

## АЛГОРИТМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ГАЛУЗІ ОСВІТИ

Самков О.В., Захарченко Ю.А., Соколова Н.П.

Національний авіаційний університет  
м. Київ, Україна

**АНОТАЦІЯ:** Розглянуто математичну модель заходів з енергозбереження для вищих навчальних закладів та запропоновано алгоритм побудови оптимальної моделі вибору заходів з енергозбереження з урахуванням фінансових обмежень на основі апарату штучних імунних систем, що є запорукою ефективної роботи системи енергетичного менеджменту.

**АННОТАЦИЯ:** Рассмотрена математическая модель мероприятий по энергосбережению для высших учебных заведений и предложен алгоритм построения оптимальной модели выбора мероприятий по энергосбережению с учетом финансовых ограничений на основе аппарата искусственных иммунных систем, что является залогом эффективной работы системы энергетического менеджмента.

**ABSTRACT:** We consider a mathematical model of the energy saving measures for higher educational institutions and the algorithm of the optimal model of choice for energy saving measures with regard to financial constraints, on the basis of the apparatus of artificial immune systems, which is essential for the effective operation of the system of energy management.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** математична модель, імунні системи, енергозберігаючі заходи.

Сучасний економічний стан більшості країн, у тому числі й України, а також проблеми нераціонального енерговикористання є актуальними у всьому світі, а їх вирішення є складовою ланкою сталого розвитку суспільства, що поєднує екологічну, економічну та соціальну складові та формує основні вимоги до використання ресурсів.

На сьогоднішній день у всіх галузях народного господарства велике значення приділяється заходам з енергоефективності, які направлені на ефективне і раціональне використання енергетичних ресурсів. Однак особливої актуальності ці питання набувають в галузі освіти, оскільки навчальні заклади є не лише споживачами ресурсів (економічна складова), а також впливають на навколишнє середовище (екологічна складова), а й осередком виховання енергоощадливої свідомості громадян (соціальна складова)[2].

Існує багато схем щодо раціонального використання енергоресурсів з урахуванням типів виробництва та умов роботи. Проте основним чинником при впровадженні даних пропозицій з енергоменеджменту є фінансові обмеження об'єкту енергоспоживання, які і формують перелік та об'єм заходів.

Пропонується модель заходів з енергозбереження у вищому навчальному закладі та вказаний дискретний числовий діапазон кожного параметру з урахуванням мінімальних та максимальних потреб закладу щодо певного виду заходу з енергозбереження.

$$M_E(N, D, \varepsilon), \quad (1)$$

де  $M_E$  – модель енергозберігаючих заходів;

$N$  – множина  $k$  енергозберігаючих заходів  $n_i$ , запропонованих для застосування у ВНЗ,  $n_i \in N, i = \overline{1; k}$ ;

$D$  – множина параметрів кожного енергозберігаючого заходу, ( $d_j^{n_i} \in d_{n_i}, d_{n_i} \in D$ );

$\varepsilon$  – обмеження екологічної безпеки щодо впровадження  $n_i$ -го заходу.

Цільова функція поставленої задачі відповідно до сформованої моделі має наступний вигляд:

$$M_E(N, D, \varepsilon) \rightarrow \min C, \quad (2)$$

з обмеженням

$$C \geq C_{min}$$

де  $C$  – загальний обсяг фінансових коштів, виділених на впровадження енергозберігаючих технологій;

$C_{min}$  – мінімальний обсяг фінансових коштів, на впровадження енергозберігаючих технологій (вводиться для наближення значення цільової функції до об'єму виділених коштів та запобіганню наближення цільової функції до нульового значення).

Для вирішення проблеми побудови оптимальної моделі енергозберігаючих заходів ВНЗ з урахуванням фінансових обмежень було проведено аналіз основних методів оптимізації. Зважаючи на усі переваги та недоліки оптимізаційних методів, пропонується використання методологічного апарату штучних імунних систем. Модель енергозбереження подається у вигляді антитіла (масиву даних, комірками яких є числове значення певного заходу з енергозбереження). Довжина антитіла дорівнює кількості запропонованих заходів, а кожен сегмент антитіла змінюється у рамках встановленого алфавіту множини параметрів  $D$ .

