

Контроль космічного та повітряного простору

УДК 681.3

doi: 10.26906/SUNZ.2019.6.009

К. С. Васюта, Д. А. Чопенко

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ У ВІДКРИТІЙ ЕКСПЕРТНІЙ СИСТЕМІ ПУНКТУ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Анотація. У статті запропоновано в рамках використовуваного формально-логічного апарату структури цільових установок розробка моделі використання ресурсів у відкритій експертній системі пункту управління Повітряних Сил. Розглянутий порядок та основні правила використання множини ресурсів керованої системи. Визначено, що використання ресурсів керованої системи здійснюється на основі сукупності правил, які сформульовані в нормативних документах та які можна розділити на наступні групи: нормативні правила використання ресурсу, нормативні правила витрати та поповнення запасу впливів ресурсу і правила спільного використання ресурсів. Обґрунтовані та сформульовані на змістовному рівні основні гіпотези моделі ресурсів, які можуть бути використані при формалізації задач управління, що вирішуються на пункті управління Повітряних Сил. Сформульовані ресурсно-часові обмеження, яким повинен задовольняти варіант рішення, що синтезується. Напрямок подальших досліджень є розробка відповідного методу формалізації та маніпулювання знаннями про порядок і правила використання ресурсів.

Ключові слова: пункт управління, експертна система, ресурси, знання, формалізація, структура цільових установок.

Вступ

Постановка проблеми. У процесі синтезу можливих варіантів розподілу підлеглих засобів вогневого та інформаційного придушення й інформаційних засобів ПУ на пункті управління (ПУ) Повітряних Сил (ПС) необхідний облік в явному вигляді матеріально-енергетичного аспекту знань, який відображає знання про відповідні часові співвідношення і необхідні ресурси, що забезпечують виконання поставленого бойового завдання [1].

Формалізувати процес управління силами та засобами ПУ ПС у повному обсязі не представляється можливим [2, 3]. Тому під управлінням ПУ ПС будемо розуміти тільки процес, який пов'язаний з виробленням рішення та реалізацією розподілу сил та засобів ПУ у ході безпосередньої підготовки та ведення бойових дій.

Тому в рамках використовуваного формально-логічного апарату структури цільових установок (СЦУ) [4] необхідна розробка моделі використання ресурсів у відкритій експертній системі ПУ ПС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з основних понять при рішенні задач даного класу є поняття ресурсу, тобто того, що будемо розподіляти. У загальному випадку під ресурсами розуміються деякі матеріальні засоби надання цілеспрямованого впливу на об'єкти зовнішнього середовища або (та) отримання даних про них. Проте надалі у якості ресурсу ми будемо розглядати тільки засоби вогневого та інформаційного придушення та інформаційні засоби ПУ ПС, які можуть бути використані їх для надання впливу на повітряного противника та отримання даних.

Особливості управління ПУ ПС визначаються особливостями ведення бойових дій в сучасних

умовах [5]. Аналіз характеру бойових дій в локальних конфліктах останніх років показує, що у теперішній час є ряд особливостей [1, 6–7], які впливають на управління ПУ ПС взагалі.

Перша особливість полягає у тому, що бойові дії будуть виконуватися в умовах гострого дефіциту часу. Друга особливість – значна кількість інформації, яка надається командирі й на основі якої він повинен приймати рішення. Наступна особливість управління бойовими діями ПУ ПС полягає у тому, що прийняття якісного рішення, тобто рішення яке найбільше відповідає ситуації, що склалася, важке через невизначену інформації.

Нарешті, слід мати на увазі, що для вироблення рішення на управління ПУ ПС командир повинен, при наймі, хоча б один варіант дій підлеглих сил та засобів, що визначає розподіл їх по повітряним цілям. Проте в сучасних умовах кількість можливих варіантів дій значно збільшилося за рахунок можливості, що з'явилася, вибору різних систем вражаючих засобів, використання засобів невражаючих дій та інше. Це призводить до того, що вироблення більш обґрунтованого рішення необхідно синтезувати множину варіантів розподілу ресурсів ПУ ПС в конкретній ситуації з урахуванням заданих обмежень на кількість ресурсів, що використовуються, та на час виконання бойової задачі [8].

