

УДК 351.861

В.В. Тютюник¹, М.В. Бондарев², Р.І. Шевченко¹, Л.Ф. Черногор², В.Д. Калугін¹¹ Національний університет цивільного захисту України, Харків² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків**ДЕРЕВА КЛАСИФІКАЦІЇ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА ОСНОВНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ПОВСЯКДЕННОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПРОЯВУ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

На основі будови дерев класифікації у роботі представлені результати передбачення приналежності регіонів держави до відповідного кластеру в залежності від значень основних показників повсякденного функціонування природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи) України та прояву на її території надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, техногенна безпека, дерева класифікації, комплексна система запобігання надзвичайним ситуаціям.

Вступ

Постановка проблеми. В умовах постійного збільшення для соціумів Землі кількості та наслідків загроз природного та техногенного характеру встає питання негайної розробки наукових основ створення ефективної територіальної комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС техногенного походження, які базуються на результатах досліджень динаміки й енергетики функціонування ПТС системи з рознесеними у просторі та часі різного роду джерел небезпек та їх негативного впливу на умови безпеки життєдіяльності [1 – 4].

Аналіз результатів останніх досліджень та публікацій. При розв'язанні проблеми формування системи комплексних заходів для запобігання НС різної

природи виникає необхідність дослідження енергетичних особливостей прояву взаємозв'язків між складовими процесів життєдіяльності ПТС системи у режимах повсякденного функціонування та надзвичайного стану. Режим повсякденного функціонування ПТС системи визначається рівнем природно-техногенного енергетичного балансу – $E^{ПТС} = E^П + E^Т$, де $E^П$ – енергія природного походження, $E^Т$ – енергія техногенного походження. Техногенно-енергетичні умови повсякденного функціонування території України та прояву на ній техногенної небезпеки представлено на рис. 1, де енергія $E^Т$ є сумою енергій різних видів палив ($E^П$) і електричної енергії ($E^Е$), які споживаються в Україні – $E^Т = E^П + E^Е$ [3, 4].



Рис. 1. Енергетичні умови повсякденного функціонування території України та прояву техногенної небезпеки

Першим кроком у даному напрямку дослідження є результат розробки у роботах [5 – 10] підходу до оцінки окремих рівнів пожежної, хімічної, екологічної безпе-

ки та безпеки, яка виникає при територіальному розподілі складів боєприпасів і підприємств з їх утилізації, на території України на основі аналізу її інтегрального

показника життєдіяльності – енергії техногенного походження, яка являється джерелом для усіх показників опису динаміки стану ПТС системи (рис. 1).

Наступним кроком при розробці наукових основ створення комплексної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС різного походження являється проведення сумарної оцінки рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу взаємозв'язків між основними показниками життєдіяльності регіонів шляхом використання основних багатовимірних статистичних методів аналізу – факторного, головних компонент, кластерного, дискримінантного, канонічного та дерев класифікації.

Постановка завдання та його вирішення

З метою виявлення значимих закономірностей та систематизації взаємозв'язків між низкою основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки у роботі проведені дослідження, спрямовані на побудову відповідних дерев класифікацій, характерних для ПТС системи України. Аналіз даних проведено з використанням статистичних пакетів STATISTICA 6.1 та SPSS 20. Для досягнення поставленої мети дослідження авторами спочатку проведена оцінка характерних для території України основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки методами факторного, головних компонент, кластерного, дискримінантного та канонічного аналізів. За результатами цього етапу розвідувального дослідження вперше:

1) на основі факторного аналізу – виявлені скриті (латентні) фактори, які відповідають за наявність лінійних статистичних взаємозв'язків між змінними, що спостерігаються та визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки. При об'єднанні у кожному факторі змінних, які сильно корелюють між собою, встановлено ефект виділення показника споживання енергії техногенного походження у якості змінної, яка групує інші змінні за основними показниками життєдіяльності ПТС системи України у режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву НС техногенного походження [11];

