

УДК 351.861

В.В. Тютюник

Національний університет цивільного захисту України, Харків

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВЕ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ РІВНЯ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ ВІД УМОВ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Представлені результати моделювання, проведеного на базі нейромережових технологій, умов життєдіяльності регіонів України за основними показниками життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки. Вихідними показниками моделі є кількості виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод на території України.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, пожежа, дорожньо-транспортна пригода, нейромережове моделювання, умови життєдіяльності, рівень техногенної небезпеки.

### Вступ

**Обґрунтування проблеми.** При розв'язанні проблеми реалізації комплексної системи моніторингу НС різного походження виникає необхідність дослідження в регіонах України особливостей прояву природно-техногенних, техногенно-техногенних і техногенно-природних взаємозв'язків між складовими процесів життєдіяльності у режимах повсякденного функціонування, надзвичайної ситуації та надзвичайного стану [1 – 3].

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз наукової літератури показує, що існують окремі підходи щодо кількісної оцінки рівня техногенно-природної небезпеки [4 – 12]. Так, в [4, 5] розроблені показники оцінки стану небезпеки території та зроблена спроба її розподілу у відповідності трьом рівням небезпек для НС техногенного та НС природного характеру.

У роботі [6 – 8] наведені спроби побудови та використання інтегральних показників оцінки та аналізу рівня безпеки життєдіяльності потенційно небезпечних об'єктів території за умов базового кількісного поділу, що розкривають причинно-наслідкові зв'язки управління людськими, матеріальними, інформаційними ресурсами для забезпечення досягнення цілей проекту регіонального розвитку. Результатом роботи є розподіл регіонів держави за чотирма рівнями небезпеки. Цей підхід призначений для паспортизації регіонів без врахування інтенсивності виникнення НС техногенного та природного характеру.

Використаний у роботах [9 – 12] ризико-орієнтований підхід поряд з оцінкою рівня загроз потребує визначення збитків від наслідків НС. Він застосовується, насамперед, для наукового обґрунтування прийняттого рівня безпеки життєдіяльності функціонально-просторових природно-господарських зон та прийняття рішень щодо розміщення нових потенційно небезпечних промислових об'єктів і розширення або зміни профілю діючих.

При розв'язанні же проблеми формування системи комплексних заходів для запобігання НС різної природи виникає необхідність дослідження взаємного впливу між умовами повсякденного функціонування та рівнем техногенної небезпеки в регіонах України (рис. 1), що й визначило необхідність постановки мети та задачі дослідження, як нейромережове моделювання залежності рівня техногенної небезпеки регіонів держави від умов життєдіяльності.

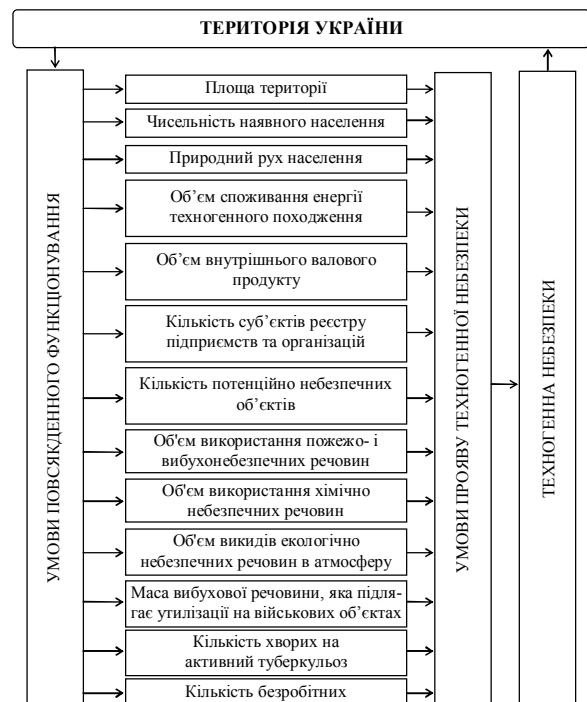


Рис. 1. Схема взаємозв'язку між режимами повсякденного функціонування та надзвичайної ситуації техногенного характеру

### Постановка задачі та її розв'язання

Для досягнення поставленої мети у роботі проведено дослідження, які спрямовані на побудову нейромережової моделі для виявлення вкладів основних показників повсякденного функціонування на

рівень техногенної небезпеки регіонів України за кількістю виникнення НС техногенного характеру, пожеж та дорожньо-транспортних пригод.

