PHÂN CHIA TỐI ƯU NHÓM UAVs ĐA CHỨC NĂNG THEO CÁC CHỈ SỐ AN TOÀN BẰNG PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP CẤU TRÚC-THAM SỐ

Nguyễn Thành Long*, Nguyễn Đức Thành

Tóm tắt: *Bài báo xem xét vấn đề xây dựng một nhóm các phương tiện bay không người lái (UAVs) có thành phần chức năng tối ưu theo các chỉ số an toàn bằng phương pháp nén động lực học mở rộng với các ràng buộc chức năng, xây dựng bài toán tối ưu hóa việc phân chia một tập hợp các nguyên tử đồng nhất thành số lượng cụm tối ưu, cũng như hiệu chỉnh phương pháp nén động lực học. Trình bày quá trình tối thiểu hóa trình tự thiết kế cho các phương án có thể cấu hình hệ thống UAVs theo tiêu chí lực đẩy động cơ và chi phí của chúng. Trình bày tổ hợp phần mềm và phương pháp luận để xây dựng một hệ thống UAVs dạng tối ưu.*

Từ khóa: Máy bay không người lái (UAVs); Hệ thống đa chức năng; Thành phần chức năng tối ưu; Tổng hợp cấu trúc-tham số; Phương pháp nén động lực học; Tối ưu hóa; Thống kê mẫu.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tính chất đa chức năng của nhóm UAVs được xác định bởi tổ hợp đa dạng các nhiệm vụ cần thực hiện, các điều kiện hoạt động của nhóm nhằm cung cấp thông tin chất lượng cao cho người dùng cuối. Để sử dụng hiệu quả và an toàn UAVs trong điều kiện môi trường, thời tiết khắc nghiệt cần giải quyết các vấn đề về tối ưu hóa cấu trúc lựa chọn (hoặc tổng hợp) các thành phần chức năng của UAV thông qua việc xác định chức năng của từng thành phần trong nhóm.

2. ĐẶT BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA PHÂN CHIA CHỨC NĂNG NHÓM UAVs THEO CÁC CHỈ SỐ AN TOÀN

Việc thiết kế một nhóm UAVs đa chức năng là bài toán phân bổ hợp lý một nhóm nhiệm vụ mục tiêu *X* nhất định giữa các UAVs riêng lẻ của nhóm theo các đặc trưng tính toán của chúng. Hàm phân phối *E (x)* là tổng quát "các đặc trưng tính toán" trong bài toán phân chia các nhiệm vụ mục tiêu cho các UAVs riêng lẻ, giúp đánh giá tổng thể kết quả của nhóm, theo toàn bộ các nhiệm vụ của nhóm. Để xây dựng nó, cần thiết lập các quy luật cho phép tìm hàm phân phối theo tiêu chí hiệu quả và an toàn [4].

Tập hợp *A* các loại UAVs được viết dưới dạng:

$$A = \left\{ a_{ji1}, a_{ji2}, ..., a_{jik} \right\} \tag{1}$$

Trong đó, a_{jik} - Vecto chiến lược thiết kế UAVs loại thứ *j*, kích thước loại thứ *k* với thành phần *i* lựa chọn tổ hợp nhóm (UAVs dạng thứ *j*).

Tập hợp biến số *X* là đại diện cho tập hợp tham số thiết kế $a_{jik} = \left\{ X_1, X_2, ..., X_M \right\}_{jik}$. Trong không gian các tham số thiết kế, khoảng cách Euclide là $\rho(x, y) = \left[\sum_{i=1}^{m} \left| x_i - y_i \right|^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ và chỉ số tương đồng $d(x, y) = \frac{1}{\rho^2(x, y)}$. Chỉ số đầy đủ giữa tập hợp con $A' \subset A$ và đối tượng *y* được viết dưới dạng [1] :

$$D(A^{'}, y) = \sum_{a \in A^{'}} \mu(\mathrm{a})\, \mathrm{d}^{-1}(\mathrm{a}, \mathrm{y}) = \sum_{a \in A^{'}} \mu(\mathrm{a}) \rho^{2}(\mathrm{a}, \mathrm{y}) \quad (2)$$

Trong đó, $\mu(\mathrm{a})$ - Hệ số trọng lượng, tương ứng với số loại UAVs cần thiết để hình thành một nhóm UAVs. Để phủ kín không gian S chọn cấu trúc là tập hợp P_k phân vùng thành K lớp. Không gian trọng tâm của chiến lược là một tập con của không gian đối tượng bởi giả thiết tâm của lớp phải trùng với một trong các dạng UAVs.