2) методом аналізу головних компонент, виконаного на основі матриць кореляції та коваріації, встановлено наявність жорсткого взаємозв'язку між групуючою змінною (енергією техногенного походження) і основними соціальними, економічними та техногенними показниками функціонування ПТС системи України [11];

3) на основі неієрархічного кластерного аналізу, методом *k*-середніх – оцінено ступінь кластеризації основних показників життєдіяльності ПТС системи України у режимі повсякденного функціонування та в умовах прояву НС техногенного походження. У результаті неієрархічної кластеризації виділено три характерні для території України групи

змінних, які характеризуються: високим рівнем кластеризації – чисельність наявного населення ($N^{\text{Насел.}}$), кількість народжених (N^{H}), кількість померлих ($N^{\text{П}}$); середнім рівнем кластеризації – енергія техногенного походження (E^{T}), об'єм валового внутрішнього продукту ($S^{\text{ВВП}}$), кількість суб'єктів Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України ($K_{\text{суб}}$), кількість потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) – $K_{\text{ПНО}}$, об'єм викидів екологічно небезпечних речовин у атмосферу ($Q_{\text{АТМ}}$), кількість хворих на активний туберкульоз ($N_{\text{Туберк.}}$), кількість пожеж і загорянь у техногенному середовищі ($K^{\text{Пожеж}}$); низьким рівнем кластеризації – площа території ($S^{\text{Тер.}}$), об'єм використання пожежо- і вибухонебезпечних речовин ($Q_{\text{ПВНР}}$), об'єм використання хімічно небезпечних речовин ($Q_{\text{ХНР}}$), маса вибухової речовини, яка підлягає утилізації на військових об'єктах ($M_{\text{ВР}}$), кількість безробітних ($N_{\text{Безр.}}$), кількість НС техногенного характеру ($K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}}$), кількість дорожньо-транспортних пригод ($K^{\text{ДТП}}$);

4) на основі ієрархічного кластерного аналізу – проведено кластеризацію регіонів України за основними змінними, які визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки. У результаті об'єднання в кожному кластері за методом Варда значень цих змінних за період 2002 – 2012 рр., встановлено ефект розділення території України на три кластера. Результат кластеризації представлено на рис. 1, де до I кластера (з високим енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки) потрапили Дніпропетровська, Донецька та Київська області. II кластер (з середнім енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки) об'єднав Запорізьку, Луганську, Львівську, Одеську, Харківську області та АР Крим. До III кластеру (з низьким енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки) увійшли останні регіони України;

5) методами дискримінантного та канонічного аналізів проведена оцінка результатів кластеризації території України й отримані математичні залежності для достовірної класифікації території України за групами основних показників повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки.

Дерева класифікацій представляють, згідно з [12], собою послідовні ієрархічні структури, які складаються з вузлів, у яких закладені умови галуження. Кінцевими вузлами дерева являються так названі «листя», які відповідають знайденим рішенням і об'єднують об'єкти вибірки, що класифікуються.

Процес побудови дерева класифікації складається з чотирьох основних етапів: вибір критерію точності прогнозу; вибір варіантів галуження; визначення моменту припинення галуження; визначення оптимального розміру дерева.

Точність прогнозу пов'язана з долею неправильно класифікованих спостережень. Ціна непра-

вильної класифікації об'єктів була вибрана однаковою, тобто усі недіагональні елементи матриці цін помилок класифікації (де класи, що прогнозуються, представлені в таблиці рядками, а класи, що спостерігаються, – стовбцями) приймалися рівними 1. Ап-ріорні вірогідності оцінювались пропорційно розмірів класів залежної змінної.

Вибраний спосіб галуження заснований на галуженні за значеннями предикторних змінних, яке проводиться послідовно, починаючи з кореневої вершини та переходячи до дочірніх, поки подальше галуження не припиниться. У роботі здійснено повний перебір варіантів одномірного галуження методом CART. У якості критерію згоди для вибору найкращого з усіх можливих варіантів галуження використана міра Джині, яка приймає нульове значення, якщо у вершині знаходиться всього один клас [13].