Відповідно до мети дослідження розв'язання наукової задачі у роботі забезпечено шляхом будови штучної нейронної мережі (ШНМ) регресійної моделі повсякденного функціонування регіонів України, де вихідними являються кількісні показники виникнення НС техногенного характеру ( $K_{НС}^{Тех.}$ ), пожеж у техногенно-соціальному середовищі ( $K^{Пожеж.}$ ) та дорожньо-транспортних пригод ( $K^{ДТП}$ ) – рис. 2.

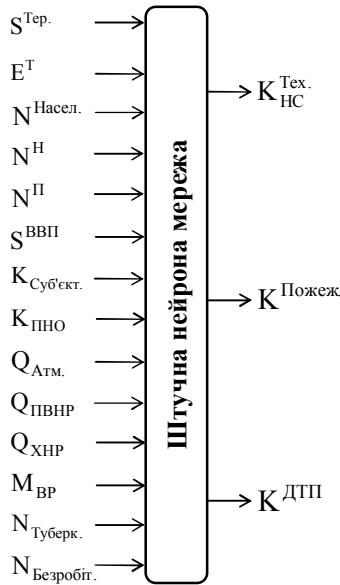


Рис. 2. Схема ШНМ моделей повсякденного функціонування регіонів України та прояву техногенної небезпеки, з вихідними показниками кількості виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод

Основними показниками повсякденного функціонування регіонів України є [13 – 21]:  $S^{Тер.}$  –

площа території,  $N^{Насел.}$  – чисельність наявного населення,  $N^H$  – кількість народжених,  $N^П$  – кількість померлих,  $E^T$  – енергія техногенного походження (енергія  $E^T$  є сумою енергій різних видів палив ( $E_{П}$ ) і електричної енергії ( $E_E$ ), які споживаються в Україні –  $E^T = E_{П} + E_E$  [13, 14]),  $S^{ВВП}$  – об'єм валового внутрішнього продукту,  $K^{Суб'єкт.}$  – кількість суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України,  $K^{ПНО}$  – кількість потенційно небезпечних об'єктів,  $Q^{ПВНР}$  – об'єм використання пожежо- і вибухонебезпечних речовин,  $Q^{ХНР}$  – об'єм використання хімічно небезпечних речовин,  $Q^{Атм.}$  – об'єм викидів екологічно небезпечних речовин в атмосферу,  $M^{ВР}$  – маса вибухової речовини, яка підлягає утилізації на військових об'єктах,  $N^{Туберк.}$  – кількість хворих на активний туберкульоз,  $N^{Безробіт.}$  – кількість безробітних

Будову моделі ШНМ та аналіз даних проведено з використанням статистичного пакету STATISTICA 6.1.

Частіше для вирішення задач моделювання та прогнозу використовують багатoshаровий перцептрон (БШП), де кожен елемент мережі будує величину активації у вигляді виваженої суми входів з поправкою [22, 23]. Це явилось основою при обґрунтуванні БШП мереж для розробки представлених на рис. 2 регресійних моделей повсякденного функціонування регіонів України та прояву техногенної небезпеки. При цьому, рішення про складність архітектури БШП базувалося на п'яти аналізах результатів навчання мереж, до складу яких випадково входило до п'ятсот нейромереж. Критерієм для вибору оптимальної мережі був баланс між похибкою регресії та складністю архітектури. Результати аналізу представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Статистичні характеристики трьохшарових перцептронів, які запропоновані «майстром рішень» як найкращі мережі для регресійного аналізу умов повсякденного функціонування регіонів України та прояву техногенної небезпеки з вихідними показниками кількості виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод – рис. 2

