

О.Б. Зачко, Ю.П. Рак, д.т.н., проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В ПРОЕКТАХ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

Розглянуто питання розробки математичних моделей для прогнозування рівня безпеки життєдіяльності регіонів України. Здійснено експериментальну апробацію розробленої математичної моделі в пакетах прикладних програм.

Ключові слова: проекти регіонального розвитку, математична модель, нейронні мережі, безпека життєдіяльності.

Вступ. На будь-якому рівні управління складними системами безпеки життєдіяльності при створенні проекту регіонального розвитку невід’ємним атрибутом є різноманітні завдання з аналізу і прогнозування динаміки, що передбачають використання статистичної бази часових рядів показників безпеки життєдіяльності. В рядах динаміки спостереження, як правило, є залежними, а характер цієї залежності саме і представляє головний інтерес для дослідника.

Постановка задачі. Моделювання інтегральних показників рівня безпеки життєдіяльності є кінцевим етапом ітеративного підходу до побудови складних систем безпеки життєдіяльності, а також головною метою дослідження проблем управління проектами та програмами регіонального розвитку. Після того, як побудована модель ідентифікована, оцінені її параметри і проведено дослідження адекватності, можна побудувати прогноз подальшої поведінки факторів, що впливають на стан безпеки життєдіяльності в конкретному регіоні. При певних припущеннях цей прогноз є оптимальним. Розглянемо основні напрями побудови моделей складних систем безпеки життєдіяльності.

Ми розглядаємо поняття безпеки життєдіяльності як сукупність пожежної, техногенної, соціальної, екологічної та природної безпеки [1]. Відповідно до цього мета нашого дослідження вирішується шляхом декомпозиції задачі прогнозування рівня безпеки життєдіяльності на етапи розробки математичних моделей прогнозування її складових, які формуватимуть базу моделей прогнозування рівня безпеки життєдіяльності регіонів України (рис. 1).

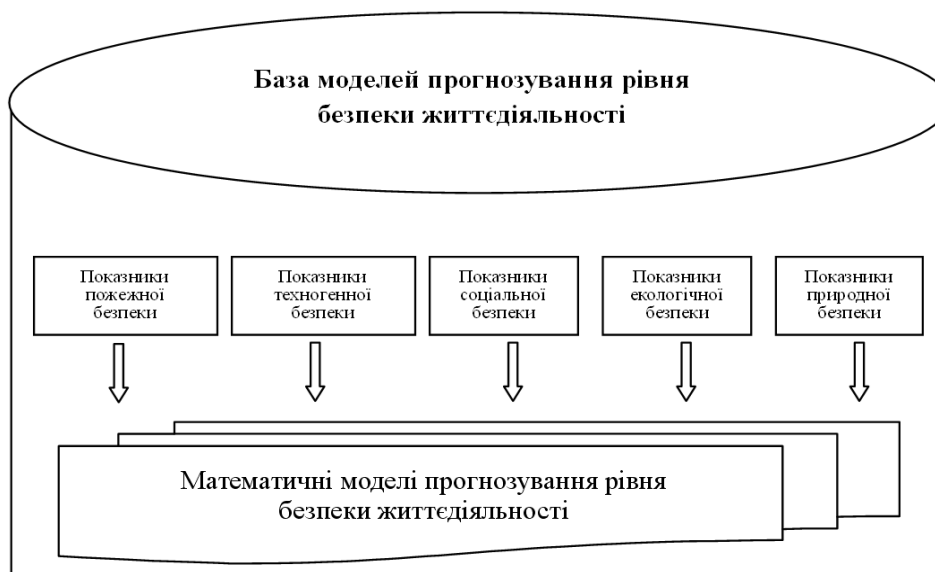


Рис. 1. Структура бази моделей прогнозування рівня безпеки життєдіяльності

Вирішення задачі. Здійснимо побудову математичної моделі на прикладі складової безпеки життєдіяльності – екологічної безпеки. Методику розрахунку інформаційних індексів екологічної безпеки, які характеризують екологічний стан регіону і змінюються в діапазоні граничних значень (0, 1) (значення 0 характеризує найгірший стан, 1 – найкращий стан екологічної ситуації) розглянуто в роботах [2-3]. При розробці математичної моделі оцінки екологічного стану регіонів України використано теорію нейронних мереж [4]. В структурі нейронної мережі за вхідний прошарок ми взяли матрицю показників екологічної безпеки регіонів України за 2006 р., а за вихідний шар – інформаційний індекс екологічної безпеки. Вхідні дані взяті з джерел [5-6] (табл. 1).

