

УДК 623.765:614.84

М.А. Павленко, С.Г. Шило, І.О. Борозенець, Ю.І. Полонський

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## РОЗПОДІЛ ЧАСУ ОЦІНКИ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ОСОБОЮ, ЩО ПРИЙМАЄ РІШЕННЯ, В ДИСПЕТЧЕРСЬКІЙ СЛУЖБІ ЄДИНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ РУХОМ

У статті запропоновано використання часткового випадку бета-розподілу для оцінки часового інтервалу виконання функціональних задач особами, що приймають рішення щодо ситуації повітряної обстановки в межах зони відповідальності диспетчерської служби єдиної системи управління повітряним рухом. Отримано аналітичні вирази та визначено переваги запропонованого розподілу.

**Ключові слова:** особа, що приймає рішення, повітряна а обстановка, інформаційна модель, ймовірнісна оцінка часу прийняття управлінських рішень.

### Вступ

**Постановка задачі.** Результати досліджень діяльності осіб, що приймають рішення (ОПР), в диспетчерській службі єдиної системи управління повітряним рухом, в ході оцінки повітряної обстановки (ПО), та прийняття складних управлінських рішень з приводу реагування на них, свідчать про необхідність удосконалення методів роботи з інформаційними моделями (ІМ) ПО на індивідуальних та колективних засобах відображення інформації диспетчерських пунктів. При цьому час на інформаційний пошук та сприйняття основних та допоміжних ознак ІМ ПО являє собою випадкову функцію, що залежить від складності ПО, особистих психофізіологічних якостей ОПР та якості інформаційного забезпечення діяльності служби управління повітряним рухом. Тому питання щодо визначення законів розподілу інтервалів часу вирішення функціональних задач ОПР є актуальними та такими, що потребують вирішення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Діяльність операторів в складних ергатичних системах, достатньо повно досліджена в ряді робіт, присвячених проблематиці ергономіки та інженерної психології [1 – 4]. Згадані роботи дозволяють отримати формалізовані описи функціональної діяльності при вирішенні задач управління ОПР.

В роботі [4] запропоновано виділити основні та допоміжні дії ОПР в процесі сприйняття та оцінки інформації, а також отримано аналітичні вирази для оцінок часових характеристик процесу інформаційного пошуку. Відкритими та недостатньо розглянутими є питання щодо обґрунтування закону розподілу часу виконання основних функціональних операцій оцінки ПО ОПР в інтересах вирішення управлінських задач.

**Мета і завдання даного дослідження.** отримати закони розподілу для оцінки часового інтервалу

виконання функціональних задач ОПР, щодо оцінки повітряної обстановки в межах зони відповідальності диспетчерської служби єдиної системи управління повітряним рухом.

### Основна частина

**Постановка завдання та його вирішення.** В часовій площині розглядається процес діяльності ОПР щодо оцінки ПО. Складові даного процесу, а саме сприйняття інформації про ситуацію ПО, що склалася, її ототожнення з апріорними даними, узагальнення ПО, підготовка та ухвалення управлінських рішень, а також видача інформації замовникам обмежуються часовим інтервалом  $[t_{\min}, t_{\max}]$ .

Нижня межа –  $t_{\min}$ , обумовлена часом отримання вхідної інформації про ПО від джерел (інформація від радіолокаційних засобів, дані оповіщення), верхня межа –  $t_{\max}$ , визначається часом доведення розпоряджень та усвідомлення отриманих завдань виконавцями.

Необхідно визначити вид закону розподілу часу виконання операцій оцінки ПО, який дозволяє з припустимою точністю отримувати оцінки для аналізу діяльності оперативного персоналу диспетчерської служби.

Результати дослідження діяльності ОПР свідчать, що розподіли випадкових значень часу вирішення ними задач при роботі з інформаційними моделями, як правило, є обмеженими, унімодальними та несиметричними [4].

Обмеження розподілу часу знизу ( $t_1$ ) витікає з того, що складові часу виконання окремих функціональних операцій оцінки ПО обов'язково мають кінцеві значення. Внаслідок цього величина проміжку  $\tau$ , що характеризує інтервал часу виконання функціональної операції, не може бути меншою від деякого мінімального гранично можливого значення. Обмеження розподілу часу згори ( $t_2$ ) витікає з

того, що ПО оцінюється досвідченим, спеціально підготовленим фахівцем предметної галузі, який володіє апріорними знаннями та має достатній рівень підготовки.