Зупинка галуження дерева проведена відсіканням по похибці класифікації на основі правила стандартної похибки.

На початку побудови дерев класифікацій в роботі проведено ранжування значимості основних змінних, які у відповідності із запропонованою на рис. 1 моделлю визначають умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки. Результат ранжування представлено на рис. 2, де показано, що найвищий рівень значимості притаманний показнику $N^{Насел}$ (100). Високою значимістю (> 80) також характеризуються показники N^I (96) і $K_{Суб}$ (83). У діапазоні рівня значимості від 60 до 80 знаходяться показники: N^II (79); $N_{Туберк.}$ (75); $K_{ПНО}$ (65) і $K^{Пожеж.}$ (62). Ранг значимості інших предикторів знаходиться на рівні від 20 до 60, виняток (< 20) становлять $M_{ВР}$ (19) і $N_{Безр.}$ (12).

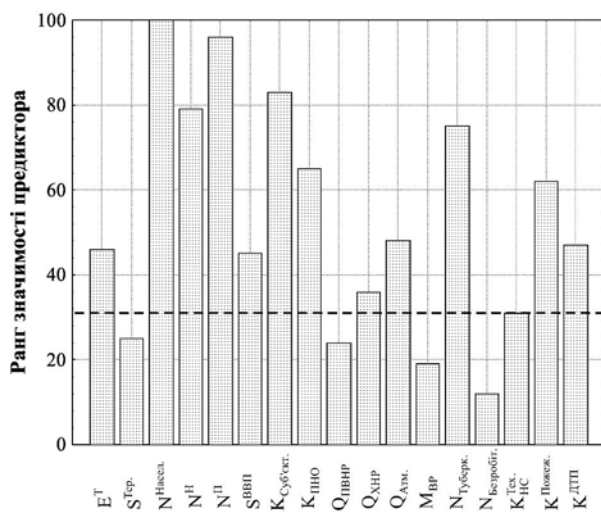


Рис. 2. Діаграма ранжування значимості змінних (предикторів), визначаючих умови повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки

Для аналізу структури даних і пошуку вирішального правила класифікації було побудовано дерево класифікації, з урахуванням усіх за рис. 2 змінних, які

визначають як умови повсякденного функціонування ПТС системи України, так і рівень техногенної безпеки. Результат представлено на рис. 3, де вагоміший за значенням предиктор $N^{Насел}$ являється вирішальним при класифікації регіонів України за основними показниками повсякденного функціонування ПТС системи та прояву техногенної небезпеки.

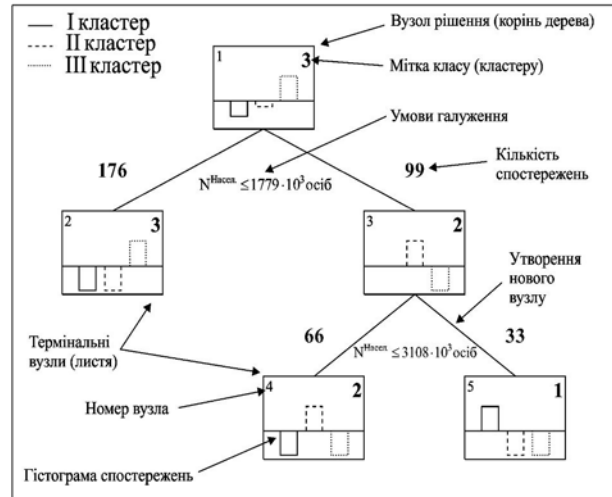


Рис. 3. Дерево класифікації умов повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки за чисельністю наявного населення

Представлений на рис. 3 результат свідчить про наявність строгого дерева класифікації – дихотомічне галуження. Корінь цього дерева включає 275 спостережень по території 25 регіонів України за період 2002 – 2012 рр. із кроком спостереження в один рік та характеризується більшістю регіонів які потрапили до III кластеру (176 спостережень). Перше галуження за умов $N^{Насел.} \leq 1779 \cdot 10^3$ осіб дозволило отримати дочірню вершину з 99 спостереженнями, до складу якої увійшли регіони I та II кластерів. Друге галуження за умов $N^{Насел.} \leq 3108 \cdot 10^3$ осіб дозволило провести класифікацію між регіонами I (33 спостереження) та II (66 спостережень) кластерів. Таким чином, отримане дерево класифікації має три (№ 2, 4 і 5) термінальних вузли (листя), які чітко класифікують регіони України за трьома класами.