№ рішення	Архітектура	Продуктивність навчання	Контрольна продуктивність	Тестова продуктивність	Похибка навчання	Контрольна похибка	Тестова похибка	Навчання
1.	БШП 14:13-146-3:3	0,500226	0,527728	0,767525	0,064184	0,089756	0,068800	ВР100, ЗГ20, ЗГ27b
2.	БШП 14:13-147-3:3	0,414760	0,736844	0,737519	0,039999	0,062560	0,070330	ВР100, ЗГ20, ЗГ75b
3.	БШП 14:13-141-3:3	0,477678	0,682722	0,829070	0,041950	0,061256	0,049526	ВР100, ЗГ20, ЗГ0
4.	БШП 11:11-120-3:3	0,494496	0,737537	0,590336	0,043814	0,050993	0,052996	ВР100, ЗГ20, ЗГ57b
5.	БШП 9:9-32-3:3	0,447167	0,664174	0,662505	0,046595	0,176167	0,185510	ВР100, ЗГ20, ЗГ80b

Так, за першими п'ятьма рішеннями, які запропоновані «майстром рішень», були вибрані БШП мережі з контрольною продуктивністю навчання від 0,738 до 0,528 та контрольною похибкою від 0,090 до 0,051. Кількість запропонованих «майстром рішень» елементів у скритому шарі, за умов встановлених обмежень – від 1 до 150, спостерігалась від 32 до 147 елементів. При цьому, з урахуванням рангу значимості вхідних змінних «майстром рішень» пропонувалися мережі з різною кількістю входів – від 9 до 13.

Таким чином, представлені у табл. 1 мережі свідчать, що за умов використання 14 входів мережі БШП 14:14-141-3:3, БШП 14:14-146-3:3 і БШП 14:14-147-3:3 з кількістю у скритому шарі 141, 146 та 147 елементів, характеризуються більш ефективним балансом між похибкою регресії та складністю

архітектури для регресійного моделювання повсякденного функціонування регіонів України та прояву техногенної небезпеки за вихідними показниками кількості виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод.

Це явилось основою для подальшого конструювання трьохшарової БШП мережі з 145 елементами у скритому шарі для розробки ШНМ моделі повсякденного функціонування регіонів України та прояву техногенної небезпеки за вихідними показниками  $K_{НС}^{Тех.}$ ,  $K^{Пожеж.}$  і  $K^{ДТП}$ . Результати будови перцептронів, який має чотирнадцять входів (рис. 2), 145 елементів у скритому шарі та три логічні вихідні функції, представлено на рис. 3.

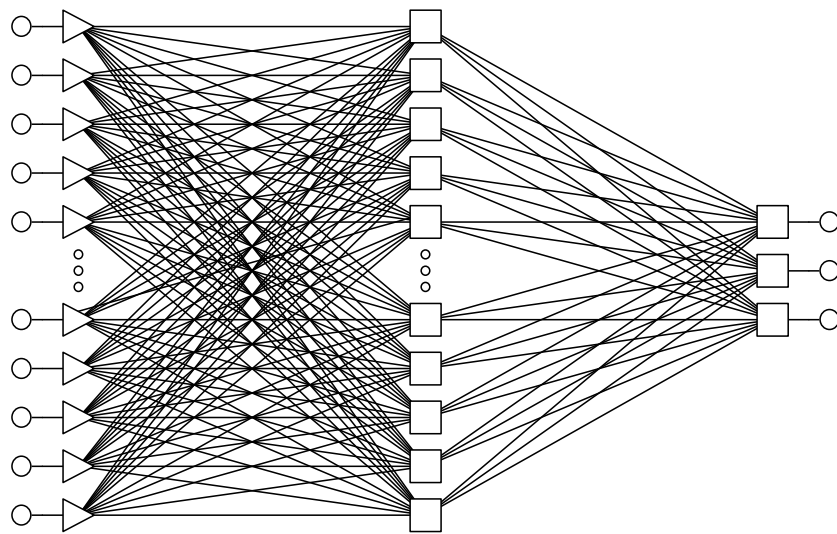


Рис. 3. Архітектура трьохшарового перцептрона БШП 14:14-145-3:3 з логічною передачею сигналів для прогнозування кількості виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод на території України від основних показників повсякденного функціонування