Практика ергономічних досліджень свідчить, що одні й ті самі дослідні розподіли часу вирішення завдань можуть бути апроксимовані різними законами розподілу ймовірностей.

Найпоширенішим є використання усіченого нормального розподілу ймовірностей часу виконання робіт виду:

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{C}{\sqrt{2\pi\sigma_H^2}} \exp\left\{-\frac{(\tau-t_H)^2}{2\sigma_H^2}\right\}, & \text{при } \tau \geq t_1; \\ 0, & \text{при } \tau < t_1, \end{cases}$$

де  $t_H$  і  $\sigma_H^2$  – математичне сподівання та дисперсія вихідного (не усіченого) нормального розподілу;

$t_1$  – мінімальний час вирішення завдання;

$C$  – нормуючий множник.

Також існує точка зору, згідно з якою час вирішення завдання підпорядковується закону Пірсона (типу  $\chi^2$ ), а також – закону Ерланга. Ці закони є частковими випадками гама-розподілу, що має вигляд

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{\alpha^v}{\Gamma(v)} (\tau-t_1)^{v-1} \exp\{-\alpha(\tau-t_1)\}, & \text{при } \tau \geq t_1; \\ 0, & \text{при } \tau < t_1, \end{cases}$$

де  $v$  – параметр форми;

$\alpha$  – параметр масштабу;

$t_1$  – параметр зсуву;

$M(\tau) = \frac{v}{\alpha}$  – математичне сподівання;

$D(\tau) = \frac{v}{\alpha^2}$  – дисперсія; ( $\alpha > 0$ ), ( $\tau > 0$ );

$\Gamma(v) = \int_0^{\infty} Z^{v-1} e^{-Z} dz$  – гама функція Ейлера.

З практичної точки зору, малоімовірним є припущення, що вирішення задачі відбудеться за час, який наближується до значення  $t_1$ .

Спираючись на це, більш доцільним є вибір останнього розподілу.

Крім розглянутих розподілів ймовірностей в ході проведення досліджень були висунуті та перевірені ще дві гіпотези.

Згідно з першою – розподіл є логарифмічно-нормальним, і якщо позначити:

$$m = m_x^2 \sqrt{\frac{1}{\sigma_x^2 + m_x^2}},$$

$$\sigma = \sqrt{2 \ln \frac{m_x}{m}},$$

то має такий вигляд:

$$f(\tau) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma(\tau-t_1)}} \times \\ \times \exp\left\{-\ln(\tau-t_1) - m^2 \frac{1}{2\sigma^2}\right\}, & \text{при } \tau \geq t_1; \\ 0, & \text{при } \tau < t_1, \end{cases}$$

де  $m_x$  та  $\sigma_x$  – параметри нормального розподілу.

Для такого випадку, крім обраних значень  $t_1$  та  $t_2$ , необхідно мати в наявності апріорну інформацію про інші параметри, котрі складно оцінити.

Друга гіпотеза – бета-розподіл, щільність ймовірності якого задається виразом

$$f(\tau) = \begin{cases} (\tau-t_1)^m (t_2-\tau)^n C, & \text{при } \tau > t_1, \tau < t_2; \\ 0, & \text{при } \tau \leq t_1, \tau \geq t_2, \end{cases}$$

де  $t_1$  та  $t_2$  – межі області розподілу випадкової величини;

$m$  і  $n$  – покажчики ступеню, причому ( $m > -1$ ,  $n > -1$ );

$C$  – нормуючий множник.

Для задачі, яка розглядається найбільш доцільним є використання часткового випадку бета-розподілу, при якому зниження точності оцінок є несуттєвим

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

Математичне сподівання часу вирішення завдань оператором  $M(\tau)$  та дисперсія  $D(\tau)$  при цьому складають таке:

$$M(\tau) = \frac{3t_1 + 2t_2}{5},$$

$$D(\tau) = 0,04(t_2 - t_1)^2.$$

Суттєвою перевагою даного розподілу ймовірностей є те, що для оцінки параметрів розподілу достатньо мати в наявності лише інформацію про  $t_1$  та  $t_2$ .

Правомірність використання даного розподілу ймовірностей в завданні, що розглядається, підтверджують результати дослідження.

Експериментально отримані розподіли часу вирішення ОПР інформаційних задач порівнювались з дослідженими теоретичними розподілами.

Узгодження розподілів з емпіричними оцінювалось за критерієм Пірсона –  $\chi^2$ .