Таблиця 1

Показники екологічної безпеки

Назва показника	Од. виміру
1. Шкідливі викиди в атмосферне повітря стаціонарними джерелами	тис т;
2. Шкідливі викиди в атмосферне повітря пересувними джерелами	тис т;
3. Заготівля деревини	тис куб м;
4. Заготівля деревини від рубок головного користування	тис куб м;
5. Відтворення лісів на землях лісового фонду	тис.га;
6. Утворення відходів I-III класів небезпеки	тис т;
7. Розміщення відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах (полігонах, комплексах, спорудах, ділянках надр тощо), що належать підприємствам	тис т;
8. Розміщення відходів в місцях неорганізованого складування за межами підприємств	тис т;
9. Наявність відходів I-III класів небезпеки у спеціально відведених місцях чи об'єктах (полігонах, комплексах, спорудах, ділянках надр тощо) та на території підприємств	тис т.

При побудові багатошарової нейронної мережі в алгоритмі підбору вагових коефіцієнтів використано алгоритм оберненого розповсюдження похибки – ітеративний градієнтний спосіб навчання, який використовується з метою мінімізації середньоквадратичного відхилення поточних виходів багатошарового перцептрона від оптимальних.

В відповідності з правилом диференціювання складеної функції:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \frac{dy_j}{ds_j} \frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}} \quad (1)$$

де S_j – зважена сума вхідних сигналів нейрона j , тобто аргумент функції активації;

E – цільова функція похибки нейронної мережі;

w_{ij} – ваговий коефіцієнт синаптичного зв'язку, що з'єднує нейрони сусідніх шарів;

y_j – вихідний стан нейрона j вихідного шару нейронної мережі.

Оскільки похідна функції активації повинна бути визначена на всій осі абсцис, то функція одиничного стрибка і інші функції активації з неоднорідностями не підходять для нейронних мереж. В них використовуються гладкі функції, такі як гіперболічний тангенс чи класична сигмоїда з експонентою. Наприклад, в випадку гіперболічного тангенса:

$$\frac{dy}{ds} = 1 - s^2 \quad (2)$$

Третій множник (1) $\frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}}$ дорівнює виходу нейрона попереднього шару y_i^{q-1} . Що

стосується першого множника в (1), то він легко розкладається таким чином:

$$\frac{\partial E}{\partial y_j} = \sum_r \frac{\partial E}{\partial y_r} \frac{dy_r}{ds_r} \frac{\partial s_r}{\partial y_j} = \sum_r \frac{\partial E}{\partial y_r} \frac{dy_r}{ds_r} w_{jr}^{(q+1)} \quad (3)$$

В даному випадку сумування по r виконується серед нейронів шару $q+1$. Ввівши нову змінну

$$\delta_j^{(q)} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \frac{dy_j}{ds_j} \quad (4)$$

отримаємо рекурсивну формулу для розрахунку величин $\delta_j^{(q)}$ шару q з величин $\delta_j^{(q+1)}$ шару $q+1$:

$$\delta_j^{(q)} = \left[\sum_r \delta_r^{(q+1)} w_{jr}^{(q+1)} \right] \frac{dy_j}{ds_j} \quad (5)$$

Для вихідного шару:

$$\delta_j^{(0)} = (y_j^{(0)} - d_j) \frac{dy_j}{ds_j} \quad (6)$$

Тепер можна записати співвідношення мінімізації цільової функції похибки нейронної мережі:

$$\Delta w_{ij}^{(q)} = -n \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} \quad (7)$$

