

УДК 355. 58.001; 656.7.076

А.С. Рогозін¹, А.В. Гурник²¹ Національний університет цивільного захисту України² Український науково-дослідний інститут цивільного захисту Київ

МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ АВІАЦІЄЮ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ АВІАЦІЙНИХ РОБІТ З ПОШУКУ І РЯТУВАННЯ

Здійснено логіко-математичний опис процесу виявлення об'єктів авіацією під час проведення авіаційних робіт з пошуку і рятування. Проведено аналіз впливу множини факторів різного походження на ймовірність виявлення об'єктів пошуку в заданому районі.

Ключові слова: авіаційні роботи з пошуку, способи пошуку, сили і засоби пошуку, фактори впливу, ймовірність виявлення, дієвість пошуку.

Вступ

Постановка проблеми. Одним з основних завдань забезпечення безпеки населення та територій країни є своєчасне реагування сил та засобів цивільного захисту на кризову ситуацію. Особливе місце в системі реагування займають авіаційні роботи з пошуку і рятування.

Рятувальній фазі авіаційних робіт з пошуку і рятування (АРПР) передують авіаційні роботи з пошуку (АРП).

Але через проведення АРП в умовах невизначеності й під впливом безлічі різноманітних факторів, рятувальна фаза АРПР може не розпочатися, оскільки роботи з виявлення місцезнаходження об'єкту пошуку, не дивлячись на докладені зусилля, інколи не дають позитивного результату.

Аналіз літератури. У науково-дослідній роботі [2] створено науково-методичне підґрунтя розвитку та удосконалення авіаційного пошуку і рятування в єдиній системі проведення авіаційних робіт з пошуку і рятування в Україні (ЄСПАРПР). Зокрема проведено аналіз стану ЄСПАРПР й розроблено нову ієрархічну схему критеріїв і факторів експертної оцінки складових її компонентів. В результаті проведення експертного оцінювання було визначено ранжирування пріоритетності факторів зовнішніх та внутрішніх впливів на величину критерію для оцінки дієвості складових компонентів ЄСПАРПР. Ці дані опираються в основному на емпіричне прогнозування, через що надають неповну інформацію про кількісний опис прогнозу щодо вірогідності виявлення об'єктів пошуку.

Постановка завдання. Вивчення закономірностей виявлення об'єктів пошуку, заснованих на дослідженнях і логіко-математичному описі прогнозування результату дій пошуково-рятувального повітряного судна й інших пошуково-рятувальних повітряних сил (ПРПС, далі – спостерігач) дозволить вибрати найбільш ефективний спосіб дій для пошуку

об'єктів в різних умовах. Існує необхідність, в умовах застосування високих технологій і вимог стандартів Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) до пошуку [3], у підвищенні наукової обґрунтованості використовувати закономірності виявлення об'єктів пошуку, що надасть можливість більш дієво виявляти об'єкти пошуку, використовуючи логіко-математичний опис поєднаний з практичним досвідом прогнозування результату дій.

Основна частина

При проведенні робіт з пошуку і рятування, обов'язковою умовою є максимальна оперативність надання допомоги.

Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) достатньо часто залучає до робіт з пошуку і рятування ПРПС [4], особливо коли роботи проводяться у віддалених або важкодоступних районах із складним рельєфом місцевості тощо. Це дозволяє значно скоротити час на пошук постраждалих, що значно підвищує шанси зберегти людські життя [5, 6].

Немаловажним є те, що залучення ПРПС дозволяє помітно зменшити кількість інших сил і засобів, які залучаються до пошуково-рятувальних робіт, тобто проведення АРПР може бути економічно оправданим, навіть не дивлячись на високу вартість експлуатації ПРПС.

Інколи АРП тривають тижнями і займають переважно значний відсоток загальних трудовитрат АРПР. Рятувальна фаза АРПР зазвичай зводиться до отримання доступу до постраждалого, стабілізації його стану й евакуації. Інколи рятувальна фаза АРПР так і не починається, оскільки роботи з виявлення місцезнаходження об'єкту пошуку, не дивлячись на докладені зусилля, не дають позитивного результату.

У той же час, корінні кількісні й якісні зміни в галузі цивільного захисту призводять до постійного зростання технічної оснащеності пошуково-рятувальних формувань новітніми засобами пошуку, удоско-

налення способів проведення АРПР [7] і відповідно це потребує певного наукового супроводження [8].

Наукове супроводження проблем організації та проведення АРПР [9] в контексті розвитку високих технологій є основою створення сприятливих умов для більш дієвого використання можливостей ПРПС. Одним із його напрямів є прогнозування результатів АРПР для оцінки ступеня їх відповідності поставленому завданню в умовах невизначеності і впливі факторів, як детермінованого так і стохастичного характеру.

Прогноз повинен ґрунтуватись на логіко-математичному описі закономірностей АРПР, що в свою чергу дозволить вводити відповідні критерії дієвості АРП. Найбільш поширеною теорією наукової організації пошуку об'єкта є оцінка ймовірності виявлення об'єкта пошуку (Р) тим чи іншим способом та складом сил і засобів.

