$ . Припустимо, що ОПР додаткову інформацію не викликає.

Час оцінки ПО при селектуванні інформації за різними ознаками складає 9.35 с.

2. Ухвалення рішення на "відбір" ПЦ складає  $\bar{T}_3 = 9 \dots 11$  с.

3. Уточнення початкових даних для вирішення КРОТЗ. Початкові дані для вирішення завдання: рубіж перехоплення (РП), коефіцієнт заданого збитку мети (КЗЗ), найбільш вірогідний умовний тип супротивника (Т), коефіцієнт постановника перешкод ППО супротивника (КПП), коефіцієнт рельєфу місцевості (КР), задана висота (ЗВ), варіант польоту (ВП), напрям атаки (НА), метод наведення (МН), метеоумови (МУ), пасивний час зльоту (ПЧ) – готуються на етапі планування. При перехопленні ОПР лише уточнює їх.

Скористаємося формулою (4) для розрахунку часу, необхідного на уточнення початкових даних. Воно складає  $\bar{T}_{6(1)} = 7,04$  с,

4. Введення початкових даних для вирішення КРОТЗ. При введенні початкових даних ОБУ за допомогою кнопочних клавіш пульта управління (рис. 2) викликає відповідний трафарет. Після набору "ІДК2, НАБ.СТР,←" оператора заповнює трафарет (рис. 3).

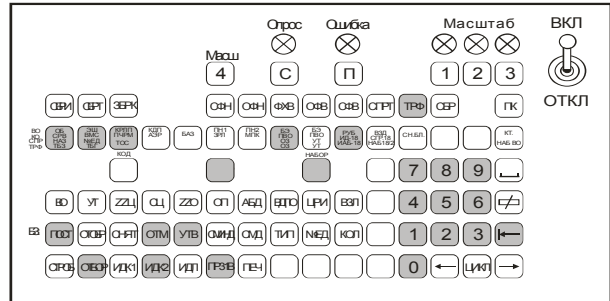


Рис. 2. Пульт управління для набору інформації

№ РП	КЗУ	Т	КПП	КР	ЗВ	ВП	НА	МН	МУ	ТП
--	---	-	---	-	-	-	-	-	-	--

Рис. 3. Трафарет набору початкових даних для вирішення КРОТЗ

Відбір ПЦ в цикл цілерозподілу здійснюється виконанням операцій: натиснути "ВІДБІР", вказати датчиком координати цілей, натиснути кнопку "ОПИТ РАЗ".

Розглянемо вказані вище дії як суму послідовно виконуваних дій (пошук клавіші, переміщення руки, натиснення клавіші) для оцінки їх часу виконання. Для цього скористаємося наступними співвідношеннями [9]

$$\bar{t}_{пк} = \frac{M/a+1}{2} \bar{t}_{вк}, \quad (6)$$

де  $\bar{t}_{пк}$  – час пошуку клавіші; M – кількість клавіш;  $\bar{t}_{вк}$  – час сприйняття клавіші;  $\bar{t}_{вк} = 0,2$  з.

$$\bar{t}_{пр} = 0,24 + 0,01R, \quad (7)$$

де  $\bar{t}_{пр}$  – час переміщення руки; R – відстань, на яку слід перемістити руку.

Якщо також врахувати середній час натискання клавіші  $(\bar{t}_{нк}) - \bar{t}_{нк} = 0,18$  с [9], тоді середній час дій ОПР при введенні вихідних даних дорівнює:

$$\bar{T}_7 = (\bar{t}_{пк} + \bar{t}_{пр})n + \sum_i \bar{t}_{нк_i} + \Delta t_{КСА}, \quad (8)$$

де n – кількість дій, що виконуються ОПР для заповнення трафарету та запуску КРОТЗ; i – кількість клавіш, що натискаються (i = 1, 1, ..., m);

$\Delta t_{КСА}$  – час реакції комплексу засобів автоматизації на дію, що управляє (складає 2...4 с).

Розрахунки показали, що введення початкових даних для вирішення допоміжної КРОТЗ \*/2, 5

складає при  $n=28$   $\bar{T}_{8(1)} = 20,22$  с; при  $n=32$  –  $\bar{T}_{8(2)} = 23,43$  с; а для КРОТЗ при  $n=34$  –  $\bar{T}_{8(1)} = 24,55$  с; при  $n=38$  –  $\bar{T}_{8(2)} = 27,82$  с.