в розкритому виді:

$$\Delta w_{ij}^{(q)} = -n \delta_j^{(q)} y_i^{(q-1)} \quad (8)$$

Інколи для надання процесові корекції ваг деякої інерційності, яка б згладжувала різкі стрибки при переміщенні по поверхні цільової функції, співвідношення (7) доповнюється значенням зміни ваг на попередній ітерації:

$$\Delta w_{ij}^{(q)}(t) = -n(\mu \Delta w_{ij}^{(q)}(t-1) + (1-\mu) \delta_j^{(q)} y_i^{(q-1)}) \quad (9)$$

Використання математичної моделі прогнозування рівня БЖД в проектах та програмах регіонального розвитку забезпечується програмною реалізацією. Вибір програмних продуктів для даної задачі має ряд альтернатив. На сучасному ринку програмного забезпечення з аналізу даних досить значну нішу займає американська компанія StatSoft, продуктом якої є система STATISTICA. Версія 6.1 цієї системи включає практично всі компоненти, необхідні для побудови моделей нейронних мереж: система STATISTICA Data Miner реалізована як універсальний засіб аналізу даних (від взаємодії з різноманітними базами даних до створення готових звітів), яка втілює так званий графічно-орієнтований підхід. Суттєвою перевагою системи STATISTICA є можливість її інтеграції з основними СУБД, що дозволяє вести інтерактивний діалог між сховищем даних та інструментами аналізу даних.

Альтернативою для STATISTICA може виступати система Deductor, яка створена компанією BaseGroup (Росія). Система сформована з окремих модулів, кожен з яких працює з певним класом задач, а саме: оперативна аналітична обробка даних (OLAP) для представлення у зручній формі для користувача багатовимірних масивів інформації; аналіз даних на основі нейронних мереж; аналіз даних на базі дерев рішень і т.ін. У цій системі також реалізовані механізми отримання даних із зовнішніх джерел (бази чи сховища даних).

Експериментальна апробація цих 2-х продуктів дозволяє зробити такі висновки:

- ефективним підходом у розробці регіональної аналітики може стати використання нейронних мереж, оскільки вони однаково придатні як для лінійних, так і складних нелінійних залежностей;
- на базі багатовимірних методів аналізу даних системи БЖД можна сформувати банк моделей оцінки регіональних проектів та програм.

Виходячи з вищенаведеного нами було сформовано базу даних екологічних показників, яку ми використали при побудові математичної моделі в пакеті BaseGroup Deductor засобами модуля Neural Analyser (рис. 2).

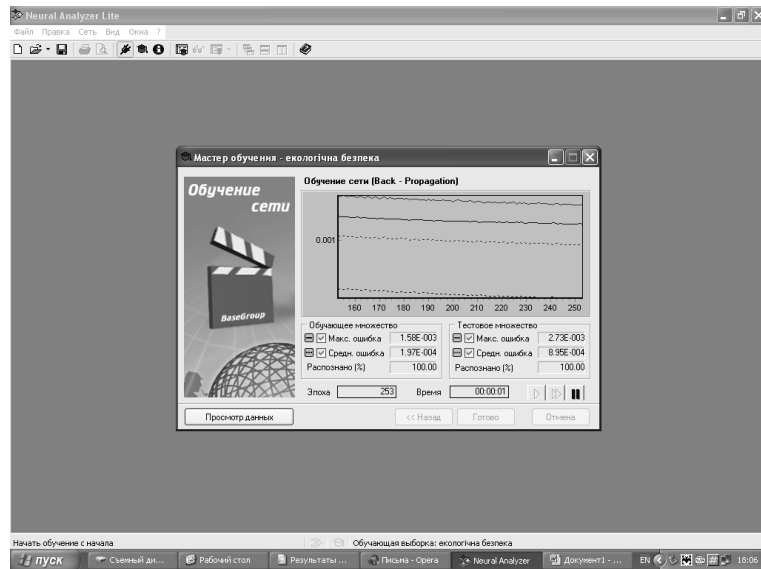


Рис. 2. Робоче вікно системи BaseGroup Deductor

Проаналізуємо відхилення теоретичних та емпіричних значень побудованої моделі за допомогою пелюсткової діаграми (рис. 3). Графік інформаційних індексів, змодельованих засобами нейронних мереж наведено з позначкою [NET]. Як бачимо з рис. 3, відхилення значень, побудованих засобами нейронних мереж, від теоретичних є мінімальними (не перевищують 5 %).