Мета статті – розробка моделі використання ресурсів у відкритій експертній системі пункту управління Повітряних Сил.

Виклад основного матеріалу

Модель ресурсів керованої системи. Усі керуючі впливи на повітряні об'єкти (повітряного противника) здійснюються силами та засобами ПС за допомогою використання множини ресурсів. У зага-

льному випадку система може володіти різними типами ресурсів. Так, наприклад, для ПУ ПС в якості ресурсів можуть розглядатися підлеглі з'єднання, частини й підрозділи родів військ ПС.

Можливість використання R_i ресурсу ПУ ПС (i – тип ресурсу), як засобу надання цілеспрямованого впливу на ПО, можна відобразити за допомогою наступних його характеристик:

– запас ресурсу в момент часу t – $Z(R_i, t)$;

– запас впливу ресурсу в момент часу t – $3(R_i, t)$.

При цьому будемо розуміти під запасом ресурсу кількість одиниць ресурсу даного типу, а під запасом впливів – кількість засобів реалізації впливів, за допомогою яких здійснюється безпосередній вплив на об'єкти зовнішнього середовища. Тому величина запасу ресурсу характеризує потенційну можливість його використання, а величина запасу впливу – реальну.

Стосовно до задачі, яка вирішується, в якості ресурсу може виступати збр. У цьому випадку запас ресурсу можна визначити як кількість збр у ПвК, а запас впливу ресурсу даного типу як сумарна кількість вогневих каналів.

Математична модель деякої системи, зокрема модель ресурсів, повинна включати в себе гіпотези, обмеження і припущення [9]. Для того, щоб сформулювати основні гіпотези, обмеження і припущення моделі ресурсів в першу чергу проаналізуємо порядок і правила використання ресурсів, зумовлені специфікою управління засобами вогневого та інформаційного придушення і інформаційними засобами ПУ ПС.

Порядок та основні правила використання множини ресурсів системи. Виходячи з аналізу особливостей даної предметної області, порядок використання ресурсу конкретного типу можна представити у вигляді графа станів, який наведений на рис. 1 [10-12].

На графі введені такі стани:

A_0 – ресурс R_i не готовий в момент часу t до використання внаслідок відсутності запасу впливів $3(R_i, t) = 0$ або знаходиться в граничному (в сенсі можливості функціонування) стані;

A_1 – ресурс знаходиться в стані поповнення запасу впливів;

A_2 – ресурс володіє запасом впливів $3(R_i, t) > 0$, але не приведений в готовність до впливу на об'єкти зовнішнього середовища;

A_3 – ресурс володіє запасом впливів $3(R_i, t) > 0$, готовий до надання впливів на об'єкти зовнішнього середовища, але не використовується;

A_4 – ресурс залучений частиною запасу впливу $3^u(R_i, t)$ для надання впливів на об'єкти зовнішнього середовища, $3(R_i, t) - 3^u(R_i, t) > 0$;

A_5 – ресурс залучений для надання впливів на об'єкти зовнішнього середовища всім запасом впливів $3^u(R_i, t) = 3(R_i, t)$.

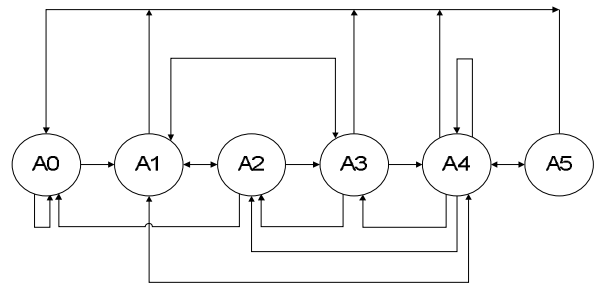


Рис. 1. Граф станів ресурсу

Перехід $A_0 \rightarrow A_1$ відповідає початку поповнення запасу впливів ресурсу після його повної витрати або процесу відновлення працездатності ресурсу. Перехід в стан поповнення запасу впливів можливий й із станів A_2, A_3, A_4 (переходи $A_2 \rightarrow A_1, A_3 \rightarrow A_1, A_4 \rightarrow A_1$). У цьому випадку повернення здійснюється в стан, в якому здійснюється накопичення запасу впливів ресурсу ($A_1 \rightarrow A_2, A_1 \rightarrow A_3, A_1 \rightarrow A_4$).