5. Година запуску КРОТЗ згідно (7) рівний

$$\bar{T}_8 = \left( \frac{10/1+1}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 5 \right) + \left( \frac{3/1+1}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + 2 \cdot 0,18 + 2 = 2,74 \text{ с.}$$

6. Рішення КРОТЗ. Година ( $\bar{T}_9$ ) для вирішення КРОТЗ\*/2 складає 10 – 35с для одного розрахунку, КРОТЗ\*/5 – до 30 з по п'яти ПЦ, а загальний година вирішення КРОТЗ складає 45,65с.

Таким чином, введення необхідної початкової інформації і безпосереднє вирішення КРОТЗ№\*/2,5 складає до 71% загального часу процесу введення і вирішення КРОТЗ.

7. Оцінка результатів. Для розрахунку часу, необхідного ОБУ для оцінки результатів рішення, скористаємося формулою (3)

$$\bar{T}_{10(1)} = 37 \cdot 0,64 = 23,68 \text{ с; } \bar{T}_{10(2)} = 40 \cdot 0,64 = 26,68 \text{ с.}$$

8. Затвердження результатів рішення. Для затвердження бойових завдань необхідно на пульті управління натиснути кнопку "УТВ", дві цифри номера бойового завдання, натиснути кнопку "ОТПР" (рис. 2). Згідно виразу (8), час на затвердження результатів рішення задачі складає

$$\begin{aligned} \bar{T}_{11(1)} &= \left( \frac{M/a+1}{2} \bar{t}_{\text{вк}} + 0,24 + 0,01R \right) n + \sum_i \bar{t}_{\text{ПКі}} + \Delta t_{\text{КСА}} = \\ &= \left( \frac{10/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 15 \right) + \left( \frac{4/3}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + \\ &+ \left( \frac{3/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + 4 \cdot 0,18 + 2 = 4,77 \text{ с;} \end{aligned}$$

$$\bar{T}_{11(2)} = 6,77 \text{ с.}$$

9. Аналіз можливості перенацілювання або ручного введення початкових даних для пункту наведення. Для оцінки часу використаємо (3), (4)

$$\bar{T}_{12(1)} = 8,46 \text{ с, } \bar{T}_{12(2)} = 14,7 \text{ с.}$$

10. Відміна попереднього бойового завдання. Для відміни бойового завдання необхідно натиснути кнопку "ОТМ. №БЗ", набрати дві цифри, натиснути «ОТПР». Для розрахунку скористаємося виразом (7)

$$\begin{aligned} \bar{T}_{14(1)} &= \left( \frac{M/a+1}{2} \bar{t}_{\text{вк}} + 0,24 + 0,01R \right) n + \sum_i \bar{t}_{\text{ПКі}} + \Delta t_{\text{КСА}} = \\ &= \left( \frac{10/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 15 \right) + \left( \frac{4/3}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + \\ &+ \left( \frac{3/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + 4 \cdot 0,18 + 2 = 4,77 \text{ с;} \end{aligned}$$

$$\bar{T}_{14(2)} = 6,77 \text{ с.}$$

11. Запуск КРОТЗ з урахуванням винищувачів, що виконують бойове завдання, ручне введення бойового завдання на пункт наведення. Для запуску

КРОТЗ необхідно заповнити трафарет уручну. Тоді

$$\begin{aligned} \bar{T}_{15(1)} &= \left( \frac{M/a+1}{2} \bar{t}_{\text{вк}} + 0,24 + 0,01R \right) n + \sum_i \bar{t}_{\text{ПКі}} + \Delta t_{\text{КСА}} = \\ &= \left( \frac{8/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 30 \right) + \left( \frac{15/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 25 \right) + \\ &+ \left( \frac{3/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + \left( \frac{10/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 15 \right) + \\ &+ \left( \frac{3/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + \left( \frac{4/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 10 \right) + \\ &+ 0,2(3,35 + 17) + 27(0,24 + 0,01 \cdot 20) + \left( \frac{1/1+1}{2} 0,2 + 0,24 + \right. \\ &\left. + 0,01 \cdot 30 + 0,37 \right) + \left( \frac{1/1+1}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 30 \right) + \\ &+ 35 \cdot 0,18 + 2 = 30,59 \text{ с;} \end{aligned}$$

$$\bar{T}_{15(2)} = 32,59 \text{ с.}$$

Для даних завдань при  $n=28$   $\bar{T}_{7(1)} = 20,22$  с; при  $n=32$   $\bar{T}_{7(2)} = 23,43$  с. Час введення інформації про винищувач рівний 20.30 з.

