

С.П. Коваленко¹, В.В. Куценко¹, С.О. Кравченко²

¹Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

²Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

МЕТОД ВИКЛЮЧЕННЯ ЗАЙВОЇ ТА ХИБНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В АЛГОРИТМАХ УПРАВЛІННЯ НА ПУНКТАХ УПРАВЛІННЯ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК

Актуальним питанням сьогодення є удосконалення та створення нових алгоритмів управління, які б забезпечували ефективне управління засобами протиповітряної оборони (ППО) Сухопутних військ (СВ) на кожному рівні ланки управління. В статті запропонований удосконалений метод автоматизованої обробки інформації на пунктах управління (ПУ) ППО СВ з використанням методу максимальної правдоподібності оцінки параметрів руху цілей та зайнятості зенітних комплексів для виключення помилок в обробці зайвої та неправдоподібної інформації при одночасному надходженні паралельних та послідовних потоків інформації. Застосування запропонованого методу дасть можливість зменшити час на обробку інформації і на прийняття рішення командиром відповідної ланки управління по розподілу повітряних цілей між підрозділами (засобами) ППО СВ, що дозволить підвищити ефективність усього контуру управління

Ключові слова: автоматизована обробка інформації, пункт управління, розподіл повітряних цілей, контур управління, теорія матриць, теорія масового обслуговування.

Вступ

Постановка проблеми. Прийняття рішення командиром відповідної ланки вимагає затрату часу на організацію робіт, пов'язаних з обробкою інформації та проведення оптимальних операцій з застосуванням значних сил і засобів. Якісну інформацію, яка надходить від радіолокаційних станцій (РЛС) усього угруповання ППО СВ необхідно обробити на ПУ. Потік інформації дуже великий, тому необхідна автоматизація процесу обробки і розподілу інформації в контурі управління системи ППО СВ. Інформація в контур управління може надходити, як послідовно, так і паралельно. Тому пропонується удосконалений метод автоматизованої обробки інформації, прямо пов'язаний з якістю інформації та виключенням помилок в обробці зайвої і неправдоподібної інформації, та необхідністю вдосконалення елемента контуру управління. Виходячи з цього, вибір даного методу для удосконалення автоматизованої обробки інформації на пунктах управління ППО СВ є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В багатьох джерелах все частіше розглядається питання автоматизованої обробки інформації для скорочення часу на прийняття рішення командиром відповідної ланки управління. Розглядаються різні методи автоматизованої обробки при надходженні окремо, як паралельних, так і послідовних потоків інформації [1; 3–7]. Впроваджені різні математичні підходи для розробки методів автоматизованої об-

робки інформації окремо, як паралельних так і послідовних потоків інформації [1–2; 4]. Чітка ієрархічна структура системи управління дає основу [11; 13–14] впровадити удосконалений метод автоматизованої обробки інформації, прямо пов'язаний з якістю інформації та виключенням помилок в обробці зайвої і неправдоподібної інформації при надходженні одночасно паралельних та послідовних потоків інформації на ПУ ППО СВ.

Мета статті – розробка вдосконаленого методу автоматизованої обробки інформації, прямо пов'язаного з якістю інформації та виключенням помилок в обробці зайвої та і неправдоподібної інформації на ПУ ППО СВ при одночасних надходженнях паралельних та послідовних потоків інформації для підвищення ефективності роботи усього контуру управління.

Виклад основного матеріалу

На даний час для військ ППО СВ розроблена нова система автоматизованого управління засобами протиповітряної оборони різного рівня ієрархії нового покоління, яка отримала назву “Вертикаль А” яка використовує інформацію від АСУ “Ореанда”. Вона яка в першу чергу була розроблена для зенітно-ракетних військ. Також є комп'ютерний програмний комплекс “Віраж”, який використовується зараз в зоні проведення операції об'єднаних сил [3]. Він призначений для автоматизації процесів збору, обробки, відображення та видачі інформації про

повітряну обстановку на неавтоматизованих командних пунктах (КП), ПУ частин і підрозділів ППО СВ. Тому актуальним питанням сьогодення є створення нових алгоритмів управління, які б забезпечували ефективне управління засобами ППО СВ на кожному відповідному рівні. Завдяки розвитку комп'ютерних технологій можливе впровадження багатопроцесорної, або сітьової обробки інформаційних потоків [1; 3–14]. Це призведе до різкого підвищення швидкості її обробки, а отже до зменшення часу на прийняття рішення командиром відповідного пункту управління.