Слід відзначити той факт, що в загальному випадку всі часові характеристики, що визначають час перебування ресурсу в якомусь стані або час переходу його з одного стану в інший є обмеженими випадковими величинами. При цьому в більшості випадків визначити закони розподілу цих випадкових величин практично неможливо. Однак в теорії ймовірності доведено, що незалежно від щільності розподілу випадкової величини завжди можна визначити інтервал, в який дана випадкова величина потрапляє із заданою ймовірністю (теорема Чебишева) [13].

Тому в подальшому усі випадкові величини, що визначають часові характеристики ресурсу (в тому числі й час його використання) ми будемо розглядати як нестохастичні випадкові величини, які задані за допомогою інтервалу можливих значень. У загальному випадку такі випадкові величини є безперервними, проте припустимо, що ми зробили їх дискретизацію, з урахуванням заданої точності рішення задачі. Тому в подальшому будемо вважати, що вони можуть приймати тільки обмежений набір значень із заданого інтервалу.

Стан A_1 характеризується інтервалом часу $T_{ПЗВ}^*$, протягом якого здійснюється поповнення запасу впливів ресурсу, та інтенсивністю поповнення $I^П(R_i, T_{ПЗВ}^*)$. У загальному випадку інтенсивність поповнення запасу впливів ресурсу i -го типу на часовому інтервалі $T_{ПЗВ}^* = [t_{ПЗВ}^1, t_{ПЗВ}^2]$ визначається таким співвідношенням:

$$I^П(R_i, T_{ПЗВ}^*) = \frac{\sum_{v=1}^V \sum_{t=t_{ПЗВ}^1}^{t_{ПЗВ}^2} H_{П}(R_i, t)_v}{t_{ПЗВ}^2 - t_{ПЗВ}^1}, \quad (1)$$

де $H_{П}(R_i, t)_v$ – v -та норма поповнення запасу впливів i -го ресурсу в момент часу t ;

V – кількість різних норм поповнення запасу впливів R_i ресурсу.

Після поповнення запасу впливів зі стану $A1$ ресурс переходить в стан $A2$.

Перевід ресурсу в готовність до використання $A2 \rightarrow A3$ здійснюється за час $t_{ПРГ}(R_i)$. Можливий й зворотній перехід $A3 \rightarrow A2$ при відсутності необхідності у використанні ресурсу.

Перехід $A3 \rightarrow A4$ здійснюється залученням ресурсу для надання впливів на об'єкти зовнішнього середовища і характеризується часом переводу ресурсу в стан надання впливів $t_{ПРВ}(R_i)$.

Час $t_{ПРГ}(R_i)$ та $t_{ПРВ}(R_i)$ визначаються тактико-технічними характеристиками використовуваного ресурсу.

Стан $A4$ характеризується інтервалом часу T_{P3B}^* протягом якого використовується даний ресурс та інтенсивністю витрати запасу впливів $I^P(R_i, T_{P3B}^*)$ даного ресурсу.

У загальному випадку кожен з ресурсів системи може залучатися для надання впливів на кілька об'єктів зовнішнього середовища одночасно. Тому інтенсивність витрати запасу впливів $I^P(R_i, T_{P3B}^*)$ ресурсу i -го типу на часовому інтервалі $T_{P3B}^* = [t_{P3B}^1, t_{P3B}^2]$ визначається наступним співвідношенням:

$$I^P(R_i, T_{P3B}^*) = \frac{\sum_{q=1}^Q \sum_{t=t_{P3B}^1}^{t_{P3B}^2} H_P(R_i, t)_q}{t_{P3B}^2 - t_{P3B}^1}, \quad (2)$$

де $H_P(R_i, t)_q$ – q -та норма витрати запасу впливів i -го ресурсу в момент часу t ;

Q – кількість різних норм витрати запасу впливів R_i ресурсу.