Hàm trung tâm $g(\mathrm{P}) = \mathrm{L}$ sẽ đặt tương ứng với mỗi cụm P_k tâm l_k của nó theo điều kiện:

$$l_k = g(\mathrm{P}_k) = \left(a_j \in P_k \left| \max_j (\mathrm{a}_j, \mathrm{y}) \right. \right) \quad (3)$$

ở đây, $\mathrm{y} \in R^P$ - Trọng tâm cụm P_k.

$$y = \frac{\sum\limits_{a_j \in P_k} \mu(a_j) \rho(0, a_j)}{\sum\limits_{a_j \in P_k} \mu(a_j)} \quad (4)$$

Theo cách này, đối tượng gần trọng tâm nhất của cụm được chọn làm trọng tâm của cụm.

Hàm phân phối $f(\mathrm{L}) = \mathrm{P}$ nhận giá trị nguyên $1, 2, ..., k$ và phân chia các đối tượng thành các cụm $P_i = \left\{ a \in A \left| d\left(a, l_i\right) > d\left(a, l_j\right) \right. \right\}$, khi $d\left(a, l_i\right) = d\left(a, l_j\right)$, thì $a \in P_i$ với $i < j$.

Tiêu chuẩn tối ưu để phân chia tập hợp A thành các cụm $P_k, A = \left\{ P_k \right\}; \mathrm{P}_i \cap \mathrm{P}_j = \varnothing$ có dạng:

$$\Im\left(P, L\right) = \sum_{i=1}^{k} D\left(P_i, l_i\right) = \sum_{i=1}^{k} \sum_{a \in P_i} d^{-1}\left(a, l_i\right) \mu\left(a\right) \quad (5)$$

trong đó, l_i - Trung tâm cụm thứ i, được chọn dựa trên sự tiệm cận với trọng tâm của cụm này. Lưu ý rằng, tiêu chí $\Im$ thể hiện phương sai trung bình cụm của phân vùng P.

Bài toán tối ưu hóa việc phân chia tập hợp các kiểu đồng nhất *A* thành một số cụm tối ưu có dạng [2]:

Tìm một cặp (P^*, L^*), hình thành từ nhiều phân vùng P^* và tập hợp các trung tâm tương ứng L^*, sao cho:

$$\Im(P^*, L^*) = \min_k \sum_{i=1}^{k} \sum_{a \in P_i} \mu(\mathrm{a})\, \mathrm{d}^{-1}\left(a, l_i\right) \quad (6)$$

Véc tơ tham số thiết kế *a*, xác định các đặc trưng hình dạng của UAVs có thành phần như sau:

$$a = \left(P_0, \mu_{dc}, m_c, M_0\right) \quad (7)$$

trong đó: P_0 - Lực đẩy động cơ; μ_{dc} - Khối lượng tương đối của động cơ; m_c - Khối lượng cánh; M_0 - Khối lượng ban đầu của UAVs.

Việc lựa chọn véc tơ các tham số thiết kế tương ứng với giai đoạn lựa chọn tham số và ở giai đoạn này xác định sửa đổi đối với từng UAVs riêng lẻ. Tiêu chuẩn tối ưu để phân chia các tập hợp ban đầu *A* thành các cụm $P_k, A = \left\{P_k\right\}; \mathrm{P}_i \cap \mathrm{P}_j = \varnothing$ có dạng:

$$W(P,L) = \sum_{i=1}^{k} D\left(P_i, l_i\right) = \sum_{i=1}^{k} \sum_{a \in P_i} d^{-1}\left(a, l_i\right) \mu(a) \tag{8}$$

trong đó, l_i - Đại diện cho cụm thứ *i*, được chọn dựa trên đánh giá tiệm cận với trọng tâm của cụm này.