Побудовані у роботі дерева класифікацій для кожного окремого предиктора дозволили констатувати, що аналогічну дереву класифікації, представленому на рис. 3, схему дерев мають показники з високим рангом значимості, де граничний рівень значимості за даними, приведеними на рис. 2, визначає показник $K_{НС}^{Тех.}$ (з рангом значимості 31). Узагальнена схема дерев класифікацій регіонів України за цими предикторами представлена на рис. 4. Параметри цих дерев наведені у табл. 1.

Виняток становить показник кількості потенційно небезпечних об'єктів ($K_{ПНО}$) з високою значимістю (65), де дерево класифікації характеризується кількістю галужень = 7 та кількістю термінальних вершин = 8.

Таблиця 1

Параметри дерев класифікацій умов повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки за предикторами з високим рангом значимості

Предиктори (Z)	Ранг	ξ_1	A_1	A_2	ξ_2	$A_{2.1}$	$A_{2.2}$
$N^{\text{Насел}}$	100	$1779 \cdot 10^3$ осіб	176	99	$3108 \cdot 10^3$ осіб	66	33
N^{II}	96	29479 осіб	179	96	49085 осіб	63	33
$K_{\text{суб}}$	83	40613	184	91	79571	64	27
N^{II}	79	19442 осіб	188	87	32481 осіб	58	29
$N_{\text{Туберк.}}$	75	1370 осіб	173	102	2394 осіб	65	37
$K_{\text{пожеж.}}$	62	1998	178	97	3363	54	43
$Q_{\text{АТМ}}$	48	104,8 тис. т	186	89	679,2 тис. т	67	22
$K_{\text{ДПП}}$	47	1643	153	122	3861	77	45
E^{T}	46	425,0 ТДж	169	106	2248,3 ТДж	88	18
$S^{\text{ВВП}}$	45	30006 млн. грн.	203	72	70276 млн. грн.	48	24
$Q_{\text{ХНР}}$	36	16,015 тис. т	221	54	34,575 тис. т	18	36

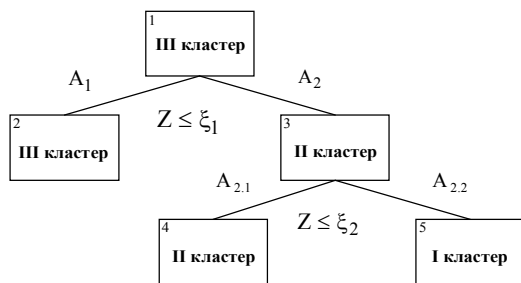


Рис. 4. Узагальнена схема дерев класифікацій умов повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки за предикторами з високим рангом значимості

Схема цього дерева представлена на рис. 5, де показані можливі прояви нелінійної та неоднозначної класифікації регіонів України, які мають місце при запропонованому у [3] модельному представленні в консенсусі мозаїко-калейдоскопічного підходу процесів зародження джерел НС та їх територіально-часового розподілу по поверхні Земної кулі.

Схожими властивостями володіють дерева класифікацій умов повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки за предикторами, ранг значимості яких дорівнює або менше рангу значимості показника кількості НС техногенного характеру ($K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}}$). Так, дерево класифікації регіонів України за цим предиктором має кількість галузей = 1 та кількість термінальних вершин = 2.

Схема цього дерева представлена на рис. 6, де структура дерева вказує на відсутність чітких меж за кількістю НС техногенного характеру, як і за кількістю потенційно небезпечних об'єктів – рис. 5, між регіонами I та II кластерів.

