УДК. 629.7.017.1

***САМКОВ О.В.**, головний науковий співробітник, доктор технічних наук, професор*
***ЛЕЖЕНІН С.І.,** начальник науково-дослідного управління, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник*
***ЗАХАРЧЕНКО Ю.А.**, аспірант кафедри автоматизації та енергоменеджменту НАУ*

МЕТОДИ РІШЕННЯ ЗАДАЧ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Розглядається методичний підхід управління проектами модернізації парку авіаційної техніки на основі комбінованого використання імунних систем та байєсових мереж довіри

В сучасних умовах ринок постійно висуває нові більш жорсткі вимоги до авіаційної техніки (АТ), що потребує її безперервного удосконалення. З урахуванням старіння авіаційного парку та складного економічного становища в нашій державі одним із шляхів задоволення цих вимог є модернізація існуючого авіаційного парку та продовження його строку служби.

Під модернізацією АТ розуміється відновлення морально застарілих (у функціональному відношенні) її зразків шляхом заміни конструкції, елементної бази, матеріалів або технологій виготовлення з метою поліпшення характеристик і підвищення ефективності використання.

Модернізація авіаційного парку дозволяє, на відміну від закупівлі нових зразків АТ, довести застарілу техніку до рівня, що задовольняє сучасним вимогам, при витратах на порядок менших. Тому модернізація АТ є пріоритетним напрямом більшості країн світу, навіть таких, як США, Великобританія, Франція та ін.

Необхідність проведення модернізації АТ в Україні потребує вирішення її завдань, що пов’язані з обґрунтуванням доцільності модернізації різних типів АТ, визначенням оптимальних варіантів модернізації та формуванням оптимальних (раціональних) планів її проведення.

Однією з важливих задач модернізації АТ є задача управління проектами, від розв’язання якої залежить ефективність її проведення, а також витрати ресурсів. Результатом вирішення цієї задачі є оптимальний (раціональний) розподіл ресурсів між роботами та виконавцями при плануванні та управлінні проектами модернізації, який буде своєчасно та в повному обсязі забезпечувати очікуваний результат та задовольняти вимогам критерію «ефективність-вартість».

Завдання розподілу ресурсів може вирішуватись при різних умовах її забезпеченості: при достатньому або недостатньому забезпеченню ресурсами, а також при їх невизначеності (рис.1).

© Самков О.В., Леженін С.І., Захарченко Ю.А., 2009

Для вирішення першого типу завдання на даний час розроблено ряд методичних підходів [1…3], але в сучасних економічних умовах, що склалися в Україні, вони неефективні.

Розв'язання поставленої задачі ускладнюється тим, що модернізація в Україні проводиться в умовах невизначеного та недостатнього фінансування [4]. Проте, працездатних методів та алгоритмів, які б дозволяли вирішувати такі задачі, на даний час не існує. Це обумовлює необхідність розробки методичного апарату, який дозволить обґрунтовано здійснювати підтримку прийняття рішень в умовах невизначеного та недостатнього фінансування процесів модернізації АТ під час її планування та управління.

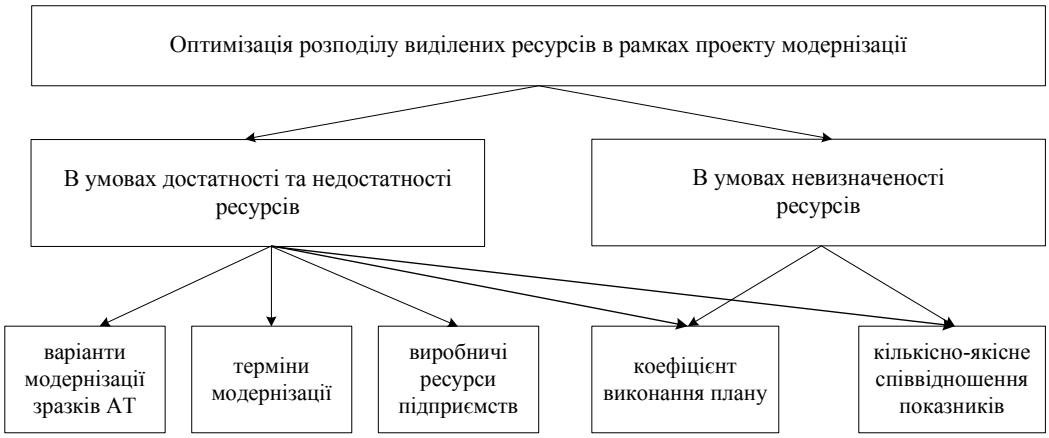

Рис.1. Схема вирішення завдання оптимального розподілу ресурсів для проекту модернізації авіаційної техніки

У зв'язку з цим, метою цієї статті є розробка методу та моделі розв'язання задачі управління проектами модернізації АТ на основі нового методичного апарату – імунних алгоритмів, як ефективного засобу управління проектами. Застосування даного методу дозволить знизити помилки при плануванні модернізації АТ та обґрунтувати практичні рекомендації в умовах невизначеності забезпечення ресурсами.