Việc tối ưu hóa phân chia của một tập hợp các nguyên mẫu đồng nhất A thành tối ưu số lượng các cụm được xác định bằng cách tìm một cặp $\left\langle P^*, L^* \right\rangle$, tức là tập hợp các phân vùng và tập các đại diện tương ứng sao cho:

$$W\left(P^*, L^*\right) = \sum_{i=1}^{k} D\left(P_i, l_i\right) = \sum_{i=1}^{k} \sum_{a \in P_i} d^{-1}\left(a, l_i\right) \mu(a) \tag{9}$$

Thuật toán tìm phân chia tối ưu bao gồm các bước sau:

1. Tìm phân chia tối ưu khi k = const;
2. Lựa chọn đối tượng $a' \in A$ - Có thể đại diện cho cụm thứ $(k+1)$;
3. Kiểm tra tính chính xác của lựa chọn.

Quy tắc lựa chọn đối tượng làm đại diện cho cụm mới thứ $(k+1)$:

$$l_{k+1} = \left\{ a_j \in A \middle| \min_k \min_{a_j \in P_k} d\left(a_j, l_k\right) \right\} \tag{10}$$

nghĩa là, lựa chọn đại diện là đối tượng có chỉ số tương đồng tối thiểu với cụm của nó, hay nói cách khác, đối tượng khác biệt nhất.

Để đánh giá thời điểm kết thúc vòng lặp, cần sử dụng điều kiện sau:

$$\max_{a_j \in P_k} \rho\left(a_j, l_k\right) \le \varepsilon, \; P_k \subset A \tag{11}$$

Phương pháp nén động lực học mở rộng bao gồm sự kết hợp của phương pháp tối ưu hóa trong không gian hàm nghịch đảo và phương pháp nén động lực học. Trong trường hợp này, phương pháp nén động lực học có chức năng là hàm kiểm tra [1]. Hàm này xác định khoảng cách giữa các tham số thiết kế, được xây dựng lên từ sự phân chia cuối nhiệm vụ mục tiêu giữa các loại UAVs riêng lẻ.

3. HIỆU CHỈNH PHƯƠNG PHÁP NÉN ĐỘNG LỰC HỌC TRONG BÀI TOÁN TỐI ƯU HÓA HÀM PHÂN CHIA NHÓM UAVs THEO CÁC CHỈ SỐ AN TOÀN

Phương pháp nén động lực học khá phổ biến và hiệu quả để phân loại các quan sát đa chiều thành một số lớp xác định trước trong điều kiện tối thiểu thông tin về trung tâm

ban đầu của các lớp, là một ứng dụng của phương pháp k-lân cận.

Khoảng cách giữa các tham số thiết kế của UAVs được xác định theo hệ mét: $\rho(x, y) = |x - y|$. Độ chính xác tối ưu thiết kế hệ thống UAVs đa năng có thể đạt được mức độ chính xác như tính toán, nếu loại trừ yếu tố chủ quan khi xây dựng nhóm UAVs. Trước đây, đối với các giá trị khác nhau của độ chính xác ε việc thiết kế nhóm UAVs quyết định chi phí tương ứng của nhóm UAVs và xây dựng được mẫu thống kê lựa chọn có dạng [3]:

ε	J
ε_1	J_1
ε_2	J_2
...	...
ε_N	J_N

Theo các mẫu thống kê lựa chọn này xây dựng được mối liên hệ dạng:

$$J = c_1\varepsilon^{\alpha_1} + c_2\varepsilon^{\alpha_2} + ... + c_n\varepsilon^{\alpha_n} \quad (12)$$

Tham số tuyến tính và phi tuyến $c_1, c_2, ..., c_n, \alpha_1, \alpha_2, ..., \alpha_n$ xác định từ điều kiện cực tiểu tiêu chuẩn đều, còn độ chính xác tối ưu được xác định từ điều kiện:

$$\frac{\partial J}{\partial \varepsilon} = 0 \Rightarrow \varepsilon^{opt} \quad (13)$$