Інформація про повітряні цілі, яка надходить із всіх РЛС угруповання ППО СВ обробляється і зав'язується в траси. Різні РЛС мають різні періоди огляду простору, а відповідно і різні періоди оновлення інформації. Задача зводиться до обробки всієї інформації про j -ті цілі від усіх n -х РЛС та інформації від i -х зенітних комплексів (ЗК) про їх зайнятість, справність і спроможність обробити конкретну ціль, яка видана йому для ураження.

Після обробки інформації на ПУ результатом буде видача цілевказівки про конкретну j -ту ціль конкретному i -му ЗК усього угруповання ППО СВ спроможному її уразити. В інформації, яка надходить на ПУ ППО СВ будуть присутні і помилки. Велика кількість помилок і хибної інформації буде заважати обробці основної, в якій і буде необхідна інформація, яку чекатимуть ЗК. Тому стоїть завдання по зменшенню кількості помилок і хибної, або неправдоподібної інформації про цілі. Для прикладу візьмемо якусь одну координату позначивши її (δ) і припустимо, що на деякій частині простору виявлення n -ї РЛС рухома ціль описується поліномом ступеню (r), який має вигляд:

$$\delta(\bar{\theta}, t) = \theta_0 + \theta_1 \cdot t + \dots + \theta_\delta \cdot t^\delta = \sum_{k=0}^{\delta} \theta_k \cdot t^k. \quad (1)$$

Будемо рахувати, що випадкові коливання цілі навколо заданої траєкторії і помилки в вимірюванні координат мають нормальний розподіл з відомою кореляційною функцією і середнім значенням рівним нулю. Для рішення цієї задачі необхідно знайти функцію правдоподібності n -мірної вибірки випадкової функції $\delta(\bar{\theta}, t)$. Якщо функція $\delta(\bar{\theta}, t)$ розподілена по нормальному закону, то і кожна вибірка із неї представляє собою випадкову величину, яка підпорядковується також цьому закону розподілу.

Тому функція правдоподібності n -мірної системи нормально розподілених випадкових величин, які корельовані, буде мати вигляд:

$$L\left(\frac{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n}{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_r}\right) = \frac{e^{-\frac{1}{2|B_{nn}|} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n k_{ij} \xi_i \xi_j}}{\sqrt{(2\pi)^n |B_{nn}|}}, \quad (2)$$

де $|B_{nn}|$ – кореляційна матриця визначення помилок (перешкод);

$$B_{nn} = \begin{vmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ R_{n1} & R_{n2} & \dots & R_{nn} \end{vmatrix}, \quad (3)$$

де $R_{ij} = R_{ji}$ – кореляційний момент зв'язку помилок визначення координат в i -му і j -му вимірах;

$R_{ii} = \sigma_i^2$ – дисперсія помилок зняття координат в i -му огляді вимірювання;

k_{ij} – коефіцієнт (алгебраїчне доповнення) елемента (R_{ij}) в кореляційній матриці $|B_{nn}|$.

Величини ξ_i і ξ_j визначаються за формулами:

$$\xi_i = \delta_i - M|\delta_i|; \quad (4)$$

$$\xi_j = \delta_j - M|\delta_j|; \quad (5)$$

де M – математичне сподівання випадкових величин (δ_i) і (δ_j).