З метою вирішення поставленої задачі досліджень, запропоновано розглядати модернізацію з позиції системного підходу на рівні парку АТ і в якості об'єкта досліджень виділити авіаційний комплекс (АК), який, крім літального аппарату (ЛА), включає засоби наземного обслуговування, аеродромно - технічного забезпечення, зв'язку та управління.

Вхідними даними задачі дослідження є сукупності наступних характеристик АК та вимоги до них, які включають:

завдання та можливості, вирішення яких мають забезпечити АК після модернізації;

типи АК, що підлягають модернізації;

виробничі потужності підприємств, на яких буде проводитися модернізація;

можливі варіанти модернізації за типами АК;

обсяги різних типів ресурсів;

терміни надходження ресурсів.

В якості факторів, що мають невизначеність, розглянуті обсяги та терміни поставки ресурсів (наприклад, фінансових).

У зв'язку з наявністю невизначеностей в задачі управління проектами модернізації АТ розглянуто стохастичну постановку задачі дослідження. Вона полягає у знаходженні для визначеного типу АК такого *i*-го оптимального варіанта модернізації, який забезпечує максимум математичного сподівання цільової функції, підвищення коефіцієнту потенційних можливостей парку АК після модернізації за наявності невизначеності обсягів та термінів фінансування з урахуванням обмежень на задані терміни та бюджет модернізації.

Для забезпечення процесу модернізації існує широка номенклатура ресурсів (у тому числі людських) та робіт, що пов'язані з різними типами АК та варіантами модернізації. Основними типами ресурсів є: запасні частини, витратні матеріали, людські, фінансові та часові ресурси. Очевидно, що зміна деякого ресурсу або затримка робіт приводять до відхилення від плану та зростання витрат на проведення модернізації [3,4].

План модернізації парку АТ у загальному вигляді визначається множиною характеристик:

$$Pl(x,u,\xi), \qquad (1)$$

де $\{x\}$ – визначені характеристики, що складаються із кінцевих елементарних множин та характеризуються вектором параметрів:

$\{A\} \neq \varnothing$ – множина μ-х типів АК, які підлягають модернізації;

$\{B\} \neq \varnothing$ – множина характеристик *j*-х варіантів модернізації μ-х типів АК;

$\{D\} \neq \varnothing$ – множина характеристик виробничих потужностей підприємства, на яких планується проведення модернізації;

$\{E\} \neq \varnothing$ – множина характеристик програми модернізації;

$\{u\}$ – закон розподілу фінансових ресурсів $u(t)$;

$\{\xi\}$ – характеристики невизначеності в процесі проведення модернізації.

Таким чином, задача зводиться до знаходження такого плану $Pl(x,u,\xi)$ оптимального розподілу ресурсів $u = \varphi(u_1,u_2,...,u_j,)$, $u_{опт} \in u$ за μ типами АК з урахуванням усіх варіантів модернізації, який би забезпечував максимальний приріст потенціальних можливостей усього парку АК та задовольняв би обмеженням:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} s_i \le S_{зад} \\ T_{заг} \le T_{зад} \end{cases}, \qquad (2)$$

де $S_{зад}$ – обсяг фінансових ресурсів, виділений на всю програму модернізації; $T_{заг}$, $T_{зад}$ – терміни проведення модернізації (загальний та передбачений програмою модернізації відповідно).

Процес формування плану модернізації парку АК можна формалізувати за наступною схемою (де N_i – різні типи АК, V_{ij} – варіанти модернізації певного типу АК), що описує надходження фінансових ресурсів (обсяги та терміни), їх оцінку достатності, процедуру розподілу, оцінку результатів виконання плану модернізації,

аналіз відхилення від плану та внесення коректив (рис.2). В кінцевому результаті формується оптимальний (раціональний) план проведення модернізації парку АК.