АРП, як процес, завжди пов'язані з рухом або спостерігача, або об'єкту пошуку, або того і другого одночасно. Головним завданням спостерігача є своєчасне виявлення об'єкта пошуку. А вірогідність знайти цей об'єкт у визначений час, після встановлення обстежуваного району пошуку, являється головним показником дієвості пошуку.

Закономірність руху і положення спостерігача та об'єкта пошуку в заданому районі, з урахуванням впливу на них факторів, в кожний даний момент часу визначається координатами. У цьому випадку доцільно розглядати об'єкти в полярній системі координат.

У цій системі координат з центром А, яким, наприклад, може бути аеродром чергування ПРПС, є можливість визначити взаємне розташування спостерігача й об'єкту пошуку на певній відстані в довільний момент часу t .

Основні характеристики положення і руху спостерігача та об'єкта пошуку у полярній системі координат наведено на рис. 1.

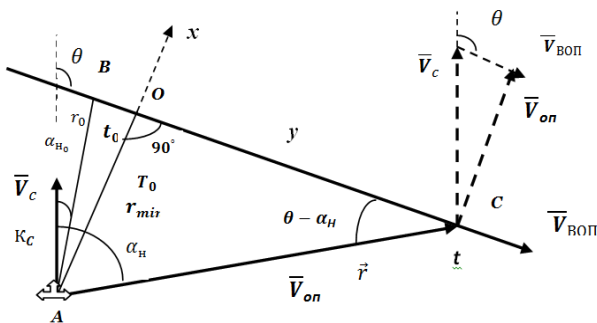


Рис. 1. Рух об'єкта пошуку і спостерігача

Рух спостерігача під час пошуку можна характеризувати швидкістю \bar{V}_C , курсом K_C та кутом різниці курсів α_H з об'єктом пошуку, а рух об'єкту пошуку \bar{V}_{OP} , відносно спостерігача – швидкістю $\bar{V}_{VOП}$, та відносним курсом θ .

Відносну швидкість об'єкта пошуку $\bar{V}_{VOП}$, можна описати рівняннями через абсолютні величини \bar{V}_C , і \bar{V}_{OP} , й курсові кути θ і α_H :

$$\bar{V}_{VOП}^2 = V_C^2 + V_{OP}^2 - 2V_C \cdot V_{OP} \cdot \cos \alpha_H; \quad (1)$$

$$\sin \theta = \frac{V_{OP}}{V_C} \cdot \sin(\theta - \alpha_H), \quad (2)$$

$$\bar{V}_{VOП} = -V_C \cdot \cos \theta \pm \sqrt{V_{OP}^2 - V_C^2 \cdot \sin^2 \theta}. \quad (3)$$

Наведені співвідношення дозволяють описати рух спостерігача і об'єкту пошуку, але без визначення взаємного їх розташування в довільний момент часу t .

Для вирішення цієї задачі, зважаючи що під час пошуку місцезнаходження спостерігача відоме, приймемо за полярну вісь пряму, що співпадає з лінією курсу (напрямок руху – K_C) спостерігача з початком відліку у точці А – місцезнаходження спостерігача. За радіус-вектор приймемо відстань від спостерігача до об'єкту пошуку.

При зростанні часу такі величини як радіус вектор і полярний кут будуть змінюватися. Якщо у початковий момент часу значення радіуса-вектора й полярного кута відповідно дорівнювали r_0 і α_{H0} , то в довільний момент часу t значення \bar{r} , можна визначити наступним чином:

$$\bar{r} = r_0 + (t - t_0) \cdot V_{VOП} \quad (4)$$

Із урахуванням (4), можемо записати:

$$\bar{V}_{VOП}^2 (t - t_0)^2 = r^2 + r_0^2 - 2r \cdot r_0 \cdot \cos(\alpha_H - \alpha_{H0}). \quad (5)$$

Підставимо замість $\bar{V}_{VOП}$ його визначення з (1):

$$V_C^2 + V_{OP}^2 - 2V_C \cdot V_{OP} \cdot \cos \alpha_H = r^2 + r_0^2 - 2r \cdot r_0 \cdot \cos(\alpha_H - \alpha_{H0}). \quad (6)$$

Відповідно до співвідношення (6) у всіх випадках між спостерігачем і лінією відносного руху об'єкта пошуку завжди є певна відстань, яку визначимо наступним чином:

$$r_{\min} = \bar{r} \cdot \sin(\theta - \alpha_H). \quad (7)$$

Де r_{\min} є напрямом, перпендикулярним напрямку руху об'єкту пошуку (траверз на дальність).

З урахуванням, що траверзна дальність вимірюється по перпендикуляру до об'єкту пошуку, є можливість перейти до прямокутної системи координат з віссю абсцис x по відносній траверзі та з віссю ординат по лінії відносного руху об'єкту пошуку $\bar{V}_{VOП}$ з початком координат у точці найближчого зближення О. Тоді місце знаходження об'єкту пошуку в довільний момент часу можна знайти по його координатах:

$$\begin{aligned} x - \text{const} &= \bar{V}_{VOП}(t - T_0); \\ r^2 &= x^2 + y^2; \\ \alpha_H &= \theta - \arctg x / y, \end{aligned} \quad (8)$$

де T_0 – момент максимального зближення спостерігача з об'єктом пошуку.