Ймовірності узгодження теоретичних розподілів з емпіричними дуже близькі і мають відповідно такі значення:

- для усіченого нормального – 0,4;
- для логарифмічно нормального – 0,3;
- для бета розподілу – 0,35;
- для гама розподілу – 0,4.

Такий результат дозволяє використовувати при дослідженні діяльності особи, що приймає рішення, щодо оцінки повітряної обстановки часткового випадку бета-розподілу ймовірностей, а для орієнтовної оцінки математичного сподівання часу вирішення інформаційних задач – часу вирішення завдань оператором та дисперсія.

На користь запропонованого рішення також свідчить такий результат.

Порівняння квантильних оцінок часу вирішення інформаційних задач показує, що при рівні 0,9 максимальна похибка в визначенні  $t_{0,9}$  для проаналізованих теоретичних розподілів в середньому складає не більш ніж  $\Delta t_{0,9} = 0,04t_{0,9}$ .

В практичному аспекті, використання запропонованих виразів дозволяє отримати оцінки середнього часу вирішення основних та допоміжних завдань особи, що приймає рішення, в процесі оцінки повітряної обстановки диспетчерською службою управління повітряним рухом.

## Висновки

В результаті для отримання значень математичного сподівання часу вирішення завдань особи, що приймає рішення, при оцінці повітряної обстановки в різних ситуаціях, що складаються, а також для часу вирішення допоміжних задач.

При цьому показано, що достатнім є встановлення мінімального та максимального значень часу їх вирішення особою, що приймає рішення.

Експериментально підтверджено правомірність використання запропонованого часткового випадку бета-розподілу для отримання оцінок середнього часу вирішення функціональних задач по оцінці повітряної обстановки.

Подальшим напрямом досліджень слід вважати розробку методів формування інформаційної моделі повітряної обстановки, та управління відбором ознак, що надає можливість адаптивно відбирати на відображення інформаційні ознаки повітряної обстановки, які були б найбільш адекватні конкретній ситуації, що склалася в повітряному просторі.

## Список літератури

1. Душков Б.А. *Инженерно-психологические основы конструкторской деятельности* / Б.А. Душков, Б.А. Смирнов, В.А. Терехов. – М.: Высшая школа, 1990. – 270 с.
2. Пятков Ю.П. *Организація управління у військово-технічних системах* / Ю.П. Пятков, І.О. Борозенець, С.А. Войтович, І.О. Романенко. – Харків : ХУПС, 2009. – 239 с.
3. Человеческий фактор. В 6-ти т. Т. 4. *Эргономическое проектирование деятельности и систем*. Пер. с англ./ Дж. О'Брайен, Х. Ван Котт, Дж. Вежер и др. – М.: Мир, 1991. – 495 с.
4. Шило С.Г. *Модель оцінки оперативної обстановки надзвичайної ситуації оперативно-диспетчерською службою МНС* / С.Г. Шило, І.О. Борозенець, А.Б. Феценко // *Збірник наукових праць УЦЗ України*. Вип. 9. – Харків: УЦЗУ, 2009. – С. 170-176.

Надійшла до редколегії 3.05.2016

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ОЦЕНКИ ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКИ ЛИЦА, ПРИНИМАЮЩЕГО РЕШЕНИЕ, В ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЕ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

М.А. Павленко, С.Г. Шило, И.А. Борозенец, Ю.И. Полонский

*В статье предложено использование частного случая бета-распределения для оценки временного интервала выполнения функциональных задач лицами, принимающими решения по ситуации воздушной обстановки в зоне ответственности диспетчерской службы единой системы управления воздушным движением. Получены аналитические выражения и определены преимущества предложенного распределения.*

**Ключевые слова:** лицо, принимающее решение, воздушная обстановка, информационная модель, вероятностная оценка времени принятия управленческих решений.

## ALLOCATION OF TIME MAINTAIN SITUATIONAL AWARENESS, DECISION MAKERS IN THE DISPATCHING SERVICES UNIFIED AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM

M.A. Pavlenko, S.G. Shilo, I.A. Borozenets Y.I. Polonski

*This paper proposed the use of the special case of the beta distribution for estimating the time interval perform functional tasks of decision-makers on the situation of air situation in the zone of responsibility of the dispatch service a single air traffic control system. Analytical expressions are obtained and identified the benefits of the proposed distribution.*

**Keywords:** the decision-maker, airy environment, information model, a probabilistic assessment of the adoption of administrative decisions.