12. Запуск КРОТЗ. Час запуску складає

$$\begin{aligned} \bar{T}_{8(1)} &= \left( \frac{10/1+1}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 5 \right) + \left( \frac{3/1+1}{2} 0,2 + \right. \\ &\left. 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + 2 \cdot 0,18 + 2 = 2,74 \text{ с.} \\ \bar{T}_{8(2)} &= \left( \frac{10/1+1}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 5 \right) + \left( \frac{3/1+1}{2} 0,2 + \right. \\ &\left. 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + 2 \cdot 0,18 + 5 = 5,74 \text{ с.} \end{aligned}$$

Затвердження бойового завдання для випадку «Ручне введення бойового завдання для пункту наведення» проводиться аналогічно п. 8.

13. Вирішення КРОТЗ з урахуванням винищувачів, що виконують бойове завдання, складає 45.65с, з них для вирішення даного завдання – не більш 30с.

14. Оцінка результатів рішення (аналогічно пункту 7) складає

$$\bar{T}_{10(1)} = 37 \cdot 0,64 = 23,68 \text{ с; } \bar{T}_{10(2)} = 40 \cdot 0,64 = 26,68 \text{ с.}$$

15. Затвердження бойового завдання для ПН здійснюється за час, розрахований аналогічно п. 9:

$$\begin{aligned} \bar{T}_{11(1)} &= \left( \frac{M/a+1}{2} \bar{t}_{\text{вк}} + 0,24 + 0,01R \right) n + \sum_i \bar{t}_{\text{ПКі}} + \Delta t_{\text{КСА}} = \\ &= \left( \frac{10/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 15 \right) + \left( \frac{4/3}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + \\ &+ \left( \frac{3/2}{2} 0,2 + 0,24 + 0,01 \cdot 20 \right) + 4 \cdot 0,18 + 2 = 4,77 \text{ с;} \end{aligned}$$

$$\bar{T}_{11(2)} = 6,77 \text{ с.}$$

Таким чином, набутих мінімальних і максимальних значень часу вирішення приватних завдань дозволяють оцінити математичне сподівання часу ухвалення рішень ОБУ при призначенні дій винищувачами по ПЦ.

Через відсутність достовірної інформації про величини  $p_{ij}$  прийнято припущення про рівну імовірність виконання окремих операцій. На рис. 4 приведена структурна схема алгоритму.

