

ЗАДАЧА УПРАВЛІННЯ РУХОМИМИ ЗАСОБАМИ ДЛЯ РОЗВІДКИ ТА МОНІТОРИНГУ РАДІАЦІЙНОЇ, ХІМІЧНОЇ, БІОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ

Слободяник В.А.¹, Лисенко О.І.²

1. *Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України*

2. *Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського*
E-mail: Slobo19dianyk64@ukr.net

Problem of management by movements for reconnaissance and monitoring of radiation, chemical, biological situation

The mathematical problem of management for mobile intelligence and monitoring of radiation, chemical, biological situation is proposed. By its statement, the problem relates to a class of continuous linear multiproduct problems of optimal splitting of sets with the search for the coordinates of the centers of subsets. Its decision requires forecasting the behavior of a two-dimensional field of risk in time.

В системі захисту військ та населення від загроз радіаційного, хімічного, біологічного (далі РХБ) характеру важливу роль відіграє підсистема розвідки та моніторингу РХБ обстановки. Під моніторингом будемо розуміти постійне спостереження за певною ділянкою місцевості, а під розвідкою - обстеження деякої території для отримання інформації про РХБ обстановку, що склалася. Моніторинг РХБ обстановки здійснюється мережею стаціонарних спостережних постів, до складу яких входять прилади РХБ розвідки та засоби зв'язку. Автоматизовані спостережні пости (Рис.1) зав'язуються в єдину мережу, формуючи локальну автоматизовану систему управління РХБ моніторингом. До складу мережі додатково входить метеорологічний комплект та пункт управління з технічними і програмними засобами збору, обробки, відображення і передачі РХБ інформації вищестоящим штабам, та оповіщенням військ (населення) в разі загрози РХБ ураження. Головне завдання локальних систем моніторингу – захист персоналу об'єктів критичної інфраструктури як військового, так і цивільного призначення.



Рис. 1. Вигляд технічних засобів оснащення автоматизованих спостережних постів за РХБ обстановкою EnVision Gossamer (виробництва Envirognics, Фінляндія) та шведського рухомого засобу розвідки Patria HA-203 (виробництва Patria, Фінляндія).

Рухомі засоби (рис. 1) є більш універсальними та можуть виконувати завдання як моніторингу, так і розвідки РХБ обстановки. Вони включають в себе як вузькоспеціалізовані лабораторії для окремого виду розвідки – радіаційного, хімічного або біологічного, так і комбіновані рухомі засоби – машини РХ розвідки, РХБ розвідки, машини РХБ розвідки з дистанційними засобами виявлення вражаючих факторів РХБ характеру, тощо. Всі рухомі засоби за принципом побудови та функціонування є складними системами, до складу бортового обладнання яких входять різноманітні прилади РХБ розвідки, засоби обробки інформації, зв'язку та передачі даних, засоби відбору та збереження проб, маркування місцевості, топонавігації, тощо.

Рухомі засоби для розвідки та моніторингу РХБ обстановки також зав'язуються в єдину мережу, конфігурація якої весь час змінюється в залежності від обстановки. Керування такою системою на даний час є слабоформалізованим та більшою мірою залежить від досвіду осіб, що приймають рішення.

В роботах [1],[2] розглянуто підходи до формалізації процесів керування такими системами, що дозволяють зменшити ефект суб'єктивності при прийнятті управлінських рішень. Проте математичні постановки задач управління для такого класу систем представлені лише у загальному вигляді.

Сформулюємо постановку задачі управління рухомими засобами для розвідки та моніторингу радіаційної, хімічної, біологічної обстановки. Розглянемо дві групи полів – $R^j(x, y, t), \psi^j(x, y, t)$, де j - фактори ураження радіаційного, хімічного та біологічного характеру. Поля $R^j(x, y, t)$ назвемо полями ризику, що характеризують ймовірність ураження незахищеного особового складу (населення) в області двовірного простору Ω в момент часу t , а поля $\psi^j(x, y, t)$ - відповідно полями моніторингу та розвідки, що характеризують ймовірність виявлення j -а вражаючого фактору в точці $(x, y) \in \Omega$ в момент t .

Припустимо, що в деякому районі двовірного простору Ω в момент часу $t = t_0$ розташовані N рухомих засобів розвідки та моніторингу РХБ обстановки, кожен з яких формує певне первинне мобільне поле моніторингу та розвідки $\varphi_{i\hat{a}}^j(x, y, t_0, \tau_{k0}); j = \overline{1..J}; k = \overline{1..N}$ по множині вражаючих факторів J . Додатково нехай виконується умова $\exists t \in [t_0, t_0 + T], \exists j \in J, \exists (x, y) \in \Omega: R^j(x, y, t) \geq R_{i\hat{a}}$, яка характеризує наявність зон підвищеного ризику РХБ ураження на проміжку часу T . Необхідно на задані моменти часу $t_0 \leq t_c \leq t_0 + T; c = \overline{1..C}$ визначити координати рухомих засобів $\tau_{kc}; k = \overline{1..N}(t_c)$ та знайти такі функції $\psi^j(x, y, t_c)$, щоб виконувалась умова:

$$\sum_{c=1}^T \sum_{j=1}^J \iint_{\Omega_c} R^j(x, y, t_c) [1 - \psi^j(x, y, t_c)] dx dy \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\psi^j(x, y, t_c) = 1 - \overline{\varphi_{i\hat{a}}^j}(x, y) \overline{\psi_{i\hat{a}}^j}(x, y, t_c); \psi_{i\hat{a}}^j(x, y, t_c) = 1 - \prod_{k=1}^{N(t_c)} \overline{\varphi_{i\hat{a}}^j}(x, y, t_c, \tau_{kc}); j = \overline{1..J} \quad (2)$$

з обмеженнями:

$$\forall c, \forall j: \Omega_{ic}^j \cap \Omega_{nc}^j = \emptyset; \forall j: \bigcup_n \Omega_{nc}^j = \Omega_c^j \equiv \Omega_c; i, n \in 1 \dots N; i \neq n \quad (3)$$

$$\left\{ \tau_{kc} : \iint_{x, y \in S(\tau_{kc})} R^j(x, y, t_c) dx dy > 0 \right\}; j \in \{1 \dots J\} \quad (4)$$

$$\forall j: 0 \leq \varphi_{i \hat{a}}^j(x, y, t_c, \tau_{kc}); \varphi_{c \hat{o}}^j(x, y); R^j(x, y, t_c) \leq 1 \quad (5)$$

$$\exists \Omega_z \subset \Omega_c : \forall k, \forall c: \tau_{kc} \notin \Omega_z; z = 1, \dots, Z; \quad (6)$$

$$\|\tau_{k(c+1)} - \tau_{kc}\| \leq \bar{v}(t_{c+1} - t_c) \quad (7)$$

де $\varphi_{\hat{a}}(x, y)$ - статична частина поля моніторингу та розвідки, яка формується стаціонарними спостережними постами, та вважається незмінною на проміжку часу T , причому $\bar{\varphi}_{\hat{a}}(x, y) = 1 - \varphi_{\hat{a}}(x, y)$; $S(\tau_{ok})$ - круг радіуса r_g з центром в точці τ_{ok} , являє собою максимальну площу, що контролюється k -им рухомим засобом; Ω_z - зони забороненого доступу, в яких розміщення рухомих ресурсів не можливе; \bar{v} - середня швидкість переміщення рухомих засобів.

Задача (1)-(2) з обмеженнями (3)-(7) по своїй постановці може бути віднесена до класу безперервних лінійних багатопродуктових задач оптимального розбиття множин з пошуком координат центрів підмножин, що розглянуті у роботах Е.М.Кисельової та її школи [3],[4]. Рішення таких задач потребує знання функцій $R^j(x, y, t)$, що можуть бути знайдені за допомогою підходів, висвітлених у роботах [5],[6],[7].

Література

1. Слободяник В.А., Бичков А.М., Долгаленко О.В. Аналіз структури та функцій перспективної автоматизованої системи управління РХБ захистом військ // Зб. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – К.:ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2013. – Вип. № 1 (48). - С.187-195.
2. Слободяник В.А. Підхід до створення перспективної автоматизованої системи управління РХБ захисту військ // Зб. наук. праць ЦНДІ ОВТ ЗС України. – К.:ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2016. – Вип. № 1 (60). - С.156-162.
3. Киселева Е.М. Теория оптимального разбиения множеств в задачах распознавания образов, анализа и идентификации систем / Е.М.Киселева, Л.С.Коряшкина, С.А.Ус / МОН Украины; Нац. ун-т. – Д.:НГУ, 2015.-270с.
4. Киселева Е.М. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств и г-алгоритмы / Е.М.Киселева, Л.С.Коряшкина; Днепропетр. Нац. ун-т им.Олеся Гончара. – Киев: Наукова думка, 2015.-398с.
5. Слободяник В.А., Чумаченко С.М. Оцінка ризику застосування зброї масового ураження та еквівалентних за наслідками руйнувань особливо небезпечних об'єктів протягом воєнного конфлікту// ПІММС НАНУ, Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика, 2008. - С. 49-52.
6. Lysenko O. Resource-constrained project scheduling task and their application for conflict scenarios modelling / O.Lysenko, E.Tachinia, V.Slobodanyk // Proceedings of the third world congress Aviation in the XXI-st century. Safety in aviation and space technology. Volume1. September 22-24, 2008. Kyiv, Ukraine. – Paige 15.38-15.40
7. V.Slobodanyk Control system CBRN protection of troops, based on the fields of CBRN risks // ЗНП ВІКНУ КНУ. – К.: ВІКНУ КНУ, 2012. - №36. – С.77-80.