Результати неоднозначної класифікації регіонів України за предикторами, ранг значимості яких менший за значимість показника $K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}}$, представлені на рис. 7 – 10. Так, дерево класифікації ПТС систе-

ми України за показником $S^{\text{Тер.}}$, яке має кількість галузей = 9 та кількість термінальних вершин = 10, представлено на рис. 7, де спостерігається розшарування другого та третього кластерів.

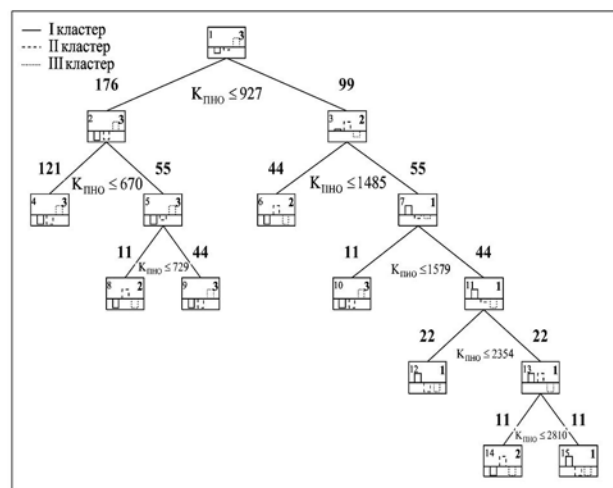


Рис. 5. Дерево класифікації регіонів України за кількістю потенційно небезпечних об'єктів

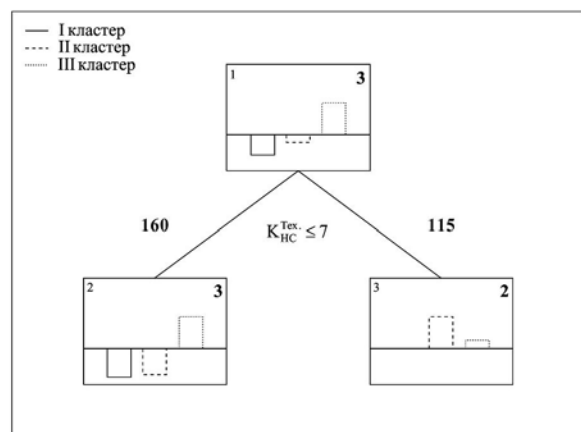


Рис. 6. Дерево класифікації регіонів України за кількістю надзвичайних ситуацій техногенного характеру

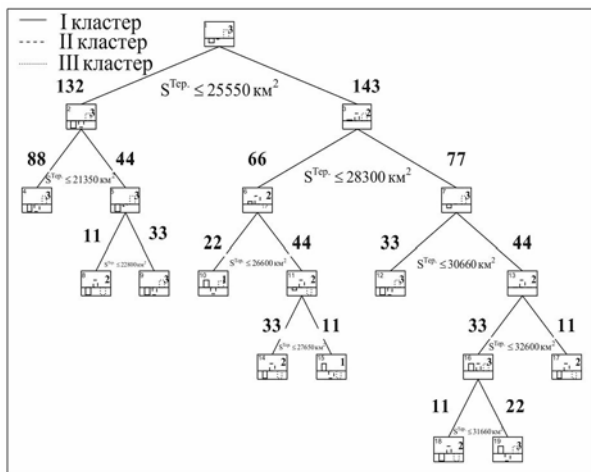


Рис. 7. Дерево класифікації регіонів України за площею території

Аналогічний характер розшарування другого та третього кластерів має місце для дерева класифікації регіонів України за об'ємом використання пожежо- і вибухонебезпечних речовин ($Q_{ПВНР}$). Результат будови цього дерева представлено на рис. 8, де кількість галузей = 11 та кількість термінальних вершин = 12.

