

УДК 519.86:622.271.001:621.311.1:338.432

## ЕКОНОМІКО-ЕВОЛЮЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

*Лисогор В.М.*

*Єленич М.П.*

*Вінницький національний аграрний університет*

*Разработана и внедрена система у экономико-еволюционного моделирования состояния электротехнических комплексов сельскохозяйственного производства с неопределенными рисками в малых выборках которые требуют поэтапной идентификации, синтеза современных учебных адаптивных алгоритмов построенных на основе нейронных сетей.*

*The system of nomics and evolution design of the state of electrical engineering complexes is developed and inculcated with indefinite risks in small selections, which need stage-by-stage authentication, synthesis of modern educational adaptive algorithms of built on the basis of neuron networks.*

### ***Вступ***

На сучасному етапі розвитку науки і техніки велике значення набувають задачі прогнозування, управління, розпізнавання в умовах не усуненої інформаційної невизначеності [1]. Комп'ютерне моделювання об'єктів великої розмірності, що функціонують в реальному часі до сьогоднішнього дня натикаються на відомі труднощі «прокляття розмірності», коли збільшення кількості змінних веде до різкого зростання складності процедур прийняття рішень. Такими об'єктами є електротехнічні комплекси, що підтверджує загальну актуальність пропонованого дослідження. Існують методи боротьби з великою розмірністю моделей і складністю операторів перетворення ( $\cdot$ ) [1,2]. Постараємося скоротити кількість входів, виходів нашої моделі, виділивши найбільш суттєві змінні, що впливають на ефективність управління. Але в цьому напрямку є своє обмеження на діапазон варіювання оператора перетворення  $B(\cdot)$ , який може привести до неадекватності моделі з реальним об'єктом для подолання цієї проблеми пропонується проведення декомпозиції оператора  $F(\cdot)$  в часі замінивши його на взаємодіючі елементи  $F_i(\cdot)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Таким чином, ми звели задачу спрощення оператора  $B(\cdot)$  до окремих процедур  $F(\cdot)$ , який стає адекватним багатостадійному технологічному процесу (БСТП). У зв'язку з запропонованим підходом сталося так, що вказані дослідження мають свої коріння у 18-му столітті в працях Леонарда Ейлера [2] по двох напрямках: теорії графів яка є математичною моделлю систем зв'язку між об'єктами будь-якої природи в критичних ситуаціях, спроби Л. Ейлера створення теорії музики, яка у нас буде використана для визначення поведінки БСТП на стиках стадій, з допомогою мовно-звукових повідомлень у критичних ситуаціях функціонування об'єкта. Аналіз показує, що досліджуваний прикладний об'єкт в історичному висвітлені потребує необхідності використання напрацювань теорії штучного інтелекту [3] та основ інформаційної теорії ідентифікації [4]. Досліджені параметри і структури електротехнічних комплексів [5,6,7]. Фундаментальні розробки з сучасних інформаційних технологій

представлені [9,10,11], які ми використаємо для формалізації об'єктів [5,6,7]. Аналіз використаних публікацій показує на відсутність сучасних розробок по моделюванню стану електротехнічних комплексів, сільськогосподарського виробництва що підтверджує актуальність пропонованої публікації.

### **Викладення основного результату**

Процес навчання побудовано з використанням теорії штучних нейронних мереж, де становить інтерес еволюція вектора вагових коефіцієнтів  $\omega$ . Основну увагу приділимо оцінюванню нев'язки між цільовою функцією  $f(x)$  та фактичною функцією  $F(x, \omega)$ , що реалізовано в нейронній мережі. Тут під вектором  $x$  будемо розуміти його вхідний сигнал малої вибірки,  $(\omega)$ -вектор вагових коефіцієнтів.

Нейронну мережу використаємо для формування алгоритму навчання, за допомогою якого закодуємо наші «емпіричні знання» з електричних навантажень, що будуть подані у вигляді випадкового вхідного незалежного вектора  $X$  та випадкового залежного скаляра  $Y$  (цільової функції ризику) [1]. Припустимо також, що існує  $N$  малих вибіркових реалізацій цього вектора  $X$ , який позначимо множиною  $\{X_i\}$  відповідну їм величину реалізації випадкового скаляра  $Y$  який позначимо  $\{Y_i\}$ . Ця пара випадкових реалізацій утворить навчальну вибірку

