

О. А. Черток¹, Ю. А. Данилов², А. С. Могілатенко²

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

² Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

МЕТОД АДАПТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ЗАДАЧ В КОМПЛЕКСІ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В статті розглядається метод адаптивного розподілу задач в комплексі засобів автоматизації системи управління спеціального призначення на основі аналізу загальної зовнішньої обстановки та функціонального стану оператора з використанням теорії масового обслуговування. Наведений метод розв'язує протиріччя, яке полягає у невідповідності обсягів задач, що вирішуються з використанням комплексу засобів автоматизації в умовах швидкої зміни загальної обстановки і інформаційного перевантаження операторів та необхідністю забезпечення заданого показника оперативності прийняття рішень. В роботі наведено запропоновану класифікацію оперативно-тактичних задач за типами вирішення в комплексі засобів автоматизації. Визначено параметри та критерії розподілу функцій між оператором та комплексом засобів автоматизації в системі управління спеціального призначення. Наведена схема визначення оптимального варіанту розподілу функцій між комплексом засобів автоматизації та оператором. Визначена структура методу адаптивного розподілу оперативно-тактичних задач в комплексі засобів автоматизації системи управління спеціального призначення. **Висновок.** За рахунок використання в комплексі засобів автоматизації спеціального призначення методу адаптивного розподілу задач, який враховує зміни зовнішньої обстановки та можливості оператора, підвищується оперативність вирішення задач управління.

Ключові слова: розподіл задач, комплекс засобів автоматизації, адаптивність, система управління спеціального призначення, оператор, функціональний стан.

Вступ

Постановка проблеми Комплекс засобів автоматизації (КЗА) системи управління спеціального призначення (СП) забезпечує автоматизацію найбільш складних і трудомістких задач управління (збір, обробку, збереження, документування та відображення інформації про загальну обстановку) за рахунок автоматизованого вирішення оперативно-тактичних задач (ОТЗ) в ході роботи.

Система управління СП представляє собою сукупність функціонально взаїмозв'язаних між собою органів управління, пунктів управління та технічної основи системи управління.

Управління силами та засобами повинно бути стійким, безперервним, оперативним та скритним, забезпечувати постійну готовність до виконання завдання за призначенням, ефективно використовувати можливості техніки та виконувати поставлені завдання у встановлені терміни та за будь-яких умов обстановки.

При аналізі застосування комплексів засобів автоматизації систем управління спеціального призначення спостерігається тенденція стосовно збільшення ролі людини при прийнятті відповідальних рішень.

Вважається, що на людину слід покладати виконання наступних функцій [1]:

- розпізнавання ситуації в цілому, по багатьом складнозв'язаним характеристикам, а також при неповній інформації про ситуацію;
- узагальнення окремих фактів в єдину систему;
- рішення завдань, в яких відсутній чіткий алгоритм, або відсутні точні правила обробки інформації;
- рішення завдань, які вимагають гнучкості і адаптації до умов, що швидко змінюються;

- рішення завдань з високою відповідальністю у разі виникнення помилки, та ін.

Особливістю функціонування КЗА системи управління спеціального призначення є те, що при збільшенні обсягів інформації, яка підлягає обробці у КЗА одночасному скорочується час, який відводиться на рішення задач [8].

Таким чином виникає протиріччя, яке полягає у невідповідності обсягів задач, що вирішуються з використанням КЗА в умовах швидкої зміни загальної обстановки і інформаційного перевантаження операторів КЗА та необхідністю забезпечення заданого показника оперативності прийняття рішень.

Високий ступінь невизначеності й динамічності загальної обстановки, обмежені часові рамки на вироблення рішень при значному об'ємі інформації свідчать про необхідність підвищення ефективності вирішення задач управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Закономірності процесу ухвалення рішень при ситуаційному аналізі обстановки є предметом наукових досліджень, які ведуться по двом напрямках. Перший напрям, знайшов відображення в теорії ухвалення рішень, і зводиться до пошуку відповіді на питання: "Як приймати рішення раціонально"? [3]. Другий напрям у вивченні закономірностей процесу ухвалення рішень та питань оптимізації висвітлює психологічна теорія. Психологічна теорія робить акцент на поведінкових аспектах ухвалення рішень людиною [4].

Предметом психологічної теорії рішень є діяльність особи, що приймає рішення в процесі виконання певних завдань. Вона вивчає такі послідовні етапи процесу ухвалення рішень:

- формування уявлення про завдання;
- оцінку корисності результатів альтернативних дій;

- прогнозування результатів альтернативних дій;
- прогнозування результатів рішень, що приймаються;
- вибір поведінки.