Час використання ресурсу носить явно виражену функціональну залежність від набору вихідних параметрів (характеристик цілі, тактико-технічних характеристик і географічного розташування ресурсу і т.п.).

У стані $A4$ можливий перехід $A4 \rightarrow A4$, який визначає нарощування витрати запасу впливів ресурсу в рамках його запасу – послідовне залучення ресурсу для надання впливів на об'єкти зовнішнього середовища. При досягненні граничного значення $3''(R_i, t) = 3(R_i, t)$ (залучення всього запасу впливів ресурсу) здійснюється перехід в стан $A5$. Після закінчення впливів в стані $A4$ та наявності деякого залишкового запасу впливів можливий перехід в стан $A3$ або $A2$ (в залежності від обстановки, що складається).

Із стану $A5$ можливий перехід в стан $A4$ (при наявності невикористаного з яких-небудь причин запасу впливів) або в стан $A0$ (після закінчення

впливу). Перехід в $A0$ можливий з будь-якого стану у разі припинення функціонування ресурсу.

Використання ресурсів здійснюється на основі правил, які сформульовані в нормативних документах. Всі ці правила можна розділити на такі дві групи:

1. Нормативні правила використання R_i ресурсу – $\overline{Ni}(R_i)$.

Дані правила характеризують можливість використання даного типу ресурсу в конкретній ситуації, тобто фактично вони визначають чи можна призначити ресурс на виконання роботи за певних початкових умов. Ці правила формуються на основі нормативних документів і директив, які визначають умови використання того чи іншого типу ресурсу.

2. Нормативні правила витрати $\overline{Np}(R_i)$ та поповнення $\overline{Nn}(R_i)$ запасу впливів R_i ресурсу.

Ці правила визначають порядок використання відповідних норм. При цьому інтенсивність витрати або поповнення запасу впливів ресурсу певного типу на кожному одиничному часовому інтервалі є величина постійна, так як вона визначається тільки нормами витрати або поповнення запасу впливів ресурсу, які в свою чергу задаються нормативними документами у вигляді констант (вирази (1)–(2)).

Однак наведених вище правил недостатньо для повного опису ресурсів системи, так як деякі з ресурсів можуть використовуватися у взаємодії з іншими видами ресурсів [9]. Тому необхідно ще визначити правила спільного використання ресурсів \overline{Pr}^c .

Правила спільного використання ресурсів визначають можливість одночасного використання ресурсів різного типу, норми витрати запасу впливів ресурсів при їх взаємодії, а також пріоритет спільного використання ресурсів. Зазначені правила будуються на основі нормативних документів, а також розпоряджень командирів і начальників, що визначають способи взаємодії підлеглих з'єднань, частин і підрозділів родів військ.

Основні гіпотези моделі ресурсів. Обґрунтовані та сформульовані на змістовному рівні такі основні гіпотези моделі ресурсів, які можуть бути використані при формалізації задач управління, що вирішуються на ПУ ПС.

1. Усі цілеспрямовані впливи на ПО здійснюються за допомогою використання множини ресурсів;

2. Ресурси мають засоби надання впливів на об'єкти зовнішнього середовища;

3. Ресурси використовуються на підставі певних нормативних правил $\overline{Ni}(R_i)$;

4. Керована система в кожен момент часу t має певний запас кожного з ресурсів $\overline{Z}(R_i, t)$;

5. Кожен з ресурсів керованої системи має певний запас впливів $\overline{Z}(R_i, t)$;

6. Ресурси мають нормативні правила витрати $\overline{Np}(R_i)$ та поповнення $\overline{Nn}(R_i)$ запасу впливів;

7. Ресурси можуть витрачати та поповнювати запас впливів за певний проміжок часу, який визначається технічними можливостями засобів реалізації впливів;

8. Ресурси системи характеризуються просторовими параметрами – географічним положенням, дальністю реалізації впливів і т.п.;

9. Ресурси можуть використовуватися послідовно або спільно у відповідності до правил спільного використання \overline{Pr}^c .