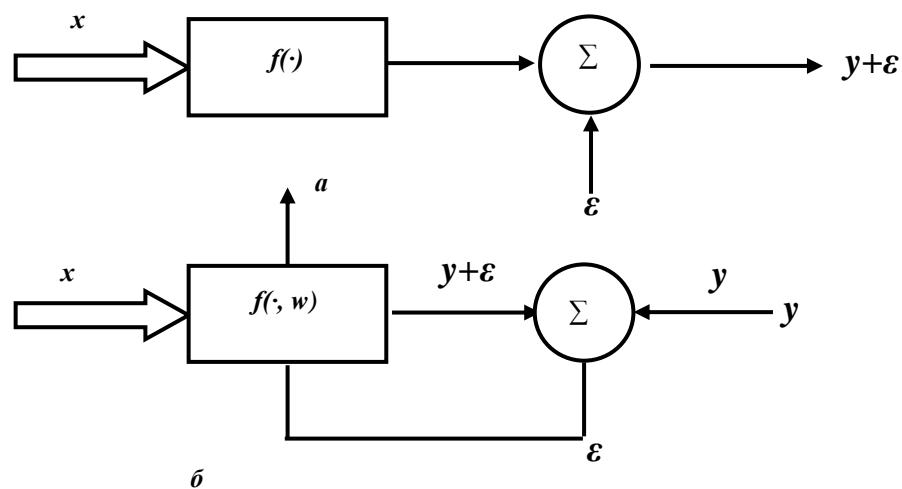
$$T = \{x_i, y_i\} \quad (1)$$

В своїй більшості не має інформації про функціональні зв'язки між  $X$  та  $Y$ , а тому розглянемо таку адитивну модель:

$$y = f(x) + \varepsilon \quad (2)$$

де  $f(\cdot)$  — деяка детермінована функція векторного аргументу;  $\varepsilon$  — це очікувана похибка, що представляє наше «незнання» залежності між  $X$  та  $Y$ .

Статистичну модель (2) назовемо регресійною (рис. 1). Очікувана похибка  $\varepsilon$  в загальному вигляді є випадковою величиною, яка у цьому випадку, має наближене нормальне розподілення та нульове математичне сподівання.



**Rис.1. Економіко-еволюційна модель стану ЕТК**

Виходячи з цього регресійна модель (рис.1) має дві важливих властивості:

1. Середнє значення очікуваної похибки  $\varepsilon$  для будь-якої малої реалізації  $x$  дорівнює нулю, тобто (3)

$$M(\varepsilon|x) = 0$$

Природнім наслідком цієї властивості є твердження про те, що регресійна функція  $f(x)$  є умовним середнім моделі виходу  $Y$  для вхідного сигналу  $X = x$ .

$$(4) \quad f(x) = M(Y|x)$$

Очікувана похибка  $\varepsilon$  не корелює з функцією регресії  $f(X)$ , тобто

$$(5) \quad M[\varepsilon f(X)] = 0$$

Ця властивість підтверджує принцип ортогональності, який говорить про те, що вся інформація про  $Y$ , яка доступна через вхідний канал  $X$ , закодована у функції регресії  $f(X)$ .

Модель (рис. 1 б) дозволяє закодувати емпіричні значення навчальної вибірки  $T$  за допомогою відповідного підбору векторів синаптичних ваг  $\Omega$ . Тоді отримаємо:

$$(6) \quad T \rightarrow \omega$$

Таким чином, нейронна мережа забезпечить апроксимацію регресійної моделі (рис. 1а). Нехай фактичний відгук нейронної мережі на вхідний вектор  $X$  позначається статистичною змінною

$$Y = F(X, \omega)$$

(7)

де  $F(X, \Omega)$  - функція відображення вхідних даних у вихідні, що реалізована за допомогою нейронної мережі.

Для набору даних навчання  $T$  використаємо напрацювання з методів визначення і прогнозування навантажень електротехнічних комплексів промислових підприємств [5], де вектор синаптичних ваг  $\Omega$  обчислимо шляхом мінімізації функції вартості

$$(8) \quad M(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (y_i - F(x_i, \omega))^2$$

Використавши перетворення (6) та замінивши у функції вартості, отримаємо:

(9)

Добавляючи і віднімаючи функцію  $f(x)$  у виразі в дужках та зробивши деякі перетворення, отримаємо  $M(\omega) = \frac{1}{2} M_T [(y_i - F(x_i, T))^2]$

(10)