І що найважливіше - психологічна теорія вивчає вплив різних чинників на ухвалення рішень людиною [5].

Таким чином, ухвалення рішень це складний процес, який залежить від великого числа чинників. В основі цього процесу знаходиться людина. Але людина тісно взаємопов'язана з технікою

Метою статті є наведення удосконаленого методу розподілу задач, що вирішуються в комплексі засобів автоматизації системи управління спеціального призначення.

Основний матеріал

Адаптивність системи управління спеціального призначення визначається її здатністю ефективно виконувати задані функції в певному діапазоні зміни умов. Чим ширше цей діапазон, тим більше адаптивною вважається структура.

Для автоматизації вирішення оперативних і технологічних задач в КЗА системи управління спеціального призначення (СП) використовуються принципи побудови розподіленої системи [6]. За основу взаємодії елементів виробу вибрана клієнт-серверна технологія з використанням мережевого протоколу передачі даних ТСП/IP. Топологія побудови мережі – “зірка”. З робочих місць обслуговування КЗА здійснюється вирішення задач згідно їх функціональних обов'язків операторів [7]:

- автоматичний обмін інформацією з центральним обчислювальним комплексом;
- формування та відображення динамічної та статичної інформаційної моделі на засобах відображення АРМ згідно з призначенням та в обсязі, що забезпечує вирішення задач згідно функціональних обов'язків осіб обслуговування КЗА;
- автоматизоване управління режимами відображення інформаційної моделі та роботи АРМ;
- автоматизований обмін інформацією з базою даних;
- автоматизоване вирішення інформаційно-розрахункових задач та відображення їх результатів на засобах відображення АРМ;
- автоматизоване введення, передача та прийом неформалізованих команд, розпоряджень, сигналів, донесень;
- автоматизоване проведення тренувань.

Оперативні задачі в КЗА системи управління спеціального призначення, у відповідності до закладеного алгоритму управління, вирішуються в автоматизованому режимі.

Для повного використання можливостей КЗА необхідно брати до уваги окремі властивості вирішуваних задач.

Різний тип оперативно-тактичних задач повинен передбачати різну ступінь участі в них операторів КЗА.

При врахуванні різних факторів обстановки

що склалася, зовнішньої ситуації, стану техніки, морально-психологічного стану операторів, їх психофізіологічного стану та працездатності необхідно передбачити переведення задач до таких режимів (рис. 1):

1. Оперативно-тактична задача (ОТЗ), що вирішується автоматично, тобто без участі оператора КЗА.

2. ОТЗ, що вирішується автоматизовано (напівавтоматично), тобто передбачає втручання оператора КЗА до процесу вирішення завдання.

3. ОТЗ, що вирішується за викликом, коли оператор КЗА вирішує оперативну задачу, активуючи режим її виконання.

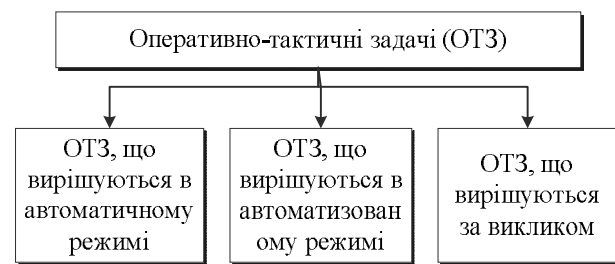


Рис. 1. Класифікація оперативно-тактичних задач за типами вирішення в КЗА

Саме в умовах складної зовнішньої обстановки на яку накладається перенавантаження операторів і спрацьовує така властивість як адаптивність.

Для вирішення задачі адаптивного розподілу оперативно-тактичних задач визначимо параметри та критерії розподілу функцій між оператором та КЗА в системі управління спеціального призначення. Для вирішення задачі розподілу функцій між КЗА і оператором повинні бути отримані оцінки параметрів та критерії. Такими величинами є:

l_j – щільність потоку часткових задач кожного типу ($j = 1, 2, \dots, m$);

$P_{ij}^{(a)}$ – ймовірність своєчасного вирішення часткових задач оператором з використанням технічних засобів ($i = 1$) та відповідно до прийнятого алгоритмом ($i = 2$);

$P_{ij}^{(b)}$ – ймовірність безпомилкового виконання окремих задач оператором ($i = 1$) і КЗА ($i = 2$).

Порядок визначення оптимального варіанту розподілу оперативних задач між оператором та КЗА представлений на рис. 2.