Таким чином, при формалізації задач управління, що вирішуються на пункті управління Повітряних Сил з використанням апарату формалізації структури цільових установок [3] множина нелогічних аксіом, які характеризують особливості предметної області, необхідно доповнити сукупністю аксіом, які описують розглянуту модель ресурсів. Дані нелогічні аксіоми можуть бути представлені у такому вигляді:

$$\forall R_i \forall t (\exists Z(R_i, t) > 0) \{ [3(R_i, t) > 0] \wedge G(R_i, t) \} \Rightarrow M \uparrow D(R_i, \overline{O}_j, t), \quad (3)$$

$$\forall R_i \forall T_{P3B}^* \left\{ \left(t_{P3B}^2 - t_{P3B}^1 > 0 \right) \wedge D(R_i, \overline{O}_j, t_{P3B}^1) \right\} \Rightarrow \left\{ \left[\frac{3(R_i, t_{P3B}^2) - 3(R_i, t_{P3B}^1)}{t_{P3B}^2 - t_{P3B}^1} = I^P(R_i, T_{P3B}^*) \right] \wedge (I^P(R_i, T_{P3B}^*) > 0) \right\}, \quad (4)$$

$$\forall R_i \forall T_{ПЗВ}^* \left\{ \left(t_{ПЗВ}^2 - t_{ПЗВ}^1 > 0 \right) \wedge \neg D(R_i, \overline{O}_j, t_{ПЗВ}^1) \right\} \Rightarrow \left\{ \left[\frac{3(R_i, t_{ПЗВ}^2) - 3(R_i, t_{ПЗВ}^1)}{t_{ПЗВ}^2 - t_{ПЗВ}^1} = I^{II}(R_i, T_{ПЗВ}^*) \right] \wedge (I^{II}(R_i, T_{ПЗВ}^*) \geq 0) \right\}, \quad (5)$$

$$\forall i \forall t [\exists R_i] \left\{ Ni(R_i)_e \equiv (\exists \overline{O}_a [\forall O_k \in \overline{O}_a (Pi_j \equiv Yi(t)_m)] \Rightarrow R_i) \right\}, \quad (6)$$

$$\forall i \forall t [\exists R_i] \left\{ Np(R_i)_e \equiv (\exists \overline{O}_b [\forall O_p \in \overline{O}_b (Pp_j \equiv Yp(t)_m)] \Rightarrow Hp(R_i, t)_q) \right\}, \quad (7)$$

$$\forall i \forall t [\exists R_i] \left\{ Nn(R_i)_e \equiv (\exists \overline{O}_c [\forall O_n \in \overline{O}_c (Pn_j \equiv Yn(t)_m)] \Rightarrow Hn(R_i, t)_v) \right\}, \quad (8)$$

$$\forall i \forall t [\exists R_i] \left\{ Pr_u^c \equiv \bigcup_{i \ m} \left(\left[Ni^c(R_i)_s \right], \left[Np^c(R_i)_e \right], \left[Hp^c(R_i, t)_q \right] \right) / \overline{Yp} \right\}, \quad (9)$$

$$\forall R_i \forall t \exists Kx \exists Ky \exists Kz \{ [\exists Kx(R_i, t) \geq 0] \wedge [\exists Ky(R_i, t) \geq 0] \wedge [\exists Kz(R_i, t) \geq 0] \}, \quad (10)$$

$$\forall R_i \forall t \exists D_1 \exists D_2 \{ [D_1(R_i) \leq D_2(R_i)] \wedge M \uparrow (R_i, \overline{O}_j, t)_{D_1} \wedge \neg M \uparrow (R_i, \overline{O}_j, t)_{D_2} \}, \quad (11)$$

де $G(R_i, t)$ – предикат, що позначає стан готовності i -го ресурсу до надання впливів в момент часу t ;

$D(R_i, \overline{O}_j, t)$ – предикат, що позначає деяку дію, вироблену за допомогою впливів R_i ресурсу на множині \overline{O}_j об'єктів зовнішнього середовища в момент часу t ;