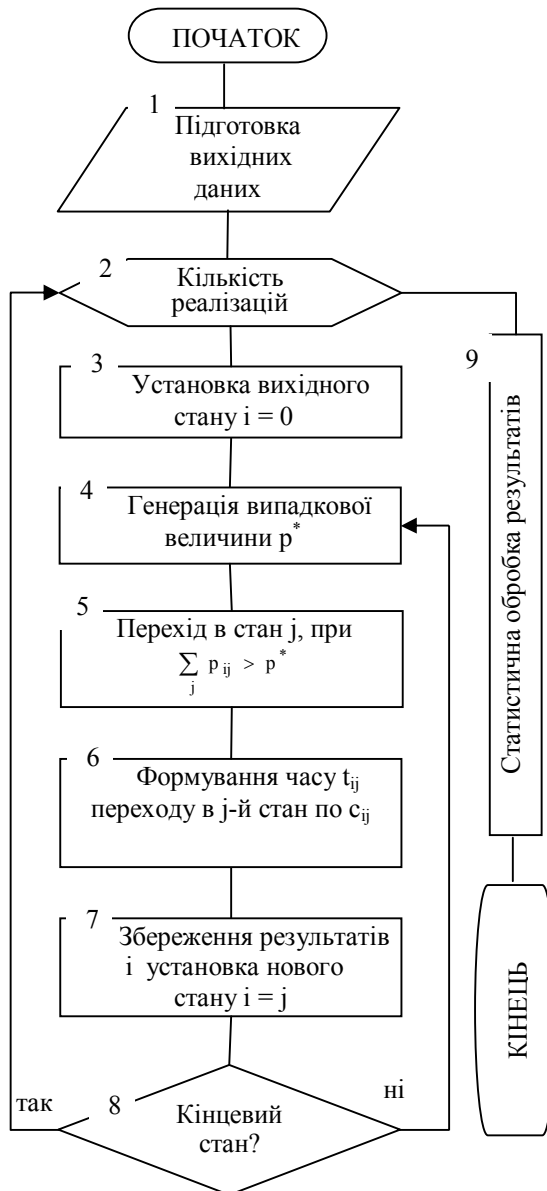


Рис. 4. Структурна схема моделі діяльності ЛПР при призначенні винищувачів

Достовірність результатів забезпечує адекватне відзеркалення в моделі реальної діяльності ЛПР. 15000 реалізацій програми забезпечують точність отриманих результатів до 1 з [10]. При обробці результатів моделювання визначені статистичні характеристики часу виконання операцій. Програма розроблена в середовищі програмування Borland Delphi 7.0 на мові Object Pascal і реалізується під управлінням операційної системи Microsoft Windows 2000 і вище. Вихідні дані аналізуються за допомогою пакету прикладних програм Microsoft Excel 2003 з використанням вбудованого пакету "Аналіз даних". Прийняті наступні допущення при моделюванні.

1. ОПР виконують функції на існуючих автоматизованих ПН.

2. Вірогідності результатів  $p_{ij}$  мають рівномірні розподіли.

Результати моделювання діяльності ОПР при ухваленні рішень на етапі призначення дій винищувачами по ПЦ на ПУ, оснащеному засобами автоматизації, показали недостатній ступінь автоматизації дій ОПР. Викорисуємі інформаційні технології (ІТ) не відповідають сучасним досягненням. Впровадження інтелектуальних ІТ відкриває широкі можливості для підвищення оперативності і якості схвалюваних рішень.

### Висновки

Запропонована методика оцінки можливостей офіцера бойового управління по виконанню операцій на автоматизованому пункті наведення при призначенні дій винищувачами по повітряних цілях дозволила встановити, що час на ухвалення рішення оператором включає етапи

передачі інформації від вищестоячого ПУ на пункт наведення;

власне призначення винищувачів по ПЦ (ручне заповнення трафаретів);

очікування видачі результатів рішення штурманської задачі обчислювальним комплексом або ручне введення необхідних параметрів перехоплення при неможливості її рішення в ПН.

При цьому загальний час ухвалення рішення при призначенні дій винищувачами по ПЦ в значній мірі залежить від часу на заповнення трафаретів і очікування видачі результатів рішення штурманської задачі.

В результаті проведеного моделювання обчислено математичне сподівання часу на виконання операцій при призначенні дій винищувачами по ПЦ. При введенні команд, заповненні трафаретів ОПР виконує багатократні пультові операції.

Час, що витрачається на інформаційну підготовку і безпосереднє рішення задачі призначення дій винищувачами по ПЦ, в основі якого лежить процес визначення параметрів наведення, складає до 66% від загального часу на ухвалення рішення [1].

Математичне сподівання загального часу на ухвалення рішення складає  $M^*[\bar{T}_{\text{обш}}] = 211,59$  с; часу,

що витрачається на введення початкових даних, –  $M^*[\bar{T}_{\text{вв}}] = 67$  с (до 31% від  $M^*[\bar{T}_{\text{обш}}]$ ); часу очікування результату рішення задачі –

$M^*[\bar{T}_{\text{реш}}] = 73,63$  (до 35% від  $M^*[\bar{T}_{\text{обш}}]$ ) (рис. 5).

З урахуванням жорстких часових обмежень оперативність ухвалення рішення ОПР на етапі призначення дій може опинитися неприпустимо низькою ( $P_{\text{оп}}=0,47\dots0,9$ ).



Рис. 5. Розподіл часу на прийняття рішення

Для підвищення значення показників оперативності прийнятого рішення необхідно зменшити час, що витрачається на підготовку і безпосереднє рішення задачі. Визначимо загальний час прийняття рішення з урахуванням автоматизації операцій призначення даних для вирішення даного завдання, запуску, аналізу можливості перенацілювання, введення в ЕОМ даних про відміну попереднього бойового завдання.