Основна частина задач, що вирішуються в КЗА системи управління СП, пов'язана з надходженням вхідної інформації. При її надходженні на вході обслуговуючих приладів. (під обслуговуючими приладами ми будемо розуміти або операторів, або алгоритми вирішення задач, що реалізуються в КЗА) формулюються вимоги до рішення задач обробки інформації та управління інформаційними моделями певного типу.

Щільність потоку таких задач визначають такі фактори:



Рис. 2. Схема визначення оптимального варіанту розподілу функцій між КЗА та оператором

- інтенсивність оновлення вхідної інформації;
- тактико-технічні характеристики засобів обробки інформації;
- кількість джерел інформації;
- вірогідність ускладнення загального інформаційного простору тощо.

Максимальна щільність потоку задач визначається виразом:

$$L_{\max} = \sum_{i=1}^k n_i / T^{\text{онов}}, \quad (1)$$

де L_{\max} – максимальна щільність потоку задач;
 n_i – максимальне число об'єктів, від i -го джерела інформації;
 k – загальне число джерел інформації;
 $T^{\text{онов}}$ – період оновлення інформації.

Для визначення ймовірності своєчасного виконання часткових задач оператором скористаємось методом статистичного моделювання одноканальної системи масового обслуговування.

Метод статистичного моделювання дозволяє більш повно, порівняно з асимптотичними формулами, дослідити залежність якості обслуговування від характеристик потоку задач і параметрів обслуговуючого приладу.

Час, необхідний для вирішення задач оператором підпорядкований закону Пірсона:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\beta}}{\Gamma(\beta)} (x-t_1)^{\beta-1} \exp\{-\beta(x-t_1)\}, & x > t_1; \\ 0, & x \leq t_1. \end{cases} \quad (2)$$

Для вирішення поставленої задачі використовуємо алгоритм, підготовчі операції якого включають в себе наступне:

1. Визначення коефіцієнтів завантаженості обслуговуючих операторів потоками задач j -го типу при однофункціональній діяльності за формулою:

$$z_j = \lambda_j t_j^{\text{роб}}. \quad (3)$$

2. Перевірка виконання умови:

$$\sum_{j=1}^{m_1} (1-z_j) \geq 1. \quad (4)$$

Якщо умова (4) не виконується, то визначити кількість обслуговуючих операторів $N_j^{\text{min}} < N_{\text{зад}}$ не є можливим. У цьому випадку діяльність операторів повинна бути однофункціональною, що обумовлено їх тимчасовою завантаженістю при вирішенні задач.

Якщо умова (4) виконується, то є можливість зменшити число обслуговуючих операторів, для чого перейти до п.3.

3. Якщо спочатку потоки пронумеровані довільним чином, то визначається підстановка

$$J = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & m_1 \\ j_1 & j_2 & \dots & j_{m_1} \end{pmatrix},$$

для номерів якої j_1, j_2, \dots, j_{m_1} виконується умова:

$$z_{j_1} > z_{j_2} > \dots > z_{j_{m_1}}. \quad (5)$$

Подальша частина алгоритму визначення N_j^{min} і розподілу потоків між ними являє собою багатокрокову ітераційну процедуру, число кроків якої K визначається з умови:

$$K \leq \left\lceil \sum_{j=1}^{m_1} (1-z_j) \right\rceil, \quad (6)$$

де $\lceil a \rceil$ – найближча менша частина числа a .

Розглянемо K – й крок алгоритму.

4. Присвоїти $K := K + 1$ та визначити необхідну кількість обслуговуючих приборів на K – му, кроці за формулою:

$$N_K := N_{\text{зад}} - K. \quad (7)$$

5. Визначити послідовно N_K операторів на потоки часткових задач, починаючи з потоку з номером $j_1 \in J$ та закінчуючи потоком $j_{N_k} \in J$ та визначити $v=1$.

6. Визначити номер v^* обслуговуючого оператора з умови:

$$\sum_{j=1}^{S_r^*} z_j := \min_r \sum_{j=1}^{S_r} z_j, \quad r = 1, 2, \dots, N_k. \quad (8)$$

і призначити його на потік з номером j_{N_k+v} .

7. Перерахувати коефіцієнт завантаженості для r^* -го оператора:

$$z_{r^*} := \sum_{j=1}^{S_{r^*}} z_j + z_{j_{N_k+v}}. \quad (9)$$

8. Перевірити $v = m_l - N_k$.

Якщо ні, визначити $v := v + 1$ і перейти до п. 6, якщо да – до п.9.