$M \uparrow$ – предикат, що позначає можливість виникнення деякої події у майбутньому;

$\overline{O}_a, \overline{O}_b, \overline{O}_c$ – множини об'єктів аналізу посилки;

$O_k, Pi_j, Yi(t)_m$ – відповідно об'єкт аналізу, ознака, що характеризує деяку властивість об'єкта та його значення, що визначає істинність посилки для нормативних правил використання ресурсу

$O_p, Pp_j, Yp(t)_m, O_n, Pn_j, Yn(t)_m$ – об'єкт аналізу, ознака та його значення відповідно для нормати-

вних правил витрати й поповнення запасу впливів ресурсу;

Pr_u^c – u -е правило спільного використання ресурсів;

$Ni^c(R_i)_s$ – s -те нормативне правило спільного використання i -го ресурсу;

$Np^c(R_i)_e$ – e -те нормативне правило витрачання запасу впливів i -го ресурсу при спільному використанні ресурсів;

$Hp^c(R_i, t)_q$ – q -та норма спільного використання запасу впливів i -го ресурсу;

\overline{Yp} – множина умов застосування нормативних правил при їх об'єднанні в склад правил спільного використання ресурсів;

$Kx(R_i, t), Ky(R_i, t), Kz(R_i, t)$ – координати розташування R_i ресурсу в просторі в момент часу t ;

$D(R_i)$ – дальність надання впливів ресурсу i -го типу.

Аксіоми визначають наступне:

(2)–(5) можливість надання впливів, використання та поповнення запасу впливів ресурсу;

(6) – порядок формування нормативних правил використання ресурсу;

(7), (8) – порядок формування нормативних правил витрати і поповнення запасу впливів ресурсу;

(9) – порядок формування правил спільного використання ресурсів при їх взаємодії;

(10), (11) – описують просторові характеристики ресурсу.

Використання СЦУ для формалізації задач управління передбачає, що всі синтезовані варіанти досягнення деякої сукупності ресурсно-часових обмежень. Тому при формалізації знань про правила використання ресурсів необхідно врахувати ці обмеження.

Ресурсно-часові обмеження, яким повинен задовольняти варіант рішення, що синтезується. Сформульовані наступні загальні ресурсно-часові вимоги (обмеження) до варіантів рішень, що формуються.

1. Час досягнення безлічі цільових станів Час досягнення множини цільових станів $t_{ДЦ}$ не повинен перевищувати деякого наперед заданого значення $t_{ТР}$

$$t_{ДЦ} \leq t_{ТР}. \quad (12)$$

2. На будь-якому часовому інтервалі

$$T^* = [t^1, t^2], \quad (t^1 \leq t^2 \leq t_{ДЦ})$$

протягом якого інтенсивність витрати запасу впливів розглянутого ресурсу залишається незмінною повинно виконуватися наступна нерівність:

$$\forall R_i \left\{ \left(I^P(R_i, T^*) \times (t^2 - t^1) \right) \leq \min_{t=t^1}^{t^2} Z(R_i, t) \right\}. \quad (13)$$

3. Загальна витрата запасу впливів кожного типу ресурсу в процесі досягнення множини цільових станів не повинна перевищувати величини $Z(R_i)$:

$$\forall R_i \left\{ \sum_{t=0}^{t_{ДЦ}} \sum_{q=1}^Q H_p(R_i, t)_q \leq Z(R_i) \right\}. \quad (14)$$

4. Одночасно роботи, що виконуються, не є взаємовиключними.

Аналіз завдань, що вирішуються на ПУ ПС з управління підлеглими з'єднаннями, частинами та підрозділами родів військ показує, що вищенаведені вимоги повинні бути доповнені наступними.

5. Нерозривність роботи, тобто неможливість перервати хід її виконання до повного закінчення. Переривання роботи означає неможливість досягнення якогось стану, що є закінченням даної роботи.

А це, в свою чергу, веде до недосягнення поставленої мети управління.