Спостерігачу, як правило, ніколи не відомі кінематичні характеристики об'єкту пошуку, що можуть визначити його місцезнаходження в довільний момент часу.

Більшість з величин, що характеризують рух та місцезнаходження об'єкту пошуку відносно спостерігача, є випадковими, також з практики відомо, що дієвість ведення АРПР залежить від впливу низки основних й безлічі інших різноманітних другорядних факторів, які характеризують: об'єкт пошуку; технічні засоби пошуку; зовнішнє середовище, що впливає на сили й засоби пошуку й їх робочі характеристики (фактори). Ці фактори можуть кардинально впливати на імовірнісні закономірності виявлення об'єктів пошуку в заданому районі (секторах заданого району), попередні значення їх дії іноді пропонуються для врахування під час організації АРПР, базуючись лише на досвіді.

У той же час, за результатами більш детального вивчення впливу факторів на дієвість АРПР, опираючись на результати наукових досліджень у поєднанні з досвідом, визначення їх дії може бути більш точним. На всі способи пошуку буде впливати функція, що враховує зниження дієвості сил і засобів пошуку під впливом різноманітних факторів. Ці фактори на практиці точно й докладно не завжди фіксуються не проводиться аналіз причин й умов їх виникнення, що не дає можливості визначення рівня впливу на дієвість сил.

Висновки

Запропонований логіко-математичний опис процесу пошуку дозволяє оцінити ймовірності знаходження об'єкту пошуку, спрогнозувати результат пошукових заходів; для покращення дієвості АРПР по виявленню об'єктів мають постійно аналізуватися фактори впливу на їх пошук, а закономірності їх дії досліджуватись системно.

Список літератури

1. Абчук В.А. Поиск объектов / В.А. Абчук, В.Г. Суздаль. – М.: Советское радио, 1977. – 336 с.
2. Аналіз функціонування системи авіаційного пошуку і рятування в Україні та визначення шляхів підвищення її ефективності / УкрНДІ ЦЗ НДЦ авіації, НДР "Авіапошук-ефективність", К, 2013. – 229 с.
3. Doc 7333-AN/a59. Руководство по поиску и спасанию. ИКАО. – Изд. 4, 1994.
4. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році [Текст]: нац. доповідь (травень 2014) / керівник підготовки Національної доповіді Євдін О.М. – К.: ДСНС України, 2014. – С. 412-419. [Електронний ресурс.] – Режим доступу до ресурсу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html.
5. Постанова Кабінету Міністрів України № 1037 «Про заходи щодо вдосконалення організації та проведення авіаційних робіт з пошуку і рятування» від 14 листопада 2012 р. [Електронний ресурс.] – Режим доступу до ресурсу: http://www.mns.gov.ua/content/laws_post.html.
6. Статистичний щорічник України за 2013 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.twirpx.com/file/1268648/>.
7. Закон України № 5403-VI р. із змінами «Про Кодекс цивільного захисту України» від 02 жовтня 2012 р. [Електронний ресурс.] – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17/page>.
8. Наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій № 495 «Про затвердження Положення про організацію наукової і науково-технічної діяльності в ДСНС України» від 29 липня 2013 р. [Електронний ресурс.] – Режим доступу до ресурсу: <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-polozhennja-pro-organizaciyu-naukovoyi-i--doc160249.html>.
9. Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України № 1182 «Про організаційно-штатні заходи в Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту МНС України» від 9 листопада 2011 р. [Електронний ресурс.] – Режим доступу до ресурсу: <http://mns.gov.ua/content/2011.html>.

Надійшла до редколегії 11.08.2014

Рецензент: д-р техн. наук, О.М. Соболев, Національний університет цивільного захисту України, Харків.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЯВЛЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АВИАЦИЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВИАЦИОННЫХ РАБОТ ПО ПОИСКУ И СПАСАНИЮ

А.С. Рогозин, А.В. Гурник

Выполнено логико-математическое описание процесса выявления объектов авиацией во время проведения авиационных работ по поиску и спасанию. Проведен анализ влияния множества факторов разного происхождения на вероятность выявления объектов поиска в заданном районе.

Ключевые слова: авиационные работы поиска, способы поиска, силы и средства поиска, факторы влияния, вероятность выявления, действенность поиска.

THE MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE PROCESS OF DETECTION OF OBJECTS DURING AERIAL WORK IN SEARCH AND RESCUE

A.S. Rogozin, A.V. Gornik

Achieved logical-mathematical description of the process of identifying objects during aerial work in search and rescue. The analysis of the influence of many factors of different origin on the probability of detection of objects in a given search area.

Keywords: aerial work search, search methods, factors of influence, the probability of detection, the effectiveness of the search.