Xem xét trường hợp đặc biệt của việc xây dựng một nhóm UAVs, khi nhiệm vụ mục tiêu j được đặc trưng bởi tải trọng mang m_{nHj} với tần suất phóng n_j, $j = \overline{1;n}$. Tiêu chuẩn an toàn của nhóm C_Σ đóng vai trò là tiêu chuẩn tối ưu. Giả thiết rằng, nếu phương án thiết kế cho phép đưa tải trọng mang m_{nHj} lên một độ cao nhất định, thì UAVs cùng loại có thể đưa tải trọng nhỏ hơn đến cùng độ cao. Gọi $P(m_{nHj})$ là lực đẩy của động cơ đẩy cần thiết để đưa tải trọng mang m_{nHj} lên độ cao H, khi đó lên cùng một độ cao có thể đưa những vật có trọng lượng nhỏ hơn: $m_{nHj-1}, m_{nHj-2}, ..., m_{nHn}$.

Các phương án cho phép hình thành nhóm UAVs có thể xác định được không chỉ bằng giải pháp thiết kế, mà có thể bằng lực đẩy của động cơ $P(m_{nHj})$, như được trình bày trong mẫu thống kê của bảng 1.

Ở đây: $P(m_{nHj})_i \geq P(m_{nH1}),\ j = [1, n], i = [1, N]$ đối với cột 1;

$P(m_{nHj})_i \geq P(m_{nH2}),\ j = [1, n], i = [1, N]$ đối với cột 2;

...

$P(m_{nHj})_i \geq P(m_{nH3}),\ j = [1, n], i = [1, N]$ đối với cột thứ *n*.

Bảng 1. *Các phương án cho phép hình thành nhóm UAVs theo lực đẩy động cơ.*

$m_{пн1}$	$m_{пн2}$	...	$m_{пнj}$	...	$m_{пнn}$	C_{Σ}
$P(m_{пн1})_1$	$P(m_{пн2})_1$	...	$P(m_{пнj})_1$	...	$P(m_{пнn})_1$	$C_{\Sigma 1}$
$P(m_{пн1})_2$	$P(m_{пн2})_2$	...	$P(m_{пнj})_2$	...	$P(m_{пнn})_2$	$C_{\Sigma 2}$
...	...	...	...	...	...	...
$P(m_{пн1})_i$	$P(m_{пн2})_i$	...	$P(m_{пнj})_i$	...	$P(m_{пнn})_i$	$C_{\Sigma i}$
...	...	...	...	...	...	...
$P(m_{пн1})_N$	$P(m_{пн2})_N$	...	$P(m_{пнj})_N$	...	$P(m_{пнn})_N$	$C_{\Sigma N}$

Hơn nữa, áp dụng phép toán rút gọn cho mẫu thống kê từ bảng 1, chúng ta nhận được các mẫu một chiều được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. *Các mẫu một chiều phương án hình thành nhóm UAVs theo lực đẩy động cơ.*

$m_{пн1}$	C		$m_{пн2}$	C	...	$m_{пнn}$	C
$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_1^{(1)}$	$C_{\Sigma 1}$		$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_1^{(2)}$	$C_{\Sigma 1}$	...	$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_1^{(n)}$	$C_{\Sigma 1}$
$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_2^{(1)}$	$C_{\Sigma 2}$		$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_2^{(2)}$	$C_{\Sigma 2}$	...	$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_2^{(n)}$	$C_{\Sigma 2}$
...	...		...	...	...	...	...
$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_i^{(1)}$	$C_{\Sigma i}$		$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_i^{(2)}$	$C_{\Sigma i}$	...	$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_i^{(n)}$	$C_{\Sigma i}$
...	...		...	...	...	...	...
$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_N^{(1)}$	$C_{\Sigma N}$		$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_N^{(2)}$	$C_{\Sigma N}$	...	$\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)_N^{(n)}$	$C_{\Sigma N}$