Час, що витрачається на прийняття рішення з використанням систем підтримки прийняття рішень (СППР) при визначенні параметрів планованого перехоплення складається з часу на фазифікацію і побудо-

ву кожного правила в нечіткому виведенні Такагі-Сугено, Мамдані ( $t_1$ ) і часу на порівняння результатів логічного виводу і видачі результатів ( $t_2$ ).

З видачею рекомендації про застосування параметрів перехоплення у разі призначення винищувачів по п'яти ПЦ, коли результат виводу не приймає значення "Наведення неможливе",  $t_{СППР} \approx 0,4$  с, інакше, коли відбувається перебір по максимальній кількості винищувачів, що знаходяться в розпорядженні ПУ тактичного рівня, при призначенні по п'яти ПЦ –  $t_{СППР} \approx 4,8$  с. При урахуванні часу рішення розрахункової задачі (визначення програмної швидкості, програми набору висоти і швидкості, рубежу знищення ПП, польотного часу до рубежу знищення ПП) загальний час рішення складає 10,4.39,8 с (табл. 2).

При використанні СППР для визначення параметрів перехоплення математичне сподівання: загального часу на прийняття рішення склало  $M^*[\bar{T}_{общ}] = 103,59$  с; часу, що витрачається ОПР на введення початкових даних  $M^*[\bar{T}_{вв}] = 13,74$  с (до 13% від  $M^*[\bar{T}_{общ}]$ ), часу очікування результату рішення  $M^*[\bar{T}_{реш}] = 33,71$  с (до 32% від  $M^*[\bar{T}_{общ}]$ ). Значення тимчасових інтервалів процесу прийняття рішення при призначенні дій винищувачами по ПЦ зведені в табл. 3.

Таблиця 2

Значення тимчасових інтервалів рішення задач при призначенні дій винищувачами по ПЦ

Вирішувані завдання	Кількість розрахунків	З використанням СППР, с	Традиційний підхід, с
Визначення методу наведення, півсфери атаки, ракурсу, висоти атаки, дистанції виходу на ПЦ	5	0,4...4,8	до 30
Рішення розрахункової задачі (визначення програмної швидкості, координат рубежу введення в бій, програми набору висоти і швидкості, час перехоплення, режиму польоту)	1	10...35	10...35
Час рішення задачі призначення дій винищувачами по ПЦ	5	10,4...39,8	40...65

Таблиця 3

Значення часових інтервалів процесу прийняття рішення при призначенні дій винищувачами

Методи Автоматизації	К-ть ПЦ	$\bar{t}_{ан. обст.}, с$	$\bar{t}_{пр. відбір. ВЦ}, с$	$\bar{t}_{ут. ид.}, с$	$\bar{t}_{введення ид.}, с$	$\bar{t}_{реш.}, с$	$\bar{t}_{оц. рез.}, с$	$\bar{t}_{утв.}, с$	$\bar{t}_{перен.}, с$	$\bar{t}_{сум.}, с$
Раніше використані методи	30	27,22	8,44	3,49	67	251,53	133,55	7,01	15,23	513,47
	10	6,98	8,44	3,49	67	108,97	67,75	7,01	15,23	284,87
	5	1,92	8,44	3,49	67	73,33	38,8	7,01	15,23	215,19
Запропонована методика	30	27,22	8,44	0	13,74	44,81	133,55	7,01	0	234,77
	10	6,98	8,44	0	13,74	35,93	67,64	7,01	0	139,7
	5	1,92	8,44	0	13,74	33,71	38,8	7,01	0	103,59

Таким чином, автоматизація операцій призначення даних для рішення даної задачі, запуску, аналізу можливості перенацілювання, введення в ЕОМ даних про відміну попереднього бойового завдання дозволяє зменшити час прийняття рішення до 2 разів і збільшити оперативність ухвалення рішень 20% (рис. 6).