Виходячи з виразу (1) рівняння (4) та (5) можна записати у вигляді:

$$\xi_i = \delta_i - \sum_{k=0}^r \theta_k t_i^k, \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, n;$$

$$\xi_j = \delta_j - \sum_{k=0}^r \theta_k t_j^k, \quad (7)$$

$$j = 1, 2, \dots, n.$$

Використаємо правило знаходження оцінок по методу тах правдоподібності, для чого знайдемо логарифм функції правдоподібності (2), потім диференціюємо отриману оцінку правдоподібності по параметру (θ_k) отримаємо результуюче рівняння в яке підставимо значення (ξ_j) із (5) і прирівнюючи результат до нуля при ($\theta_k = \theta_k^*$) отримаємо систему рівнянь тах правдоподібності. Далі, розв'язавши цю систему рівнянь відносно (θ_k), отримаємо вираз для алгоритмів оптимальної оцінки коефіцієнтів полінома (1).

Підставляючи значення (θ_k^*) в (1) можна оцінити значення екстраполяції координати в будь-який момент часу огляду ($t > t_n$) і, також, в момент останнього спостереження і передачі інформації:

$$\delta^*(t_n) = \sum_{k=0}^r \theta_k^* t_n^k, \quad (8)$$

або $(n+1)$ -го спостереження і передачі інформації (екстраполяція одного обзору РЛС)

$$\delta^*(t_{n+1}) = \sum_{k=0}^r \theta_k^* t_{n+1}^k. \quad (9)$$

У випадках, коли помилки (перешкоди) між двома сусідніми оглядами не корельовані, то кореляційна матриця перетворюється в діагональну, а кореляційна матриця визначення помилок (перешкод) (3) приймає вигляд:

$$B_{nn} = \begin{vmatrix} \sigma_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2^2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_n^2 \end{vmatrix}. \quad (10)$$

Якщо дисперсія помилок (перешкод) з кожним оглядом n -ї РЛС від одного вимірювання до другого не змінюється:

$$\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma, \quad (11)$$

то

$$\frac{k_{ij}}{|B_{nn}|} = \frac{1}{\sigma^2}, \text{ при } i = j, \quad (12)$$

а система рівнянь правдоподібності прийме остаточний вигляд:

$$\sum_{i=1}^n \left[\delta_i - \sum_{k=0}^r \theta_k^* t_i^k \right] \frac{\partial}{\partial \theta_k} \sum_{k=0}^r \theta_k^* t_i^k \Big|_{\theta_k = \theta_k^*} = 0. \quad (13)$$

Для рішення всієї задачі по методу максимальної правдоподібності використаємо гіпотезу рівномірного і прямолінійного руху всіх цілей. Тоді координати (δ) будуть описуватися поліномом першого ступеня:

$$\delta(t) = \delta_0 + V_{\delta} t. \quad (14)$$

Далі визначаємо похідні по параметрах (δ_0) і (V_{δ}) :

$$\frac{\partial \delta(t)}{\partial \delta_0} = 1; \quad (15)$$

$$\frac{\partial \delta(t)}{\partial V_{\delta}} = t. \quad (16)$$

Враховуючи, що математичне сподівання координати в якомусь огляді простору i -го ЗК n -ї РЛС дорівнюватиме:

$$\delta_i^* = \delta_0^* + V_{\delta}^* t_i, \quad (17)$$

де δ_0^*, V_{δ}^* – оцінка параметрів траєкторії цілей.

Тепер систему рівнянь (13) можна записати через математичне сподівання (17). Розкриваючи дужки і проводячи операцію додавання отримаємо нову систему рівнянь. Розв'язуючи отриману нову систему рівнянь відносно параметрів траєкторії (δ_0^*) і

(V_{δ}^*) отримаємо рівняння, які визначатимуть ці параметри.

Отримані рівняння спрощуються, якщо інформація буде надходити через рівні інтервали часу, що відповідають одному огляду РЛС. Якщо прийняти момент першого огляду за нульовий відлік часу, то для наступних оглядів РЛС отримаємо:

$$t_1 = (i-1)T_0, \quad (18)$$

де i – номер огляду простору даної РЛС.