6. Обмеження по терміну використання ресурсу. До моменту виконання роботи запас впливу ресурсу може бути рівним нулю або виявитися недостатнім для виконання поставленої задачі з заданою кількістю в зазначені терміни.

Для відновлення запасу впливів R_i ресурсу необхідний деякий час $t_{восм}(R_i)$, який дає можливість довести запас ресурсу відповідного типу до рівня, що забезпечує виконання поставленого завдання. При цьому інтенсивність поповнення запасу впливів $I^{II}(R_i, T_{ПЗВ}^*)$ ресурсу i -го типу на часовому інтервалі $T_{ПЗВ}^* = [t_{ПЗВ}^1, t_{ПЗВ}^2]$ визначається виразом (1).

7. Зменшення ресурсу в часі.

Запаси ресурсу вважаються постійними. Але специфіка даної предметної області не дозволяє прийняти таке припущення. Так, при відображенні масованого удару повітряного противника ефективність застосування сил і засобів ПУ ПС буде зменшуватися як за рахунок їх можливого нераціонального використання, так і за рахунок безповоротних втрат особового складу і бойової техніки на всіх етапах ведення бойових дій. Таким чином, запас впливів ресурсу конкретного типу є незростаючою функцією часу. Так як оцінити всі фактори, що впливають на зменшення ресурсу, неможливо, то для досягнення поставлених цілей потрібно вживати усі заходи для зменшення спадання ресурсу у часі. І крім того необхідно вимагати щоб різниця між початковим та поточним значеннями запасу впливів R_i ресурсу для всього проміжку часу виконання роботи перевищувала б деякий встановлений мінімальний поріг $\lambda(R_i)$:

$$\max_{t=0}^{t_{ДЦ}} Z(R_i, t) - Z(R_i) \geq \lambda(R_i). \quad (15)$$

8. Можливість перепризначення ресурсу в ході виконання бойового завдання.

У процесі досягнення цільових станів часто існує можливість перерозподілу ресурсу з однієї роботи на іншу, а також призначення кілька ресурсів для виконання однієї роботи.

Використання апарату формалізації СЦУ для формалізації задач управління, що вирішуються на ПУ ПС, передбачає необхідність здійснення контролю коректності всіх її структурних елементів на етапах розробки та поповнення бази знань відкритої експертної системи [2-3, 8]. Знання про правила використання ресурсів і запасу їх впливів є одним з основних структурних елементів використовуюваного апарату формалізації, і тому необхідна розробка відповідної процедури контролю їх коректності.

Висновки

Таким чином, використання СЦУ в якості апарату формалізації задач управління, що вирішують-

ся на ПУ ПС, передбачає, що особливості предметної області, зокрема, знання про ресурсах, описуються за допомогою деякої логічної моделі. Однак жорсткі обмеження, що пред'являються до часу вироблення рішення на ПУ ПС неможливо безпосередньо використовувати систему нелогічних аксіом для опису знань про ресурси. Проведений аналіз показує на необхідність в розробки методу формалізації, який би дозволив сформулювати структуру знань, що забезпечує їх придатність для вирішення завдань управління ресурсами ПУ ПС в реальному масштабі часу.

Використання ресурсів керованої системи здійснюється на основі сукупності правил, які сформульовані в нормативних документах (бойових стату-

тах, директивах і розпорядженнях командирів і т.п.). Дані правила можна розділити на наступні групи: нормативні правила використання ресурсу, нормативні правила витрати і поповнення запасу впливів ресурсу і правила спільного використання ресурсів.

Обґрунтовані та сформульовані на змістовному рівні такі основні гіпотези моделі ресурсів, які можуть бути використані при формалізації задач управління, що вирішуються на ПУ ПС.

Сформульовані ресурсно-часові обмеження, яким повинен задовольняти варіант рішення, що синтезується.