Таблиця 1

Загальний вигляд антитіла моделі енергозберігаючих заходів

n <sub>1</sub>				n <sub>2</sub>				...	...	n <sub>k</sub>			
$d_1^{n_1}$	$d_2^{n_1}$	...	$d_j^{n_1}$	$d_1^{n_2}$	$d_2^{n_2}$	...	$d_j^{n_2}$			$d_1^{n_k}$	$d_2^{n_k}$	...	$d_j^{n_k}$

Формально клональний алгоритм можна подати в такий спосіб[1]:

$$CLONALG = (Ab^0, g, L, N, n, \beta, d, \varepsilon), \quad (3)$$

де  $Ab^0$  – вихідна популяція антитіл;

$g$  – цільова функція;

$L$  – довжина рецептора антитіла;

$N$  – кількість антитіл у популяції;

$n$  – кількість антитіл, що відбираються для клонування (з найвищою афінністю);

$\beta$  – фактор множення, що впливає на кількість клонів кожного антитіла;

$d$  – кількість антитіл, що підлягають заміні новими (із самою низькою афінністю);

$\varepsilon$  – критерій зупинки.

Основним значенням для побудови антитіла для моделі енергозбереження є визначення переліку енергозберігаючих заходів. Для прикладу запропоновані наступні групи, які у свою чергу поділяються на більш дрібні заходи з енергозбереження: термомодернізація огорожувальних конструкцій ( $e_1, e_2, e_3$ ), модернізація джерел

теплоти ( $e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}$ ), модернізація теплових пунктів та систем обліку з облаштуванням систем автоматики ( $e_{12}, e_{13}, e_{14}$ ), заходи в системі електропостачання ( $e_{15}, e_{16}, e_{17}, e_{18}$ ), впровадження альтернативних та відновлювальних джерел енергії ( $e_{19}, e_{20}, e_{21}, e_{22}, e_{23}$ ). Кожен захід визначатиме окремий ген антитіла, а їх кількість – довжину антитіла.

При формуванні антитіла моделі енергозберігаючих заходів запропоновано використання бінарних значень для генів антитіла: 0 – якщо захід вирішено не використовувати, 1 – якщо захід впроваджуватиметься.

При описі алгоритму будемо використовувати наступні умовні позначення [1]:

$Ab$  : доступний репертуар антитіл ( $Ab \in S^{NxL}$ ,  $Ab = Ab\{r\} \in Ab\{m\}$ );

$Ab\{m\}$  : репертуар антитіл пам'яті ( $Ab\{m\} \in s^{mxl}$ ,  $m \leq N$ );

$Ab\{r\}$  : репертуар антитіл, що залишилися ( $Ab\{r\} \in srxl$ ,  $r = N - m$ );

$Ag\{M\}$  : популяція антигенів, яка буде розпізнаватися ( $Ag\{M\} \in s^{Mxl}$ );

$ff$  : вектор, що містить афінність (значення цільової функції оптимізації моделі заходів з енергозбереження) усіх антитіл;

$Abj\{n\}$  :  $n$  антитіл від  $Ab$  з найвищою афінності ( $Abj\{n\} \in s^{nxl}$ ,  $n \leq N$ );

$C_j$  : популяція клонів  $N_c$ , зроблених від  $Abj\{n\}$  ( $C_j \in s^{ncxl}$ );

$C^{j*}$  : популяція  $C^j$  після процесу дозрівання афінності (гіпермутації);

$Ab\{d\}$  : множина  $d$  нових молекул, які замінять  $d$  антитіла низької афінності від  $Ab\{r\}$  ( $Ab\{d\} \in s^{dxl}$ ,  $d \leq r$ );

$Ab_j^*$  : кандидат, від  $C^{j*}$ , щоб увійти в пул антитіл пам'яті.

Алгоритм побудови оптимальної моделі вибору заходів з енергозбереження:

Крок 1: Випадковим чином вибрати антитіла  $Abj$  ( $Abj \in Ab$ ).

У векторі антитіла, де кожна комірка відповідає наявності або відсутності певного енергозберігаючого заходу, який пропонується для впровадження у навчальному закладі, проставляємо значення 1 або 0, застосовуючи оператор випадковості. Створюємо набір таких антитіл (векторів енергозберігаючих заходів) заданої розмірності  $N$ .