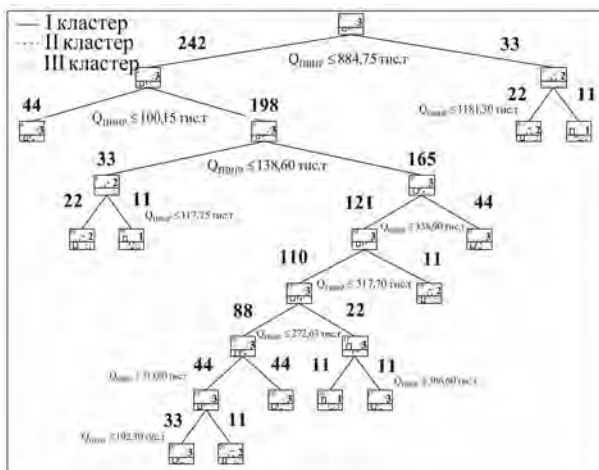


Рис. 8. Дерево класифікації регіонів України за об'ємом використання пожежо- і вибухонебезпечних речовин

Специфічність та неоднозначність територіального розподілу вибухових речовин, яка підлягає утилізації на військових об'єктах, представлена у вигляді дерева на рис. 9, яке має кількість галузей = 3 та кількість термінальних вершин = 4.

Узагальнений результат класифікації регіонів України за трьома кластерами, які характеризують енергетично-економічний рівень життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки, з урахуванням рангу значимості предикторних змінних, які визначають умови життєдіяльності ПТС системи України у режимах повсякденного функціонування та надзвичайної ситуації, представлено у табл. 2, де значеннями змінних є середні за 2002 – 2012 рр. значення.

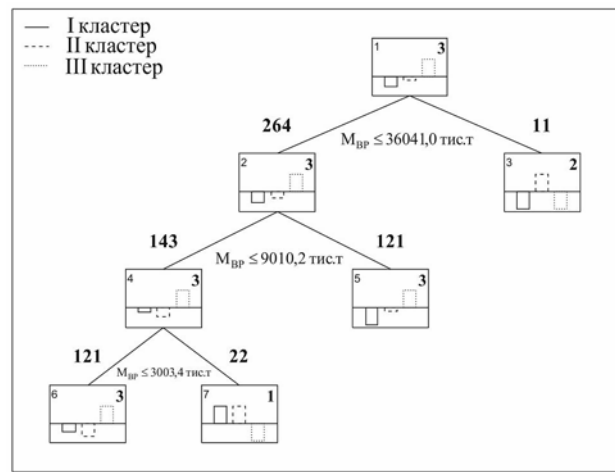


Рис. 9. Дерево класифікації регіонів України за масою вибухової речовини, яка підлягає утилізації на військових об'єктах

Приблизно рівномірний рівень безробіття по регіонам держави свідчить про відсутність умов галузевення у вигляді дерева, представленого на рис. 10.

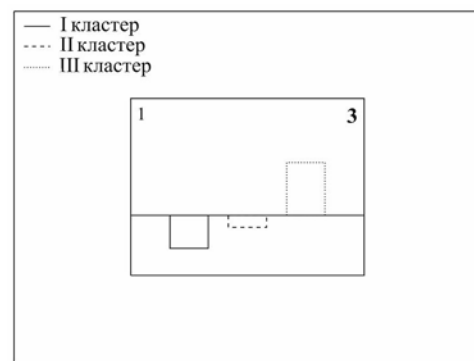


Рис. 10. Дерево класифікації регіонів України за кількістю безробітних

Групуючі змінна E^T , яка пропонується авторами у якості критерію енергетичного підходу для оцінки рівня життєдіяльності ПТС системи в умовах повсякденного функціонування та прояву різного роду небезпек [5 – 11], за даними табл. 2, має неоднозначності при класифікації за наступними регіонами: між першим та другим кластерами – Київська ($E^T \approx 1004,2$ ТДж), Запорізька ($E^T \approx 1332,0$ ТДж) та Луганська ($E^T \approx 1927,7$ ТДж) області; між другим та третім кластерами – Одеська ($E^T \approx 459,6$ ТДж), Івано-Франківська ($E^T \approx 713,1$ ТДж) та Полтавська ($E^T \approx 1001,5$ ТДж) області.