Підставляючи вираз (18) в знайдені рівняння, які визначають параметри (δ_0^*) і (V_{δ}^*) , отримаємо рівняння, які скорочуємо на (T_0) . Виконавши математичне перетворення рівнянь, отримаємо кінцеві вирази для шуканих оцінок (δ_0^*) і (V_{δ}^*) .

$$\delta_0^* = -\sum_{i=1}^n \frac{6i-4-4n}{n(n+1)} \delta_i = \sum_{i=1}^n \eta_{\delta_0}(i) \delta_i; \quad (19)$$

$$V_{\delta}^* = \frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n \frac{12i-6-6n}{n(n^2-1)} \delta_i = \sum_{i=1}^n \eta_{V_{\delta}}(i) \delta_i. \quad (20)$$

Функції (η_{δ_0}) і $(\eta_{V_{\delta}})$ будуть ваговими функціями початкової координати і швидкості. Для прикладу розрахунку нехай ми маємо інформацію про координати (δ) в двох оглядах РЛС ($n=2$), яка видається на ПУ ППО СВ. Тоді згідно нашому математичному підходу алгоритм визначить оцінку знайдених координат і швидкості згідно (19) та (20) і ми отримаємо:

$$\delta_0^* = -\sum_{i=1}^2 \frac{6i-4-4 \cdot 2}{2(2+1)} \delta_i = \delta_1;$$

$$V_{\delta}^* = \frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^2 \frac{12i-6-6 \cdot 2}{2(2^2-1)} \delta_i = \frac{\delta_2 - \delta_1}{T_0}.$$

Таким чином, якщо є два виміри координати в двох оглядах РЛС, то оптимальними оцінками параметрів траєкторії будуть, для початкової координати (δ_0^*) – результат першого вимірювання, а для швидкості зміни координати (V_{δ}^*) – приріст координат на час, який пройшов між вимірами.

Обробивши інформацію по методу максимальної правдоподібності параметрів руху цілі і стану ЗК для виключення помилок в обробці зайвої і хибної (неправдоподібної) інформації, переходимо до методу автоматизованої обробки інформації при різних потоках інформації, яка надходить на ПУ ППО СВ [4].

Отримана якісна інформація далі подається в канали структури системи автоматизованої обробки

інформації для оптимізації і обробки з урахуванням всіх потоків, які надходять на ПУ.

Ефективність системи обробки вхідного потоку інформації, яка побудована на основі паралельного об'єднання k однотипних каналів, залежить від характеристик та структури системи автоматизованої обробки. Імовірнісні характеристики системи обробки інформації можна отримати, використовуючи математичний апарат теорії матриць та масового обслуговування.

В ході ведення бойових дій на ПУ ППО СВ від m зенітних комплексів (ЗК) надходить потік повід-

омлень $A = \sum_{i=1}^m a_i$. Припустимо, що від одного ЗК,

позначимо його як a_i , надходять повідомлення про виявлення ним n цілей $a_1 = (a_{11}; a_{21}; \dots; a_{n1})$.

Це дає можливість представити потік інформації про повітряну обстановку, що надходить на пункт управління ППО від усіх ЗК у вигляді прямокутної матриці $\|A\|$:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix}, \quad (21)$$

де елементи стовпців матриці $\|A\|$ показують, які засоби повітряного нападу (ЗПН) виявлені i -м ЗК ($i \in (1, m)$), загальна кількість стовпців m рівна загальній кількості ЗК;

елементи строчок матриці $\|A\|$ показують n – загальну кількість ЗПН, що виявляються усіма ЗК;

0 – у випадку, коли недостає елемента матриці.

Аналогічно можна побудувати матрицю $\|B\|$, яка пов'язує різні ЗК із відповідними завданнями автоматизованої обробки інформації, де загальна кількість стовпців b ($b \in (1, b)$) рівняється загальній кількості завдань автоматизованої обробки інформації для кожного i -го ЗК, а загальна кількість стрічок m – показує загальну кількість ЗК, в інтересах яких виконуються різні завдання автоматизованої обробки інформації [4].

Матриця $\|C\|$, яка є результатом перемноження матриць $\|A\|$ і $\|B\|$ пов'язує між собою завдання автоматизованої обробки інформації і цілі, тобто показує зв'язок між завданнями, які необхідно виконати для управління бойовими діями засобів ППО СВ та реальною повітряною обстановкою [4].