Використання у даному випадку логічних функцій активації, з параметрами масштабування, ґрунтувалось на заданій долі розмаху логічної функції рівної 0,9, що відповідає  $[0,05; 0,95]$  діапазону навчання нейронної мережі. Це дозволяє проводити незначну екстраполяцію даних. Крім того, використання логічних функцій стабілізує навчання.

Результат навчання нейронної мережі представлено у табл. 2, де навчений за аналогічними першій моделі даними 275 спостережень основних параметрів повсякденного функціонування 25 регіонів України за період 2002 – 2012 рр. трьохшаровий перцептрон, який має тринадцять входів, сто сорок п'ять елементів у скритому шарі та трьома виходами за показниками  $K_{НС}^{Тех.}$ ,  $K^{Пожеж.}$  і  $K^{ДТП}$ , характеризується показником контрольною продуктивності на рівні 0,721 та контрольною похибкою на рівні 0,086. Для оптимізації мережі використані

методи зворотного поширення (100 епох на першому етапі) та зв'язаних градієнтів (500 епох на другому етапі) [22, 23].

Так, у результаті навчання, оптимальну БШП 14:14-145-3:3 мережу (табл. 2) знайдено на другому етапі за умов використання методу зв'язаних градієнтів на 206 епосі за мінімальною помилкою на валідаційній вибірці.

Роботу цієї мережі продемонстровано на прикладі Харківського регіону. Результати прогнозу представлені у табл. 3.

Перевірка адекватності прогностичної працездатності мережі БШП 14:14-145-3:3 базувалась на подачі на її входи середніх за 2002 – 2012 рр. значень тринадцяти параметрів повсякденного функціонування Харківського регіону. Це дозволило прогнозувати рівень техногенної небезпеки регіону як  $K_{НС}^{Тех.} = 8$ ;  $K^{Пожеж.} = 3244$  та  $K^{ДТП} = 2231$ , що

відповідає ступеням кореляції між кількостями виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод, що спостерігаються ( $K_{НС}^{Тех.*}$ ,  $K_{Пожеж.*}$ ,  $K_{ДТП*}$ ) за статистичними даними та прогнозуються ( $K_{НС}^{Тех.}$ ,  $K_{Пожеж.}$ ,  $K_{ДТП}$ ) нейронною мережею:

$$r_{K_{НС}^{Тех.*} K_{НС}^{Тех.}}^2 \approx 0,833;$$

$$r_{K_{Пожеж.*} K_{Пожеж.}}^2 \approx 0,956;$$

$$r_{K_{ДТП*} K_{ДТП}}^2 \approx 0,729,$$

а також адекватності прогнозу, представленому на рис. 4.

Зміни деяких параметрів на вході отриманої нейронної мережі дозволили констатувати, що:

– збільшення чисельності населення регіону на один мільйон чоловік (прогноз 1, табл. 3) дозволяє прогнозувати збільшення рівня техногенного навантаження на регіон до  $K_{НС}^{Тех.} = 18$  і  $K_{Пожеж.} = 4819$ ;

Таблиця 2

Результат навчання мережі БШП 14:14-145-3:3 для прогнозування кількості виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод на території України за основними показниками повсякденного функціонування

Архітектура	Продуктивність навчання	Контрольна продуктивність	Тестова продуктивність	Похибка навчання	Контрольна похибка	Тестова похибка	Навчання
БШП 14:14-145-3:3	0,393187	0,711277	0,604224	0,047943	0,236434	0,242723	OP100,CG206b