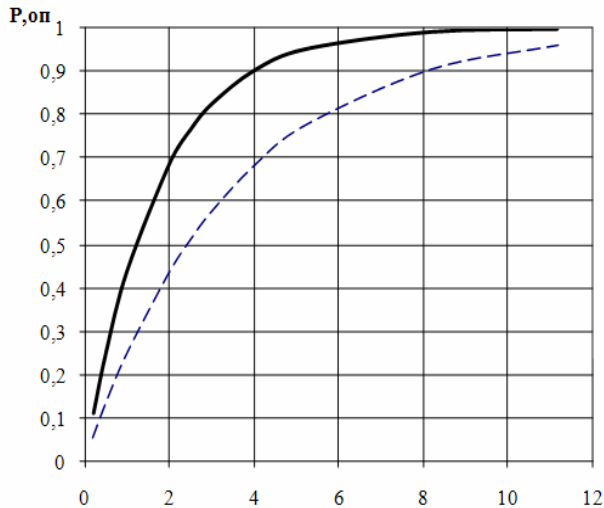


Рис. 6. Оперативність ухвалення рішень при призначенні дій винищувачами по ПЦ (пунктир – існуючі КЗА, суцільна – КЗА із застосуванням інтелектуальних ІТ)

Збільшення оперативності вироблення рекомендацій для прийняття рішень дозволяє здійснити раніше перехоплення засобів повітряного нападу противника і знизить можливість завдання ударів супротивником по об'єктах, що обороняються [2].

## Список літератури

1. Королюк Н.А. Оценка временных интервалов работы лица, принимающего решение, на автоматизированном командном пункте / Н.А. Королюк, А.И. Тимочко // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 8(48). – С. 51-54.
2. Городнов В.П. Моделирование боевых действий Військ (Сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними: монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
2. Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія / В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов та ін. // За ред. В.І. Ткаченка, Є.Б. Смірнова. – Х.: ХУПС, 2008. – 545 с.
3. Гороценко Л.Б. Принципы автоматизации управления боевыми действиями истребительной авиацией: Учебное пособие / Л.Б. Гороценко. – М.: Воениздат, 1979. – 134 с.
4. Гроссман И. Группы и их графы / И. Гроссман, В. Магнус. – М.: Мир, 1971. – 247 с.
5. Ярушек В.Е. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в Войсках ПВО / В.Е. Ярушек. – Х.: ВИРТА ПВО, 1987. – 324 с.
6. Шеридан Т.Б. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решения человеком-оператором: пер. с англ. под ред. К.В. Фролова / Т.Б. Шеридан, У.Р. Феррелл. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.
7. Эргономика: Принципы и рекомендации: Методическое руководство. – М.: ВНИИТЭ, 1983. – 76 с.
8. Герасимов Б.М. Эргономический анализ деятельности оператора автоматизированных систем / Б.М. Герасимов, Б.М. Егоров, А.В. Линник. – К.: КВИРТУ ПВО, 1979. – 158 с.
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

Надійшла до редколегії 11.05.2011

Рецензент: д-р військ. наук, проф. Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОФИЦЕРА БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОПЕРАЦИЙ НА АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПУНКТЕ НАВЕДЕНИЯ

А.И. Волков, Г.В. Певцов, А.И. Тимочко

Предложена модель деятельности лица, принимающего решение, при назначении воздействий по воздушным целям с автоматизированного пункта наведения. Модель деятельности представляет собой ориентированный граф. Она используется для оценки времени, затрачиваемого на принятие решений. Основные операции, выполняемые офицером боевого управления, представлены совокупностью последовательных элементарных действий, время выполнения которых является случайной величиной. Определены содержание вершин графа, смысл и последовательность переходов между вершинами.

**Ключевые слова:** принятие решения, истребительная авиация, пункт наведения, управление, оперативность, время выполнения, случайная величина.

### A METHOD OF ESTIMATION OF POSSIBILITIES OF OFFICER OF BATTLE MANAGEMENT TO IMPLEMENTATION OF OPERATIONS ON THE AUTOMATED POINT OF AIMING

O.I. Volkov, G.V. Pevtsov, O.I. Timochko

The model of activity of person which makes a decision is offered, at the purpose of operating under air aims from the automated point of aiming. The model of activity is the oriented count. It is utilized for the estimation of time which is outlaid on making a decision. Basic operations which are executed the officer of battle management are presented the aggregate of successive elementary actions, time of implementation of which is a casual size. Maintenance of tops of count, sense and sequence of transitions, is certain between tops.

**Keywords:** decision-making, fighter aircraft, point of aiming, management, operativeness, time of implementation, casual size.