У зв'язку з тим, що протиповітряний бій носить двосторонній характер, також у ЗК існують обмеження по боєкомплекту та технічному стану, слід

використати матрицю $\|D\|$, яка описує можливості всіх ЗК вести бойові дії, де стовпці ($D \in (1, d)$) – параметри оцінки можливостей i -го ЗК вести бойові дії, а рядки – кількість ЗК ($i \in (1, m)$) [4].

Матриця $\|E\|$, яка є результатом перемноження матриць $\|A\|$ і $\|D\|$, пов'язує між собою параметри оцінки можливості i -го ЗК вести обстріл j -ї цілі та матриця $\|F\|$ показує зв'язок між задачами автоматизованої обробки інформації і станом ЗК [4].

Час автоматизованої обробки інформації про повітряну обстановку у смузі відповідальності відповідного ПУ ППО СВ отримаємо шляхом перемноження матриці $\|C\|$ на матрицю стовпець $\|T\|$ [4].

Таким чином, увесь час, який необхідно для автоматизованої обробки інформації на відповідному пункті управління ППО СВ про повітряну обстановку буде:

$$T_{ЗПН} = G = \sum_{j=1}^n g_j. \quad (22)$$

Аналогічно знайдемо час на автоматизовану обробку інформації та про стан своїх ЗК [4].

Припустимо, що перспективна система автоматизованої обробки інформації на пункті управління ППО СВ побудована шляхом паралельного об'єднання k однотипних каналів обробки вхідного потоку інформації. Тобто отримаємо матрицю-стовпець $\|K\|$. Усі завдання автоматизованої обробки інформації можна представити матрицею-стрічкою $\|P\|$ [4].

Якщо перемножити матриці $\|K\|$ і $\|P\|$, то отримаємо прямокутну матрицю $\|H\|$, що зв'язує канали автоматизованої обробки інформації із завданнями обробки [4].

Зв'язок між каналами обробки інформації та потоком вхідної інформації про повітряну обстановку в смузі відповідальності відповідного пункту управління ППО СВ буде показувати матриця $\|Q\|$, що є результатом перемноження матриць $\|C\|$ і $\|H\|$ [4].

Аналогічно отримаємо матрицю $\|R\|$, матрицю зв'язку між каналами обробки інформації та зенітними комплексами відповідного ППО СВ, а також матрицю $\|L\|$, матрицю зв'язку між каналами обробки інформації та елементами оцінки стану ЗК, перемноживши матриці $\|R\|$ та $\|D\|$ [4].

Перемноживши матриці $\|H\|$ і $\|T\|$ отримаємо матрицю-стовпець $\|I\|$, що показує час роботи кож-

ного каналу автоматизованої обробки інформації при обробці усіх завдань з обробки інформації [4].

Таким чином, час необхідний для автоматизованої обробки інформації про повітряну обстановку у багатоканальній системі обробки буде дорівнювати:

$$T_{ЗПН}^k = Z = \sum_{j=1}^n z_j. \quad (23)$$

Якщо порівняти між собою значення (23) та (22), за умови однакової продуктивності кожного окремого каналу обробки інформації $\mu_1 = \mu_i = \mu_{i+1}$, та прийняти гіпотезу, що тривалість кожного завдання приблизно рівна $t_1 = t_{b-1} = t_b$, то можна отримати співвідношення для ЗПН [4].

$$\frac{T_{ЗПН}}{T_{ЗК}^k} \approx k. \quad (24)$$

Аналогічно знайдемо час на автоматизовану обробку інформації про стан ЗК шляхом перемноження матриці $\|H\|$ та матриці-стовпця $\|I\|$ [4].

Тоді час, необхідний для автоматизованої обробки інформації про зенітні комплекси у багатоканальній системі обробки, буде дорівнювати:

$$T_{ЗК}^k = L = \sum_{i=1}^d l_i. \quad (25)$$

Загальний же час обробки інформації на відповідному пункті управління ППО СВ в ході ведення бойових дій, при використанні багатоканальної системи автоматизованої обробки інформації, отримаємо [4]:

$$T^k = T_{ЗПН}^k + T_{ЗК}^k. \quad (26)$$

Таким чином використання теорії матриць при обґрунтуванні структури системи автоматизованої обробки інформації дозволяє отримати якісну (не кількісну) характеристику переваг багатоканальної системи автоматизованої обробки інформації над одноканальною.