Таблиця 3

Результат прогнозування мережею БШП 14:14-145-3:3 рівня техногенної небезпеки Харківського регіону за основними показниками повсякденного функціонування

Параметри		Середні значення змінних за 2002 – 2012 рр.	Прогноз 1	Прогноз 2	Прогноз 3
Вхідні	$S^{Тер.}$	31420 км. кв.	31420 км. кв.	31420 км. кв.	31420 км. кв.
	$E^T$	946,8 ТДж	946,8 ТДж	946,8 ТДж	946,8 ТДж
	$N^{Насел.}$	2821239 осіб	<b>3821239</b> осіб	2821239 осіб	<b>3821239</b> осіб
	$N^H$	25060 осіб	25060 осіб	25060 осіб	25060 осіб
	$N^П$	43689 осіб	43689 осіб	43689 осіб	43689 осіб
	$S^{ВВП}$	44972 млн. грн.	44972 млн. грн.	44972 млн. грн.	44972 млн. грн.
	$K_{Суб'ект.}$	68478 суб'єктів	68478 суб'єктів	68478 суб'єктів	<b>58478</b> суб'єктів
	$K_{ПНО}$	2519 об'єктів	2519 об'єктів	<b>3519</b> об'єктів	<b>3519</b> об'єктів
	$Q_{ПВНР}$	318,5 тис. т	318,5 тис. т	318,5 тис. т	318,5 тис. т
	$Q_{ХНР}$	20,3 тис. т	20,3 тис. т	20,3 тис. т	20,3 тис. т
	$Q_{Атм.}$	158,2 тис. т	158,2 тис. т	158,2 тис. т	158,2 тис. т
	$M_{ВР}$	18020,4 тис. т	18020,4 тис. т	18020,4 тис. т	18020,4 тис. т
	$N_{Туберк.}$	2135 особи	2135 особи	2135 особи	2135 особи
	$N_{Безробіт.}$	41,0 тис. осіб	41,0 тис. осіб	41,0 тис. осіб	41,0 тис. осіб
Вихідні	$K_{НС}^{Тех.}$	<b>8 (9)*</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>25</b>
	$K_{Пожеж.}$	<b>3244 (3395)*</b>	<b>4819</b>	<b>2734</b>	<b>4091</b>
	$K_{ДТП}$	<b>2231 (4735)*</b>	<b>820</b>	<b>1237</b>	<b>535</b>

\* Примітка. Розрахункові за даними 2002 – 2012 рр. середні значення показників техногенної небезпеки регіону

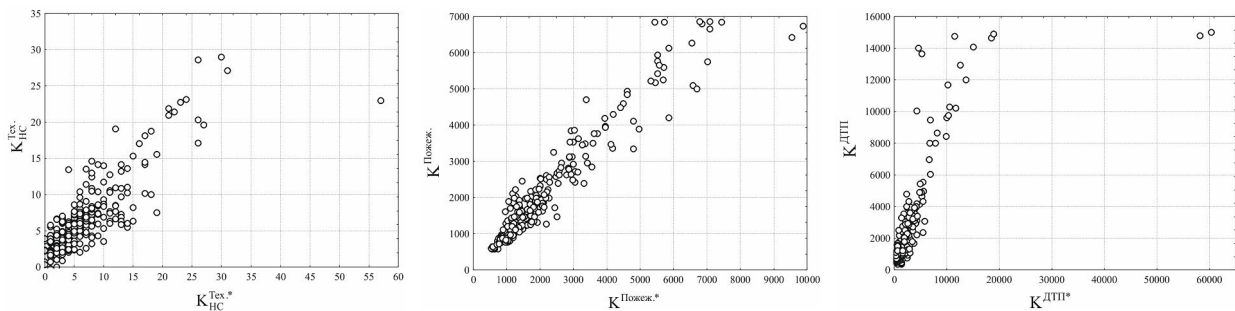


Рис. 4. Графіки залежностей між кількостями виникнення НС техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод, що спостерігаються ( $K_{НС}^{Тех.*}$ ,  $K_{Пожеж.*}$ ,  $K_{ДТП*}$ ) за статистичними даними та прогнозуються ( $K_{НС}^{Тех.}$ ,  $K_{Пожеж.}$ ,  $K_{ДТП}$ ) мережею БШП 14:14-145-3:3