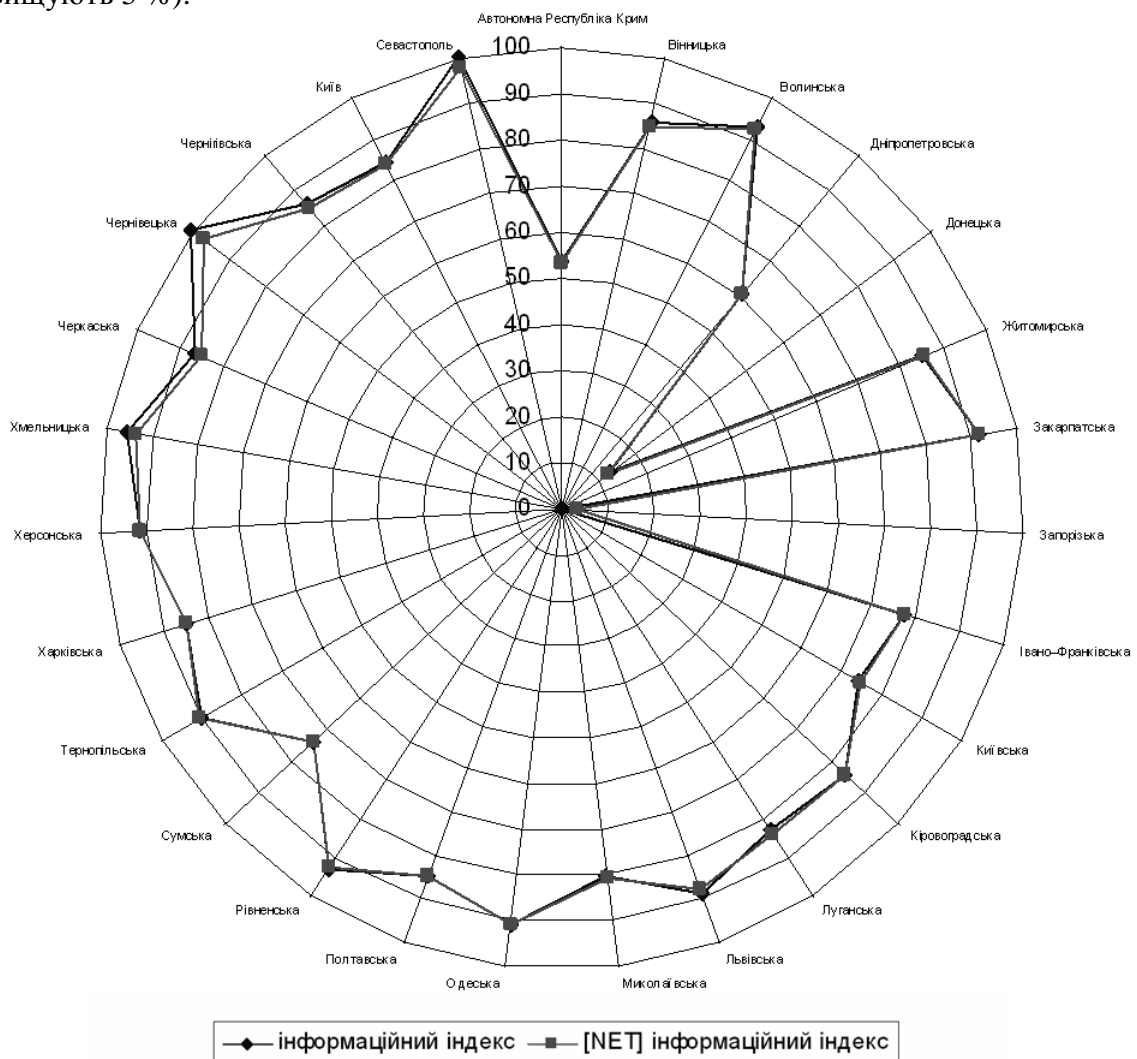


Рис. 3. Аналіз побудованої моделі засобами пелюсткової діаграми

Теоретичні значення інформаційних індексів екологічної безпеки отримані за допомогою методу «головних компонент», що докладніше висвітлено в роботі [2]. При розрахунку емпіричних значень інформаційних індексів за допомогою нейронної мережі за еталонні виходи нейронної мережі прийнято теоретичні значення інформаційних індексів.