Висновки

Таким чином запропоновано удосконалений алгоритм автоматизованої обробки інформації виключивши зайвий час для обробки непотрібної, хибної (неправдоподібної) інформації, яка раніше надходила на ПУ з основною (необхідною). Це дозволить підвищити продуктивність роботи структури системи автоматизованої обробки інформації і підвищити ефективність роботи всього контуру управління. Таким чином запропонований математичний підхід по удосконаленню методу автоматизованої обробки інформації може бути використаний і впроваджений на пунктах управління засобами протиповітряної оборони різного рівня ієрархії нового покоління. Такий метод дозволить збільшити продуктивність роботи структури каналів АСУ по одночасній обробці інформації, яка буде надходити на пункти управління, як паралельно, так і послідовно. Використання удосконаленої автоматизованої обробки інформації дасть можливість зменшити час на обробку інформації і на прийняття рішення командиром відповідної ланки по розподілу цілей між підрозділами ППО СВ. Це в свою чергу приведе до підвищення ефективності усього контуру управління.

Список літератури

1. Филатов Н.В. Автоматизированные системы управления войск ПВО Сухопутных войск. Ч. 2 / Н.В. Филатов. – К.: ВА ПВО СВ, 1990. – 308 с.
2. Городнов В.П. Моделирование и оценка эффективности боевых действий войск (сил) протиповітряної оборони: теорія, практика, історія розвитку: монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин. – Х.: ХВУ, 2004. – 410 с.
3. Ярош С.П. Моделирование боевых действий зенитного ракетного подразделения / С.П. Ярош, М.О. Єрмошин, Г.А. Дробаха. – Х.: ХУПС, 2014. – 380 с.
4. Метод автоматизованої обробки інформації на ПУ ППО механізованої (танкової) бригади при паралельних та послідовних потоках інформації / С.П. Коваленко, В.М. Цвігун, І.В. Конєва, С.Г. Леушин // Системи обробки інформації. – 2004. – № 7(35). – С. 71-76.
5. Метод ефективного розподілу цілей при управлінні вогнем підрозділу / С.П. Коваленко, О.В. Коломійцев, В.В. Обрядін, К.І. Хударковський // Системи обробки інформації. – 2007. – № 3(16). – С. 41-43.
6. Коваленко С.П. Ефективний розподіл цілей між підрозділами ППО СВ – показник відверненого збитку військам / С.П. Коваленко, О.В. Коломійцев, Г.А. Левагін // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 2(22). – С. 211-215.
7. Kutsenko V.V. Parameters numerical values of errors distribution law in coordinate measuring process at the difference-distance measuring passive location method / V.V. Kutsenko, S.P. Kovalenko, D.D. Dobrowolski // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 1(26). – С. 82-84. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.17>.
8. Dave B. Improving information flow within the production management system with web services / B. Dave, S.C. Boddy, L.J. Koskela // Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (2010, July). – National Building Research Institute, Technion-Israel Institute of Technology. – 2010. – P. 445-455.
9. Automated task-level activity analysis through fusion of real time location sensors and worker's thoracic posture data / T. Cheng, J. Teizer, G.C. Migliaccio, U.C. Gatti // Automation in Construction. – 2013. – No. 29. – P. 24-39.
10. QLM Messaging Standards: Introduction and Comparison with Existing Messaging Protocols / S. Kubler, M. Madhikermi, A. Buda, K. Främling // Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing and Robotics. Springer International Publishing. – 2014. – P. 237-256.