Однією з важливих задач планування процесу модернізації АК є розподіл ресурсів між різними потужностями підприємств, на яких буде проходити модернізація їх парку згідно з усіма необхідними етапами програми модернізації. Результатом планування є календарний план всього процесу, який подається у вигляді розкладу робіт відповідно до потужностей підприємства за типами АК з урахуванням термінів виконання всієї програми модернізації. При цьому потрібно розробити календарні нормативи, щоб забезпечити рівномірну модернізацію АК в заданий термін за наявних потужностей з максимальною їх завантаженістю та звести до мінімуму витрати ресурсів.

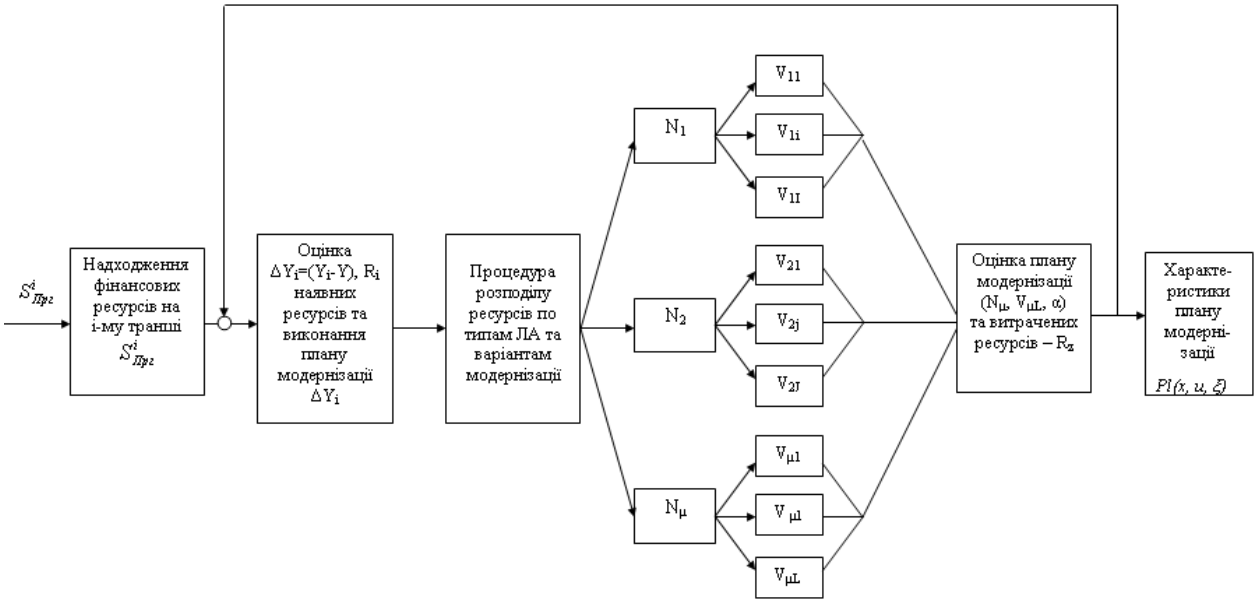

Рис.2. Схема управління формуванням плану модернізації парку АТ

Для розв’язання даної задачі був обраний алгоритм клонального відбору, який відноситься до імунних алгоритмів [5].

Для побудови клонального імунного алгоритму необхідно визначити: спосіб подання розв’язання завдання у вигляді антитіл (індивідуумів), функцію афінності та процедуру репродукції, що включає оператори відбору, клонування і мутації антитіл [5]. Одним із найбільш зручних подань розв’язку розглянутого завдання є тривимірна матриця, осями якої відповідно є: типи АК, розподілені стосовно виробничих потужностей підприємств, на яких виконується модернізація; варіанти модернізації кожного типу АК; роботи по виконанню процесу модернізації. Подання даної структури антитіла можна зобразити у вигляді таблиці 1, де по чарункам виконується розподіл робіт з модернізації:

Для реалізації алгоритму клонального відбору і розв’язання задач розробки плану модернізації весь перелік робіт модернізації АК та їх ресурсні обмеження формалізовані у вигляді антитіл. Такий вид формалізації являє собою послідовність плану робіт із зазначенням виконання або невиконання певної роботи на даному етапі проведення модернізації. На основі послідовності таких рядів робіт методом неповного перебору відзначається результуючий календарний план проекту.

Особливістю такої формалізації є необхідність виконання вимоги про забезпечення унікальності усіх генів антитіла, тобто включених у розклад кожної роботи або ресурсу тільки один раз і при цьому повинні бути виконані всі етапи проекту модернізації АК.

Таблиця 1.