В інформаційному та інтелектуальному аспектах існує актуальна проблема побудови нейромережної моделі для прогнозування рівня безпеки життєдіяльності. Через складність системи безпеки життєдіяльності, вплив величезної кількості складноструктурованих факторів не існує можливості вирішити дану проблему на базі створення уніфікованої моделі. Це пов'язано з тим, що кількість ендогенних змінних в моделі буде становити 72 (кількість показників з безпеки життєдіяльності, окреслених нами в роботі [2]). Отже, необхідно створити інтелектуальну підтримку спеціалістам, що приймають рішення. Вирішення цих проблем полягає у створенні інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень з використанням бази моделей прогнозування рівня БЖД в програмах та проектах регіонального розвитку. За основу структури бази моделей взята класифікація показників з безпеки життєдіяльності [1].

База моделей повинна бути заповнена окремими математичними моделями по кожному з інтегральних компонентів безпеки життєдіяльності. Перевагою використання бази моделей прогнозування рівня безпеки життєдіяльності є те, що користувач системи не потребує глибоких знань з напрямів математичного моделювання, що робить її прийнятною для впровадження в підрозділах МНС та органах регіональної влади, оскільки програмна реалізація описаних математичних моделей на базі нейронних мереж дозволяє користувачу ввести статистичні показники з екологічної безпеки регіону, які є входами нейронної мережі, і він отримає інтегральний індикатор.

Висновки. На основі аналізу сучасних методик побудови математичних моделей рядів статистичних показників безпеки життєдіяльності та нейронних мереж:

- 1) побудовано нейромережну модель для прогнозування індексів екологічної безпеки;
- 2) запропоновано методику, побудовану на основі використання бази моделей прогнозування рівня безпеки життєдіяльності, що дозволяє забезпечити вищий рівень управління проектами та програмами регіонального розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рак Ю. П. Оцінка стану БЖД регіонів України: інтегрований підхід / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко // Пожежна безпека. – 2008. – № 13. – С. 86-90.
2. Рак Ю. П. Методи аналізу та оцінки рівня БЖД регіонів України в умовах реалізації проектів регіонального розвитку / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко // Управління проектами та розвиток виробництва. – 2008. – № 2(26). – С. 29-39.
3. Рак Ю. П. Моделювання інформаційних індексів екологічної безпеки засобами нейронних мереж в управлінні проектами модернізації системи БЖД / Ю. П. Рак, О. Б. Зачко // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2008. – № 2(18). – С. 22–29.
4. Круглов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2001. – 382 с.
5. Проект концепції розвитку регіональної статистики Держкомстату України в Інтернеті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
6. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/annual_report/2008/content_1.ua.php?m=B5&PHPSESSID=df93613218f3d7e020b0d7c7b0b7d494.

О.Б. Зачко, Ю.П. Рак, д.т.н., проф.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЕКТАХ РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

Рассмотрен вопрос разработки математической модели для прогнозирования уровня безопасности жизнедеятельности регионов Украины. Осуществлена экспериментальная апробация разработанной математической модели в пакетах прикладных программ.

Ключевые слова: проекты регионального развития, математическая модель, нейронные сети, безопасность жизнедеятельности.

O.B.Zachko, Yu.P. Rak, Doctor of Science (Engineering), Professor

A MATHEMATICAL MODELLING OF LEVEL LIFE SAFETY IN THE PROJECTS OF REGIONAL DEVELOPMENT

The article deals with the question considering of creation of mathematical model for prediction of level of life safety of Ukrainian regions. Experimental testing of the developed mathematical model is carried out in applications' packages.

Key words: projects of regional development, mathematical model, neural networks, vital activity safety.