11. Nguyen T.A. Energy intelligent buildings based on user activity: A survey / T.A. Nguyen, M. Aiello // *Energy and buildings*. – 2013. – No. 56. – P. 244-257.
12. Addressing information flow in lean production management and control in construction / D. Bhargav, S. Kubler, K. Främpling, L. Koskela // *Proceedings IGLC*. – 2014. – No. 22. – P. 592-581.
13. Kala T. Production Control Using LocationBased Management System on a Hospital Construction Project / T. Kala, C. Mouflard, O. Seppänen // *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. – San Diego, California, USA. – 2012.
14. Englehardt S. Web privacy measurement: Scientific principles, engineering platform, and new results / S. Englehardt et al. Available at: <http://randomwalker.info/publications/WebPrivacyMeasurement.pdf> (Accessed: 22.11.2014).

References

1. Filatov, N.V. (1990), “*Avtomatizirovanniye sistemy upravleniya voysk PVO Sukhoputnykh voysk. Chast 2*” [Automated control systems of troops of air defense of the Ground Forces. Part 2], MA ADF, Kyiv, 308 p.
2. Horodnov, V.P., Drobakha, H.A. and Yermoshyn, M.O. (2004), “*Modeliuvannia y otsinka efektyvnosti boiovykh dii viisk (syl) protypovitranoi oborony: teoriia, praktyka, istoriia rozvytku: monohrafiia*” [Modeling and evaluation of the effectiveness of combat operations of forces (forces) of air defense: theory, practice, history of development: monograph], KhMU, Kharkiv, 410 p.
3. Yarosh, S.P., Yermoshyn, M.O. and Drobakha, H.A. (2014), “*Modelyuvannya boyovykh diy zenitnoho raketnoho pidrozdilu*” [Modeling of combat operations of the anti-aircraft missile unit], KNAUF, Kharkiv, 380 p.
4. Kovalenko, S.P., Tsvihun, V.M., Konyeva, I.V. and Leushyn, S.H. (2004), “*Metod avtomatyzovanoi obrobky informatsii na PU PPO mekhanizovanoi (tankovoi) bryhady pry paralelnykh ta poslidovnykh potokakh informatsii*” [The method of automated information processing on the PU of an air defense mechanized (tank) brigade with parallel and successive streams of information], *Information Processing Systems*, No. 7(35), pp. 71-76.
5. Kovalenko, S.P., Kolomyitsev, O.V., Obryadin, V.V. and Khudarkovskiy, K.I. (2007), “*Metod efektyvnoho rozpodilu tsilei pry upravlinni vohnem pidrozdilu*” [Method of effective distribution of goals in fire control unit], *Information Processing Systems*, No. 3(16), pp. 41-43.
6. Kovalenko, S.P., Kolomyitsev, O.V. and Levahin, H.A. (2010), “*Efektyvnyi rozpodil tsilei mizh pidrozdilamy PPO SV – pokaznyk vidvernenoho zbytku viiskam*” [Effective distribution of goals between the units of Air Defense Ground Forces – an indicator of the deflected damage to troops], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 2(22), pp. 211-215.
7. Kutsenko, V.V., Kovalenko, S.P. and Dobrowolski, D.D. (2017), Parameters numerical values of errors distribution law in coordinate measuring process at the difference-distancemeasuring passive location method, *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(26), 82-84. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.17>
8. Dave, B., Boddy, S.C. and Koskela, L.J. (2010), Improving information flow within the production management system with web services, *Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, National Building Research Institute, Technion-Israel Institute of Technology, pp. 445-455.
9. Cheng, T., Teizer, J., Migliaccio, G.C. and Gatti, U.C. (2013), Automated task-level activity analysis through fusion of real time location sensors and worker's thoracic posture data, *Automation in Construction*, No. 29, pp. 24-39.
10. Kubler, S., Madhikermi, M., Buda, A. and Främpling, K. (2014), QLM Messaging Standards: Introduction and Comparison with Existing Messaging Protocol, *Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing and Robotics*, Springer International Publishing, pp. 237-256.
11. Nguyen, T.A. and Aiello, M. (2013), Energy intelligent buildings based on user activity: A survey, *Energy and buildings*, No. 56, pp. 244-257.
12. Bhargav, D., Kubler, S., Främpling, K. and Koskela, L. (2014), Addressing information flow in lean production management and control in construction, *Proceedings IGLC*, No. 22, pp. 592-581.
13. Kala, T., Mouflard, C. and Seppänen, O. (2012), Production Control Using LocationBased Management System on a Hospital Construction Project, *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, San Diego, California, USA.
14. Englehardt, S., Eubank, C., Zimmerman, P., Reisman, D. and Narayanan, A. (2014), *Web privacy measurement: Scientific principles, engineering platform, and new results*, available at: www.randomwalker.info/publications/WebPrivacyMeasurement.pdf, 2014, (accessed Nov. 22, 2014).