Крок 2: Визначити вектор  $ff$ , який містить афінність усіх  $N$  антитіл з  $Ab$ .

Афінність антитіла для нашої моделі ототожнюється з цільовою функцією оптимізації моделі. Так як кожен захід з енергозбереження для певного навчального закладу потребує різних фінансових витрат, то відповідно й модель та цільова функція для кожного закладу освіти прийматиме свої значення. На даному кроці алгоритму створення оптимальної моделі необхідно внести до загальної суми витрат на впровадження заходів енергозбереження в навчальному закладі вартість впровадження того енергозберігаючого заходу, ген антитіла якого має значення 1. Таким чином формується вектор значень цільової функції.

Крок 3: Вибрати  $n$  антитіла з найвищою афінністю з  $Ab$  і створити новий набір  $Abj\{n\}$ .

На даному кроці антитілами із найвищою афінністю вважаються ті, що мають значення цільової функції менше за встановлене попередньо (виділений обсяг фінансових коштів). Ці антитіла ранжуються по спаданню своїх значень.

Крок 4: Клонувати відібрані  $n$  антитіл пропорційно до їхньої антигенної афінності, роблячи репертуар  $C^j$  клонів: чим вища антигенна афінність, тим більше число клонів, зроблених для кожного з  $n$  відібраних антитіл.

Крок 5: Застосування механізму дозрівання афінності до репертару  $C^j$  обернено пропорційно антигенній афінності його антитіл (чим вища афінність, тим менший рівень мутації), одержати популяції  $C^{j*}$  готових клонів.

Процес мутації передбачає генерування на основі обраного антитіла із множини клонів нових таким чином, щоб значення афінності (цільової функції) новоутворених векторів енергозберігаючих заходів задовольняло умові (2).

Крок 6: Визначення афінності  $f_j^*$  клонів  $C_j^*$  [3].

Визначення значень цільової функції відбувається за аналогією з Кроком 2.

Крок 7: Із цього набору клонів  $C_j^*$  повторно відібрати  $n$  антитіл з найвищою афінністю й занести їх в  $Abj\{n\}$ .

Крок 8: Замінити  $d$  антитіл із самою низькою афінністю з  $Ab\{r\}$  новими індивідуумами (векторами енергозберігаючих заходів, згенерованих випадковим чином по аналогії з Кроком 1).

Крок 9: Перевірити умову завершення оптимізації (завершити оптимізацію при її виконанні, інакше перейти до кроку 2).

Таким чином при виконанні послідовності дій алгоритму клонального відбору штучної імунної системи над вектором енергозберігаючих заходів, запропонованих на впровадження у конкретному навчальному закладу із орієнтацією на обмеження за об'ємом фінансових коштів, формується оптимальна модель заходів з енергозбереження, яка задовольняє цільовій функції (2) та її обмеженням.

Прикладом такої моделі може бути наступний вектор:

Таблиця 2

Приклад оптимальної моделі енергозберігаючих заходів

Номер заходу енергозбереження	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$e_4$	$e_5$	$e_6$	$e_7$	$e_8$	$e_9$	$e_{10}$	...	$e_{19}$	$e_{20}$	$e_{21}$	$e_{22}$	$e_{23}$
Наявність заходу енергозбереження	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	...	1	0	1	0	0

Таким чином, застосування еволюційних методів штучних імунних систем дозволяє отримати набір енергозберігаючих заходів для впровадження у ВНЗ, який в подальшому слугує основою для розробки програми енергозбереження галузі освіти.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Литвиненко В.І., Дідик О.О., Захарченко Ю.А. Комп'ютерна система для рішення задач класифікації на основі модифіцированих імунних алгоритмів // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. №2(22) – Херсон, 2008. – С. 66-73.
2. Аналіз енергетичних показників навчального корпусу / А.В. Праховник, В.І. Дешко, О.М. Шевченко // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 4. – С. 58-67.
3. Литвиненко В.І., Самков О.В., Захарченко Ю.А., Четирін С.І Оптимізація розподілу фінансів між проектами в умовах невизначеності на основі імунного алгоритму. // Зб. Наук. праць. - Севастополь: СВМІ ім. П.С. Нахімова, 2008 р. – №1(14). – С. 15–21.

Стаття надійшла до редакції 18.02.2013 р.