– значним збільшенням рівня техногенної небезпеки (до  $K_{НС}^{Тех.} = 12$ ) характеризується регіон у разі збільшення на 1000 об'єктів ПНО – прогноз 2 у табл. 3;

– у разі одночасної варіації декількох параметрів життєдіяльності, ці параметри характеризуються різними рівнями вкладу на результат прогнозу рівня техногенної небезпеки регіону. Так, збільшення чисельності населення на один мільйон чоловік, збільшення на 1000 об'єктів ПНО і зменшення на 10000 суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України дозволяє прогнозувати показники техногенного навантаження регіону на рівні  $K_{НС}^{Тех.} = 25$  і  $K_{Пожеж.} = 4091$  (прогноз 3, табл. 3), що практично у два рази більше ніж результати прогнозу за умов збільшення одного лише показника  $K_{ПНО}$ ;

– зменшення на 10000 суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України дозволяє прогнозувати зменшення у чотири рази кількості дорожньо-транспортних пригод.

Таким чином, отримані нейрона мережа БШП 14:14-145-3:3 та результати її прогнозу дозволяють констатувати перспективність та відповідну адекватність (див. рис. 4), представленої на рис. 2 моделі для аналізу рівня техногенної небезпеки регіонів України.

## Висновки

1. У роботі на базі нейромережових технологій отримано математичну модель прогнозу умов життєдіяльності регіонів України в залежності від значень основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки.

2. Отримані достовірні за цією моделлю результати прогнозу динаміки рівня техногенної небезпеки життєдіяльності Харківського регіону за умов змін показників чисельності наявного населення, кількості потенційно небезпечних регіонів та кількості суб'єктів Єдиного державного реєстру підпри-

ємств та організацій України свідчать про перспективність та адекватність отриманої нейронної мережі для аналізу кількості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пожеж у техногенно-соціальному середовищі та дорожньо-транспортних пригод на території України.

## Список літератури

1. Андронов В.А. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек / В.А. Андронов, А.С. Rogozin, О.М. Соболев, В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – 264 с.
2. Азімов О.Т. Огляд поточного стану природно-техногенної безпеки в Україні та перспективи розвитку аналітичної інтерактивної системи моніторингу надзвичайних ситуацій засобами дистанційних, телематичних та ГІС-технологій / О.Т. Азімов, П.А. Коротинський, Ю.Ю. Колесніченко // ГЕОІНФОРМАТИКА – 2006. – № 4. – С. 52 – 66.
3. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
4. Биченок М.М. Проблемы природно-техногенной безопасности в Украине / М.М. Биченок, О.М. Трофимчук – К.: РНБОУ, 2002. – 153 с.
5. Осипов В.И. Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В.И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11 – 12 (96 – 97). – С. 5 – 15.
6. Рак Ю.П. Оцінка стану життєдіяльності регіонів України: інтегральний підхід / Ю.П. Рак, О.Б. Зачко // Пожежна безпека. Збірник наукових праць. – Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2008. – № 13. – С. 86 – 90.
7. Кондратьев В.Д. Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / В.Д. Кондратьев, А.В. Толстых, Б.К. Уандыков, А.В. Щепкин // Системы управления и информац. технологий. – 2004. – № 3(15). – С. 53 – 57.
8. Тютюник В.В. Оцінка індивідуальної небезпеки населення регіонів України в умовах надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко, О.В. Тютюник // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. – Х.: Університет цивільного захисту України, 2009. – Вип. 9. – С. 146 – 157.
9. Хенли Э.Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э.Дж. Хенли, Х. Кумамото – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
10. Питулько В.М. Научное обеспечение управления риском аварий и катастроф / В.М. Питулько // Инженерная экология. – 1996. – № 3. – С. 36 – 44.