Надійшла до редколегії 15.01.2019

Схвалена до друку 5.03.2019

Відомості про авторів:

Коваленко Сергій Петрович

кандидат військових наук доцент
доцент Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-5843-6235>

Куценко Володимир Валерійович

кандидат технічних наук
старший викладач Харківського національного
університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-4174-2145>

Information about the authors:

Serhii Kovalenko

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Senior Lecturer of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-5843-6235>

Volodymyr Kutsenko

Candidate of Technical Sciences
Senior Instructor of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4174-2145>

Кравченко Сергій Опанасович
кандидат військових наук
доцент Національного університету
оборони України ім. І. Черняхівського,
Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8188-3113>

Serhii Kravchenko
Candidate of Military Sciences
Associate Professor of Ivan Chernyakhovsky National
Defense University of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8188-3113>

МЕТОД ИСКЛЮЧЕНИЯ ЛИШНЕЙ И ОШИБОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ В АЛГОРИТМАХ УПРАВЛЕНИЯ НА ПУНКТАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

С.П. Коваленко, В.В. Куценко, С.А. Кравченко

Актуальным вопросом сегодня является усовершенствование и создание новых алгоритмов управления, обеспечивающих эффективное управление средствами противовоздушной обороны (ПВО) Сухопутных войск (СВ) на каждом уровне звена управления. В статье предложен усовершенствованный метод автоматизированной обработки информации на пунктах управления (ПУ) ПВО СВ с использованием метода максимального правдоподобия оценки параметров движения целей и занятости зенитных комплексов для исключения ошибок в обработке лишней и неправдоподобной информации при одновременном поступлении параллельных и последовательных потоков информации. Применение предложенного метода позволит уменьшить время на обработку информации и на принятие решения командиром соответствующего звена управления по распределению воздушных целей между подразделениями (средствами) ПВО СВ, что позволит повысить эффективность всего контура управления.

Ключевые слова: автоматизированная обработка информации, пункт управления, распределение воздушных целей, контур управления, теория матриц, теория массового обслуживания.

METHOD OF ELIMINATING UNNECESSARY AND ERRONEOUS INFORMATION IN CONTROL ALGORITHMS AT AIR DEFENSE COMMAND POSTS OF GROUND FORCES

S. Kovalenko, V. Kutsenko, S. Kravchenko

The useful information which enters from radar stations of all group of air defense of ground forces needs to be processed on control center. Decision-making by the commander of the corresponding control link demands time for processing of this information and carrying out optimum operations. The flow of the entering information very big, at the same time information can come to a control loop as it is serial, and in parallel. Therefore automation of processing and distribution of information in a control loop of an air defense system of ground forces is necessary. The purpose of article is development of an advanced method of the automated information processing of the bound to quality of information and an exception of mistakes in processing, excess and improbable information on control center of air defense of ground forces at simultaneous receipts parallel and serial flows of information for increase in overall performance of all control loop. In article improvement of an algorithm of the automated information processing is carried out having excluded excess time for processing of false information which treated on control center necessary earlier. Thus the offered mathematical model approach on improvement of a method of the automated information processing can be used and introduced on control centers by means of air defense of different level of hierarchy of new generation. Such method will allow to increase efficiency of work of structure of channels of the automated control system on simultaneous information processing which will enter on control centers, both in parallel, and is serial. Use of the advanced automated information processing will allow to reduce time for information processing and for decision-making by the commander of the corresponding link on distribution of the purposes between divisions of air defense of ground forces. It will lead to increase in effectiveness of all control loop.

Keywords: automated information processing, control point, distribution of air targets, control loop, matrix theory, mass service theory.