Розподіл робіт (*W*) при виконання етапів модернізації з урахуванням різних варіантів модернізації АК (μ)

W1			***W2***			**…**	***Wi***		
M_1	…	μ_i	μ_1	…	μ_i	…	μ_1	…	μ_i
0		1	1		1	…	1		0

Але застосування даного підходу, хоч і дає наближений до оптимального план розподілу ресурсів для проведення модернізації, проте лише частково вирішує проблему невизначеності. У зв'язку з чим додатково пропонується для вирішення поставленого завдання використовувати байєсові мережі довіри (БМД) [5] для зняття невизначеності ресурсів.

Математичний апарат байєсових мереж довіри включає основні складові:

функцію Байєса

$$p(H \mid E, \xi) = \frac{p(E \mid H, \xi)\, p(H \mid \xi)}{p(E \mid \xi)}, \text{ при } p(E \mid \xi) > 0, \qquad (3)$$

де $p(H \mid \xi)$ – апріорний імовірнісний розподіл множини змінних $H, H = \{h_1, h_2, ..., h_n\}$, що називаються набором гіпотез; $p(H \mid E, \xi)$ - апостеріорний розподіл H після одержання множини спостережень E, $E = \{e_1, e_2, ..., e_m\}$;

ланцюгове правило

$$p(h_1, ..., h_n \mid \xi) = \prod_{i=1}^{n} p(h_i \mid h_1, ..., h_{i-1}, \xi), \qquad (4)$$

яке відіграє важливу роль при побудові байєсових мереж, як засіб виявлення умовної незалежності змінних, що визначає структуру мережі;

правило узагальненої суми

$$\sum_E p(H, E \mid \xi) = p(H \mid \xi). \qquad (5)$$

Використання теореми Байєса і двох правил обчислення імовірностей, дозволяє визначити імовірнісні розподіли для всіх невизначених змінних мережі. Основними перевагами використання БМД у порівнянні зі звичайними математичними моделями є: інтуїтивно зрозуміле й обґрунтоване подання взаємозв'язків аргументів; можливість існування змінної, як у вигляді аргументу, так і у вигляді шуканого об'єкта в рамках однієї структури; можливість поширення інформації в обох напрямках байєсової мережі.

Умовні імовірності вузлів мережі визначаються експертними оцінками в наступному вигляді:

$$p^э\left(v \mid \Pi^э, \lambda\right), \qquad (6)$$

де $p^э$ – умовна ймовірність настання події v, а саме – завершення поточного етапу і відомої інформації про поточний етап.

Запропонований підхід надає змогу отримати концептуальну модель побудови

проекту модернізації парку АК (рис. 3), у якій на вхід подаються дані про наявні на даному етапі ресурси та відбувається оцінка потреб у цих ресурсах відповідно до плану модернізації. На наступному етапі за допомогою імунних алгоритмів вирішується завдання оптимального розподілу ресурсів для виконання модернізації та формується набір календарних планів програми модернізації АК, і з цього набору обирається найбільш задовільний з урахуванням невизначеностей різного типу завдяки процедурам БМД.

Застосування запропонованої моделі дозволяє отримати календарний план виконання плану модернізації парку АК з урахуванням усіх зазначених умов та обмежень.

Рис. 3. Концептуальна модель побудови планів модернізації АК

Таким чином, запропонована у даній статті модель побудови планів модернізації, методи вирішення завдання на основі комбінованого використання алгоритмів штучних імунних систем та байєсових мереж довіри дозволяють одержувати обґрунтовані плани модернізації в умовах невизначеності та усунути помилки при плануванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клишин Ю. Ставка на модернизацию и многофункциональность // Вестник воздушного флота. –1999. – №1. – С. 18–21.
2. Самков О.В., Коваленко А.В. Методологія обґрунтування варіантів модернізації парку бойових авіаційних комплексів // Зб. наукових праць. – Вип.6. – К.: НЦ ВПС ЗС України, 2003. — С. 15–20.
3. Самков О.В., Климчук В.П. Особливості розробки та реалізації авіаційних цільових комплексних програм в Україні // Вісник НАУ. – 2004. – № 4 (22). – С. 55– 60.
4. Финадорин Г.А., Харченко А.В., Самков А.В. Методологические аспекты формирования программы развития военной авиации // Труды НЦ ВВС.– К.: НЦ ВВС. – 1997. – Вып. 1.– С. 77– 87.
5. Самков О.В., Литвиненко В.І. Методологічний підхід щодо вирішення завдань розподілу ресурсів в умовах невизначеності // Зб. наукових праць. – Вип. 21(9). – К.: ДНДІА, 2006.– – С. 220 – 225.

Надійшла до редакції 30.10.2009