11. Быков А.А. Теория и методы управления риском ЧС: проблемы и перспективы / А.А. Быков // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИННИТИ, 2001. – Вып. 3. – С. 72 – 91.

12. Труш О.О. Структурно-функціональне забезпечення територіального управління запобіганням та ліквідацією надзвичайних ситуацій (на прикладі Управління пожежної безпеки в Харківській області) / О.О. Труш // Автореф. дис... канд. наук з держ. управління: 25.00.02; Національна академія державного управління при Президентові України, Харківський регіональний інститут, 2003. – 19 с.

13. Тютюник В.В. Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – Вып. 14. – С. 171 – 194.

14. Калугін В.Д. Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – 1/6 (55). – С. 59 – 70.

15. Калугін В.Д. Оцінка рівня пожежної небезпеки території України на основі аналізу енергетичних показників стану життєдіяльності / В.Д. Калугін, В.В. Коврегін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2013. – № 22. – С. 99 – 112.

16. Калугін В.Д. Оценка уровня химической опасности территории Украины на основе анализа энергетических показателей жизнедеятельности / В.Д. Калугин, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.И. Шевченко // Нафтогазова енергетика. – Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, 2013. – № 1(19). – С. 109 – 123.

17. Калугін В.Д. Енергетичний підхід до оцінки екологічного стану природно-техногенно-соціальної системи України в режимі повсякденного функціонування / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Севастопольського національного університету ядерної енергетики та промисловості: Зб. наук. праць. – Севастополь: Севастопольський національ-

ний університет ядерної енергетики та промисловості, 2013. – Вып. 4 (48). – С. 196 – 208.

18. Калугін В.Д. Енергетичний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи України в умовах територіального розподілу складів боєприпасів і підприємств з їх утилізації / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи озброєння і військова техніка: Зб. наук. праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вып. 4 (36). – С. 47 – 56.

19. Калугін В.Д. Оцінка сумарного впливу складових техногенно навантаження на загальний рівень небезпеки життєдіяльності території України / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил: Зб. наук. праць. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вып. 4(37). – С. 189 – 197.

20. Калугін В.Д. Энергетический подход для оценки уровня техногенной опасности природно-техногенно-социальной системы / В.Д. Калугин, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.И. Шевченко // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – М.: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://academypgs.ru/img/UNK/asit/ttb/2014-1/28-01-14.ttb.pdf>

21. Тютюник В.В. Оценка уровня техногенной опасности территории по основным показателям жизнедеятельности методами факторного анализа и анализа главных компонент / В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты: Научный журнал. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2014. – № 3(22). – С. 47 – 57.

22. Хайкин С. Нейронные сети / С. Хайкин – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

23. Нейронные сети. Электронный учебник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

Надійшла до редколегії 21.01.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УРОВНЯ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ ОТ УСЛОВИЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.В. Тютюник

Представлены результаты моделирования, проведенного на базе нейросетевых технологий, условий жизнедеятельности регионов Украины по основным показателям повседневного функционирования и проявления техногенной опасности. Выходными показателями данных моделей являются количества возникновения чрезвычайных ситуаций, пожаров в техногенно-социальной среде и дорожно-транспортных происшествий на территории Украины.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, пожар, дорожно-транспортное происшествие, нейросетевое моделирование, условия жизнедеятельности, уровень техногенной опасности.

## NEURAL NETWORK FORECASTING OF DEPENDENCE OF LEVEL TECHNOGENIC DANGER OF REGIONS OF UKRAINE FROM ACTIVITY CONDITIONS

V.V. Tiutiunik

Results of the modeling which is carried out on the basis of neural network technologies, conditions of activity of regions of Ukraine on the main indicators of daily functioning and manifestation of technogenic danger are presented. Output indicators of these models are number of emergence of emergency situations, the fires in the technogenic and social environment and road accidents in the territory of Ukraine.

**Keywords:** emergency situation, fire, road accident, neural network modeling, activity conditions, level of technogenic danger.