Dựa trên các mẫu thống kê từ bảng 2 đối với mỗi bài toán mục tiêu từ tập hợp ngoài đã cho của bài toán mục tiêu xây dựng lại các đa thức trong lớp hàm lũy thừa:

$$\begin{cases} C_1 = C_1^{(1)} x_1^{\alpha_1^{(1)}} + C_2^{(1)} x_2^{\alpha_2^{(1)}} + ... + C_n^{(1)} x_n^{\alpha_n^{(1)}} \\ C_2 = C_1^{(2)} x_1^{\alpha_1^{(2)}} + C_2^{(2)} x_2^{\alpha_2^{(2)}} + ... + C_n^{(2)} x_n^{\alpha_n^{(2)}} \\ \cdots \\ C_n = C_1^{(n)} x_1^{\alpha_1^{(n)}} + C_2^{(n)} x_2^{\alpha_2^{(n)}} + ... + C_n^{(n)} x_n^{\alpha_n^{(n)}} \end{cases} \quad (14)$$

Trong đó, $x_1, x_2, ..., x_n$ là véc tơ của giải phương án thiết kế, $C_1, C_2, ..., C_n$ là các chỉ số an toàn của UAVs khi đưa tải trọng mang tương ứng $m_{пн1}, m_{пн2}, ..., m_{пнn}$ đến độ cao nhất định. Từ hệ (14), có thể xác định được các tham số thiết kế tối ưu $x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*$ và các chỉ số an toàn tương ứng $C_1^*, C_2^*, ..., C_n^*$. Các chỉ số an toàn thu được đối với các trọng tải mang riêng lẻ là dữ liệu cần thiết để tính toán tổng các chỉ số an toàn C_{Σ} cho các phương án nhóm UAVs [5].

Các chỉ số an toàn của hệ thống UAVs có thể được biểu thị bằng tổng các chỉ số an toàn của UAVs, mà nó kết hợp phương án nhóm và chi phí cho nghiên cứu, phát triển và thử nghiệm trong dự án phát triển UAVs tương ứng.

4. CẤU HÌNH PHẦN MỀM - PHƯƠNG PHÁP ĐỂ PHÂN CHIA TỐI ƯU CHỨC NĂNG CHO MỘT NHÓM UAVs

Cấu trúc của tổ hợp phần mềm - phương pháp được thể hiện trong hình 1.

Tổ hợp phần mềm và phương pháp bao gồm các khối chức năng sau:

- Modul lựa chọn cấu trúc.
- Modul tính toán các biến tham số khi chọn cấu trúc.
- Modul tính toán các tham số thay đổi khi chọn hình dạng của UAVs.
- Mô hình tính toán đặc tính kích thước, khối lượng, quỹ đạo và chi phí đặc trưng.
- Modul tối ưu hóa tham số.
- Các Modul phục vụ hoạt động của khối tối ưu hóa tham số:

+ DECOMP, SOLVE - Giải hệ phương trình đại số tuyến tính không thuần nhất.

+ PM - Khối lựa chọn quy mô của bước tìm kiếm.

+ random - Bộ tạo các số ngẫu nhiên được phân phối theo quy luật thống nhất.

+ pnorm - Bộ tạo các số ngẫu nhiên có phân phối theo luật chuẩn.

Bước tìm kiếm trong khối tối ưu hóa tham số được xây dựng theo quy luật:

$$x_i = x_i^c + M_i\left(S_{cori} + \xi_i\right)m_{x_i}, i = \overline{1,n} \tag{15}$$

Trong đó: n - Số biến tham số, x_i - Biến tham số thứ $i, i = \overline{1,n}$; x_i^c - Giá trị cuối, giá trị tốt nhất của biến tham số thứ i; M_i - Tỉ lệ bước tìm kiếm được tính toán trong khối PM; S_{cori} - Thành phần gradient của bước tìm kiếm.

$$S_{cori} = \frac{\partial J / \partial x_i}{\|gradJ\|}, i = \overline{1,n} \tag{16}$$