Напрямок подальших досліджень є розробка методу формалізації та маніпулювання знаннями про порядок і правила використання ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Смірнов О. О. Аналіз бойового застосування авіації в локальних війнах і збройних конфліктах другої половини ХХ – поч. ХХІ ст. / О. О. Смірнов, О. В. Білов // Наука і техніка ПС ЗСУ. – 2010. – № 1(3). – С. 67-75.
2. Павленко М. А. Метод формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямку удару засобів повітряного нападу на оперативному напрямку / М. А. Павленко, В. О. Корнев, В. Є. Герасимов // Системи озброєння та військова техніка. – 2008. – № 1(13). – С. 64-69.
3. Тимочко А. И. Совершенствование средств формализации задач по управлению динамическими объектами / А. И. Тимочко // Системи обробки інформації. – 2010. – № 8. – С. 90-93.
4. Раковский Х. В. Задача формализации процессов управления боевой подготовкой / Х. В. Раковский, К. А. Метешкин, М. А. Павленко // Системи обробки інформації. – 2008. – № 2(69). – С. 162-165.
5. Ткаченко М.Д. Послідовність та зміст роботи командира і штабу з'єднання щодо організації маневреної оборони / М. Д. Ткаченко, М. А. Павленко // Збірник наукових праць ХУ ПС. – 2008. – № 2(17) – С. 29-32.
6. Радецький В. Г. Уроки і висновки бойових дій в Югославії / В. Г. Радецький // Народна армія. – 18.07.2000 р.
7. Свиридов А. Некоторые особенности операции „Свобода Ирака” / А. Свиридов // ЗВО. – 2003. – №4. – С. 2-7.
8. Павленко М. А. Проблеми виконання статистичного аналізу баз знань інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень / М. А. Павленко, С. В. Осієвський // Новітні технології – для захисту повітряного простору : XV міжнар. наук. конф., 10-11 квіт. 2019 р. : тези допов. – Харків, 2019. – С. 290-291.
9. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навчальний посібник / В.Г. Маценко. – Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014.–519 с.
10. Коваленко А. А., Кучук Г. А. Методи синтезу інформаційної та технічної структур системи управління об'єктом критичного застосування. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 1. С. 22–27. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.04>
11. Свиридов А. С., Коваленко А. А., Кучук Г. А. Метод перерозподілу пропускну здатності критичної ділянки мережі на основі удосконалення ON/OFF-моделі трафіку. *Сучасні інформаційні системи*. 2018. Т. 2, № 2. С. 139–144. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.2.24>
12. Нікольський Ю. В., Пасічник В., Щербина Ю. М. Дискретна математика. – Львів: «Магнолія-2006», 2009. – 432 с.
13. Жалдак М. І. Теорія ймовірностей і математична статистика / М. І. Жалдак, Н. М. Кузьміна, Г. О. Михалін. – Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2015. – 706 с.

Received (Надійшла) 18.10.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.11.2019

Development of a model of use of resources in an open experts system of air control point

K. Vasiuta, D. Chophenko

Abstract. It is established that the use of the structure of target installations as an apparatus for formalizing control tasks solved at the control point of the Air Force provides that the features of the subject area, in particular, knowledge about resources, are described using some logical model. The article proposes, within the framework of the formal-logical apparatus of the structure of target installations, the development of a model for the use of resources in an open expert system of an Air Force control center. It is established that the mathematical model of some system, in particular, the resource model, must include hypotheses, limitations, and assumptions. In order to formulate the main hypotheses, limitations and assumptions of the resource model, the order and rules of resource use are analyzed. The order and basic rules for using multiple resources of a managed system are considered. It is determined that the use of resources of a managed system is carried out on the basis of a set of rules formulated in regulatory documents and which can be divided into the following groups: regulatory rules for the use of a resource, regulatory rules for consumption and replenishment of the effects of a resource, and rules for sharing resources. The main hypotheses of the resource model are substantiated and formulated at a substantive level, which can be used to formalize the control tasks to be solved at the control point of the Air Force. A lot of illogical axioms that characterize the features of the subject area, a set of axioms that describe the considered resource model are supplemented. Resource-time restrictions are formulated, which must be satisfied by the solution that is synthesized. The direction of further research is the development of an appropriate method of formalizing and manipulating knowledge about the procedure and rules for using resources.

Keywords: control point, expert system, resources, knowledge, formalization and manipulation of knowledge, structure of target settings.