Підставляючи пей вираз у (9) позкивти ложки функцію вартості представимо у такій еквівалентні  $y - F(x, T) = (y - f(x)) + f(x) - F(x, T) = \varepsilon + (f(x) - F(x, T))$

$$(11) \quad M(\omega) = \frac{1}{2} M_T [\varepsilon^2] + \frac{1}{2} M_T [(f(x) - F(x, T))^2] + M_T [\varepsilon(f(x) - F(x, T))]$$

Відмітимо, що остання складова у правій частині рівняння (11) дорівнює нулю з двох причин:

- очікувана похибка  $\Omega$  не корелює з регресійною функцією  $f(x)$ , що видно з виразу (5);
- очікувана похибка відноситься до регресійної моделі (рис. 1а), в той час, як апроксимуюча функція  $F(x, \Omega)$  відноситься до нейромережної моделі (рис. 1 б).

Отже, вираз (11) можна спростити:

$$(12) \quad M(\omega) = \frac{1}{2} M_T [\varepsilon^2] + \frac{1}{2} M_T [(f(x) - F(x, T))^2]$$

Перша складова в правій частині (12) описує дисперсію очікуваної, похибки регресійного моделювання  $\varepsilon$ , обчисленої на навчальній вибірці  $T$ . Це початкова похибка, так як вона не залежить від вектора ваг  $\Omega$  та її можна не враховувати, тому що основною задачею є мінімізація функції вартості  $M(\Omega)$  відносно вектора  $\Omega$ . Необхідно врахувати, що значення оцінки вектора ваг  $\Omega^*$ , що мінімізує функцію вартості  $M(\Omega)$ , буде також мінімізувати і середню квадратичну відстань між регресійною функцією  $f(x)$ , і функцією апроксимації  $F(x, \Omega)$ . Іншими словами, природною мірою ефективності використання  $F(x, \Omega)$

для прогнозування бажаного відгуку у буде така функція:

$$(13) \quad L_{av}(f(x), F(x, \omega)) = M_T[(f(x) - F(x, T))^2]$$

Отриманий результат (13) забезпечує математичну основу для дослідження залежності між зміщенням та дисперсією, отриманих у використанні  $F(x)$  в якості апроксимуючої цільової функції  $f(x)$ .

### **Висновки**

Розроблено та впроваджено нову систему економіко-еволюційного моделювання стану навантажень електротехнічних комплексів, сільськогосподарських виробництв які мають на початку досліджень недостатні вибірки експериментальних даних. Задачу розв'язано за рахунок синтезу сучасних навчальних алгоритмів, побудованих на основі нейронних мереж.

### **Література**

1. Букатова И.Л. Эволюционное моделирование идеи, основы теории, приложение. М.: Знание. - 1981. -64 с.
2. Тилер Леонард Эйлер: Пер. с нем. - Киев.: Вища школа. - 1983. – 192 с.
3. Эндрю А. Искусственный интеллект: Пер. с англ.. - М. Мир - 1985 -264 с.
4. Цыткин Я.З. Основы информационной теории идентификации.- М.: Наука - 1984.-320 с.
5. Рогальський Б.С. Методи визначення і прогнозування електричних на вантажені промислових підприємств: монографія/ Б.С. Рогальський. - Вінниця: ДДТУ, 1996. - 96.
6. Рогальський Б.С. Проблеми енергозбереження, нормування і прогноз електроспоживання (на прикладі гірничих підприємств) Б.С. Рогальський: - Універсум - Вінниця, - 1996. - 150 с.
7. Гордеев В.И., Васильев И.Е., Шуцький В.И. Управление электроснабжением и его прогнозирование/ В.И. Гордеев, И.Е., Васильев В.И. Шуцький /Ростов на Дону: Издательство Ростовского университета,- 1991.- 104 с.
8. Джорратано Дж., Райли Г. Экспертные системы принципы разработки и программирование./Дж. Джорратано, Райли; пер. с англ. - М.: ООО «И.Д. Вильяме», 2007 - 1148 с. ISBN 978-5-8459-1156-8.
9. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин пер. с англ.. - М.: ООО «И.Д. Вильяме», 2006. -1104 с. ISBN 5-8459-0890-6.
10. Мур Дж, Уэдерфорд Л.Д. Экономическое моделирование, Microsoft Excel, пер. с англ.. -М.: «И.Д. Вильяме», «2004.-1024 с. ISBN 5-8459-0578-8.
11. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем.- М.: «И.Д. Вильяме», - 2005, - 864 с. ISBN 5- 8459-0437-4.