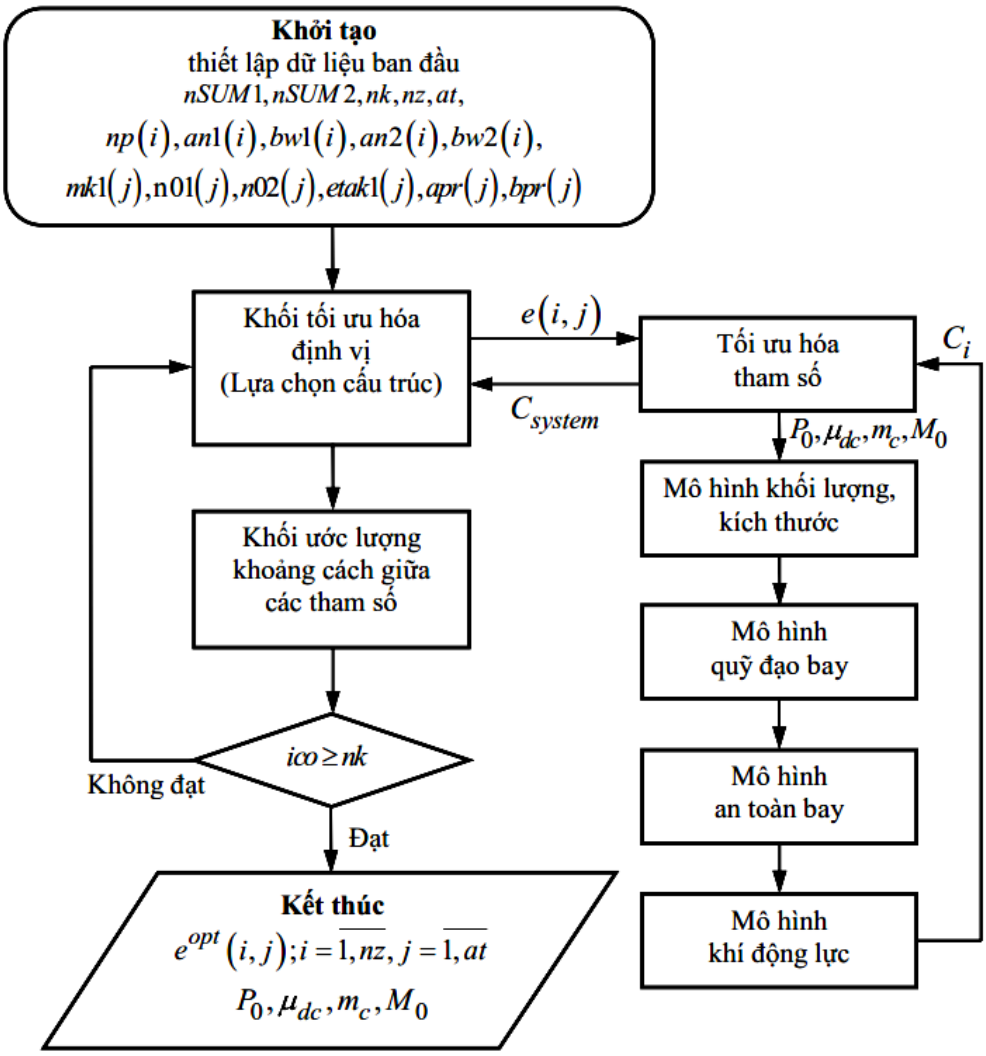
với $\partial J / \partial x_i$ đạo hàm riêng được tính toán trong các khối DECOMP, SOLVE, $\|gradJ\|$ - Tỷ lệ gradient. ξ_i - Thành phần ngẫu nhiên của bước tìm kiếm, được tính toán trong khối random, pnorm; m_{x_i} - Các tỉ lệ riêng biến thiên của các biến tham số, có tính đến thứ nguyên của các tham số đã chọn.

Kết quả phân bố tối ưu chức năng của nhóm UAVs

Tính toán số lần phóng $n_1, n_2, ..., n_8$ được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. *Tính toán số lần phóng UAVs.*

P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
0,6	0,7	0,65	0,5	0,8	0,75	0,8	0,8
n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8
4	3	3	5	2	3	2	2



Hình 1. *Cấu trúc của tổ hợp phần mềm - phương pháp.*

5. KẾT LUẬN

- Bài toán phân bố tối ưu chức năng của một nhóm UAVs về cơ bản là đa cực, bởi đối với mỗi cấu trúc riêng lẻ của nhóm UAVs, mỗi lựa chọn tham số dẫn đến mức tối thiểu cục bộ tương ứng. Để giải quyết vấn đề này, bài báo đề xuất biểu diễn các thông số thiết kế của UAVs dưới dạng hàm nghịch đảo, chính xác hơn là ở dạng xấp xỉ của chúng, giúp giải quyết vấn đề đa cực một cách hiệu quả.