9. Перевірити:

$$\sum_{r=1}^{N_k} (1 - z_r) \geq 1. \quad (10)$$

Якщо да, перейти до п. 4. Якщо ні, то $N_k = N_1^{\min}$ і розподіл потоків затверджується.

З урахуванням виразів (3 – 10) та процедур визначених вище можна визначити метод адаптивного розподілу задач між операторами та КЗА у наступному вигляді (рис. 3).

Вхідними даними, що використовуються в методі, є функціональний стан оператора, загальна обстановка, що склалася на даний момент часу та склад задач, що необхідно вирішувати в цих умовах.

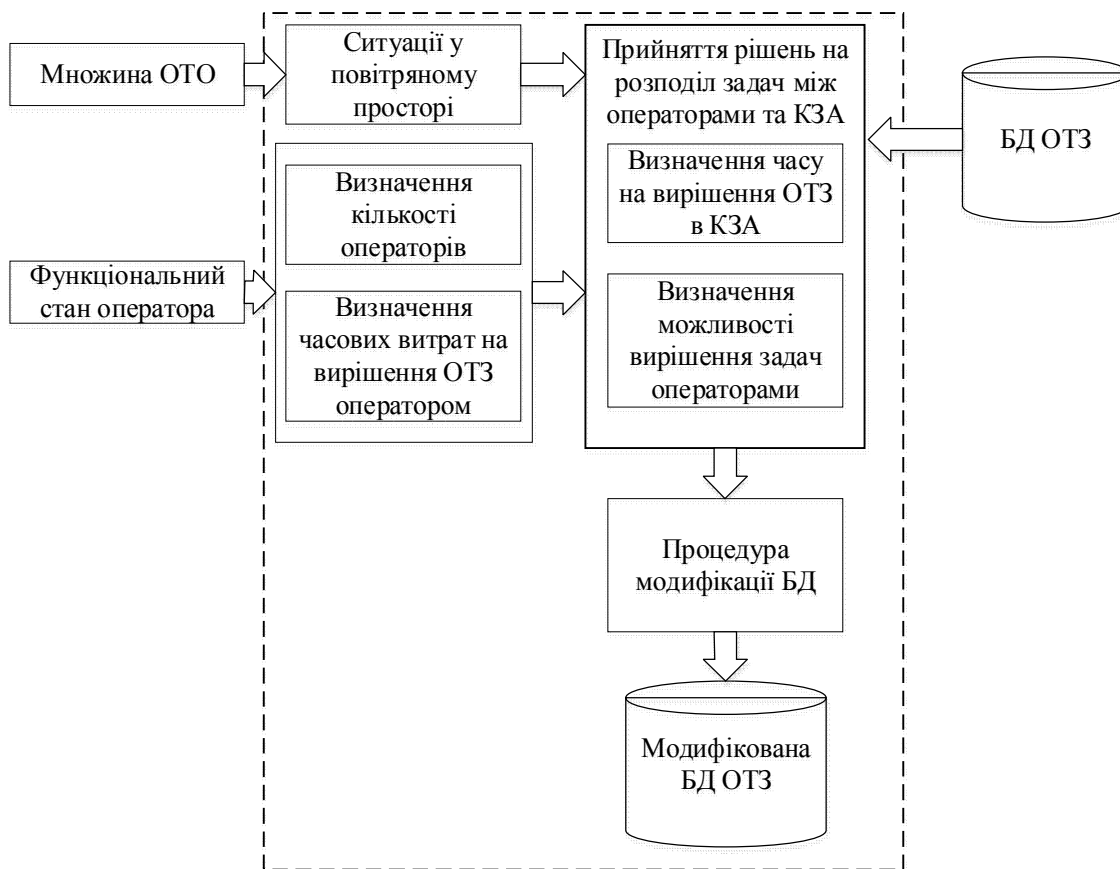


Рис. 3. Структура методу адаптивного розподілу оперативно-тактичних задач в КЗА спеціального призначення

Загальна обстановка передбачає різну кількість оперативно-тактичних задач, що до неї відносяться. Оперативно-тактичні задачі мають суворо визначену структуру.

У зв'язку зі зміною загальної обстановки та функціонального стану оператора спостерігається ситуація, коли оператор (група операторів) виявляються не спроможним виконувати функціональні обов'язки в повному обсязі.

У залежності від втомленості оператора, при не проявленні ним активності, частина задач, що вирішувались автоматизовано, переводиться до автоматичних. Задачі, що вирішувались за викликом, переміщуються до автоматизованих.