- Để giải quyết vấn đề phân chia tối ưu tập hợp các loại UAVs đồng nhất thành số lượng cụm tối ưu, bài báo sử dụng tiêu chí về độ tối ưu của phân chia, biểu thị độ phân tán trung bình trong nội bộ của phân vùng. Theo tiêu chí này, các điểm tương ứng với tọa độ của từng loại UAVs đều thuộc một không gian chung duy nhất.

- Nhờ việc hiệu chỉnh phương pháp nén động lực học, sử dụng các tổ hợp phương pháp tối ưu hóa trong không gian hàm nghịch đảo và phương pháp nén động lực học với chức năng xác minh, đối chứng. Đối với chức năng này, đánh giá khoảng cách giữa các tham số thiết kế được ước tính và tổ chức phân chia cuối cùng nhiệm vụ mục tiêu giữa

các loại UAVs riêng lẻ.

- Thuật toán lặp có sự hội tụ khá nhanh, tính toán và dự đoán kết quả của dữ liệu mới đơn giản, không cần đưa ra mô hình về phân phối của các lớp. Nhược điểm chính là không xem xét đầy đủ các mối tương quan của không gian thuộc tính và sự cần thiết phải chỉ định một số lượng hữu hạn các lớp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Айвазян С.А. Методы анализа данных. Подход, основанный на методе динамических сгущений. М.: Наука, 1985.

[2]. Балык В.М. *"Статистический синтез проектных решений при разработке сложных систем"*. М.: МАИ. 2011. 278 с.

[3]. Балык В.М., Кулакова Р.Д., Хесин Л.Б. *"Статистический синтез системы летательных аппаратов оптимального типажа методом покоординатного спуска"*. // Полет. 2010. № 9. С. 32-41.

[4]. Волков С.Н., Бабишин В.Д., Кулиш Н.С., Юркевич Е.В., Кривопалов Д.М. Прямой метод оптимального управления надежностью сложных технических систем на этапе разработки в условиях динамического нагружения. *"Надежность и качество сложных систем"*. Пензенский государственный университет (Пенза). Номер 4(24), 2018г., с.5-18.

[5]. Дивеев А.И., Шмалько Е.Ю. Метод синтезированного оптимального управления для группы роботов.*"Надежность и качество сложных систем"*. Пензенский государственный университет (Пенза). Номер 4(24), 2018г., с.40-47.

ABSTRACT

OPTIMAL DISTRIBUTION OF UAVs GROUPING ACCORDING TO SAFETY INDICATORS BY THE METHOD OF STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF A MULTI-PURPOSE SYSTEM

The article deals with the problem of constructing a grouping of unmanned aerial vehicles (UAVs) of optimal functional composition according to safety indicators by the generalized method of dynamic condensations with functional limitations, the optimization problem of dividing the set of homogeneous protomodules into the optimal number of clusters, as well as the modification of the method of dynamic condensations. Shows a process for constructing minimizing sequence allowable configuration options UAVs s system on engine's thrust and its cost. As a result, the programme-methodical packet for constructing type-optimal UAVs's system is introduced.

Keywords: Unmanned aerial vehicles (UAVS s); Multi-purpose system; Optimal functional composition; Structural-parametric synthesis; Dynamic thickening method; Optimization; Statistical samples.

Nhận bài ngày 10 tháng 8 năm 2021
Hoàn thiện ngày 17 tháng 9 năm 2021
Chấp nhận đăng ngày 24 tháng 9 năm 2021

Địa chỉ: Viện Tên lửa - Viện KH&CNQS.
*Email: nguyenthanhlong_676@yahoo.com.