На виході ми маємо таку ж кількість оперативно-тактичних задач, що за кількістю співпадають, але мають іншу структуру.

Система управління резервує оператора при виникненні в його діяльності високої суб'єктивної складності через перевантаження інформацією, накопиченої втомі та інших чинників.

Висновки

За рахунок використання в комплексі засобів автоматизації спеціального призначення методу адаптивного розподілу задач, який враховує зміни зовнішньої обстановки та можливості оператора, підвищується оперативність вирішення задач управління.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Математические основы эргономических исследований: монография / П. Г. Бердник, Г. А. Кучук, и др. – Кропивницкий: КЛА НАУ, 2016. – 248 с.
2. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.В. Токарев. – Київ: Наукова думка, 1993. – 183 с.
3. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат; пер. с англ. 2-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с. (Адаптивные и интеллектуальные системы).
4. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб.: БХВ Петербург, 2005. – 736 с.
5. Худов Г.В. Використання мультиагентного (мурашиного) алгоритму для розпізнавання елементів замислу повітряного противника / Г.В. Худов, І.А. Таран // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 3(43). – С. 179-185.
6. Степанов Г.С. Погляди щодо проблемних питань застосування Повітряних Сил в протиповітряній обороні / Г.С. Степанов, В.В. Камінський, М.А. Павленко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2018. – № 1(30). – С. 18-23.
7. Висоцький О.В. Оптимальне правило прийняття рішення при сумісному пошуку і виявленні об'єктів по критерію максимальної правдоподібності / О.В. Висоцький, Г.В. Худов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 1(22). – С. 76-79.
8. Несміян О.Ю. Аналіз інформаційного забезпечення та завантаженості каналів прийому інформації операторами систем АСУ / О.Ю. Несміян, М.А. Павленко // Системи озброєння і військова техніка. – 2016. – № 2(46). – С. 129-133.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. І. Тимочко,
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

Received (Надійшла) 15.09.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 22.10.2018

Метод адаптивного распределения задач в комплексе средств автоматизации системы управления специального назначения

О. А. Черток, Ю. А. Данилов, А. С. Могилатенко

В статье рассматривается метод адаптивного распределения задач в комплексе средств автоматизации системы управления специального назначения на основе анализа общей внешней обстановки и функционального состояния оператора с использованием теории массового обслуживания. Приведенный метод разрешает противоречие, которое состоит в несоответствии объемов задач, которые решаются с использованием комплекса средств автоматизации в условиях быстрой смены общей обстановки, информационной перегрузкой операторов и необходимостью обеспечения заданного показателя оперативности принятия решений. В работе приведено классификацию оперативно-тактических задач по типам их решения в комплексе средств автоматизации. Определены параметры и критерии распределения функций между оператором и комплексом средств автоматизации в системе управления специального назначения. Наведена схема определения оптимального варианта распределения функций между комплексом средств автоматизации и оператором. Определена структура метода адаптивного распределения оперативно-тактических задач в комплексе средств автоматизации системы управления специального назначения. **Вывод.** За счет использования в комплексе средств автоматизации специального назначения метода адаптивного распределения задач, учитывающий изменения внешней обстановки и возможности оператора, повышается оперативность решения задач управления.

Ключевые слова: распределение задач, комплекс средств автоматизации, адаптивность, система управления специального назначения, оператор, функциональное состояние.

Method of adaptive distribution of tasks in the complex of means of automating the management system of special purpose

O. Chertok, Yu. Danilov, A. Mogilatenko

The article discusses the method of adaptive distribution of tasks in a complex of automation equipment and special-purpose management based on the analysis of the general external environment and the functional state of the operator using queuing theory. The above method establishes a contradiction, which consists in the inconsistency of the volume of tasks that are solved using a set of automation tools in a rapidly changing general environment, information overload of operators and the need to ensure a given indicator of efficiency of decision making. The paper presents the classification of operational tactical tasks according to the types of their solution in a complex of automation equipment. The parameters and criteria for the distribution of functions between the operator and the complex of automation equipment in the special-purpose control system are defined. A scheme for determining the optimal variant of the distribution of functions between the complex of automation equipment and the operator has been suggested. The structure of the method of adaptive distribution of operational-tactical tasks in the complex of automation equipment for a special-purpose management system is determined. **Conclusion.** Due to the use in the complex of special purpose automation means of the adaptive distribution of tasks, which takes into account changes in the external environment and the capabilities of the operator, the efficiency of the decision of management problems increases.

Keywords: distribution of tasks, complex of automation tools, adaptability, special purpose management system, operator, functional state.