Цей результат узгоджується з отриманими результатами дискримінантного аналізу та вказує на те, що для більш ефективної оцінки техногенно-соціальної небезпеки функціонування ПТС системи необхідно дослідити можливості використання декількох групуючих змінних за соціальним, економічним і енергетичними умовами життєдіяльності України.

Так, у межах практичної значимості отриманих результатів для розв'язання задач Державної служби України з надзвичайних ситуацій, спрямованих на підвищення ефективності Єдиної державної системи цивільного захисту населення територій [14] за рахунок створення автоматизованої комплексної територіальної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру в Україні [15, 16], слід звернути увагу на те, що зосереджування на факторній площині, за результатами факторного аналізу [11], навколо предикторної змінної:

1) $N^{\text{Насел}}$ (з найвищим рангом значимості – 100) соціальних показників ($N^{\text{П}}$ та $N^{\text{Н}}$) і показника рівня пожежної небезпеки техногенного походження регіонів ($K^{\text{пожеж}}$) дозволяє, з урахуванням найбільшого впливу на причини виникнення пожеж соціальної складової функціонування ПТС системи України та на основі отриманих за цими показниками результатів кластеризації та класифікації регіонів держави, підтримати існуючі критерії для оцінки наслідків від пожеж – пожежні ризики R_1 , R_3 і R_3 [17] та дозволяє висловити уявлення про необхідність розширення соціально-енергетично-економічних принципів для створення ефективної, з рознесеними по території показниками, підсистеми забезпечення пожежної безпеки загальної системи моніторингу, попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру в Україні;

2) $S^{\text{БВП}}$ (ранг значимості – 45) показників $K_{\text{суб}}$ і $K^{\text{ДПП}}$ та існування відповідних закономірностей при класифікації за цими показниками регіонів України (див. табл. 2) дозволяє висловити уявлення про необхідність перегляду принципів оцінки ефективності функціонування підсистем підготовки учасників дорожнього руху та попередження дорожньо-транспортних пригод;

3) E^{T} (ранг значимості – 46) показників техногенно-екологічної небезпеки таких, як $K_{\text{ПНО}}$, $K_{\text{НС}}^{\text{Тех}}$, $Q_{\text{АТМ}}$, $N_{\text{Туберк}}$, та існування адекватних, за даними табл. 2, закономірностей при класифікації за цими показниками регіонів України констатує найбільшу ефективність запропонованого енергетичного підходу при оцінці рівня техногенно-екологічної небезпеки регіонів України та необхідність однозначного використання для вирішення задач цивільного захисту, запропонованих у [3], енергетичних критеріїв оцінки: небезпечного впливу НС на процес життєдіяльності ПТС системи; впливу системи безпеки на джерела небезпеки; надійності функціонування ПТС системи в умовах прояву НС.

При дослідженні ефективності функціонування системи цивільного захисту населення території України в умовах прояву техногенної небезпеки особливого інтересу набувають результати класифікації її регіонів за сумарним врахуванням параметрів кількості ПНО ($K_{\text{ПНО}}$) та кількості виниклих НС техногенного походження ($K_{\text{НС}}^{\text{Тех}}$). Результати побудови дерева класифікації регіонів України за цими параметрами представлено на рис. 11, де наочно спостерігаються коливання за кількістю ПНО та НС у регіонах першого (права гілка дерева) та третього (ліва гілка дерева) кластерів за період 2002 – 2012 рр.

Оцінка ефективності системи безпеки у режимі ліквідації наслідків НС техногенного походження на території України, з урахуванням представлених на рис. 11 результатів її класифікації, проведена нами у рамках порівняльного аналізу між даними про чисельність аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення (АРЗСП), які отримані в межах науково-дослідної роботи [18], та параметрів $K_{\text{ПНО}}$ та $K_{\text{НС}}^{\text{Тех}}$.

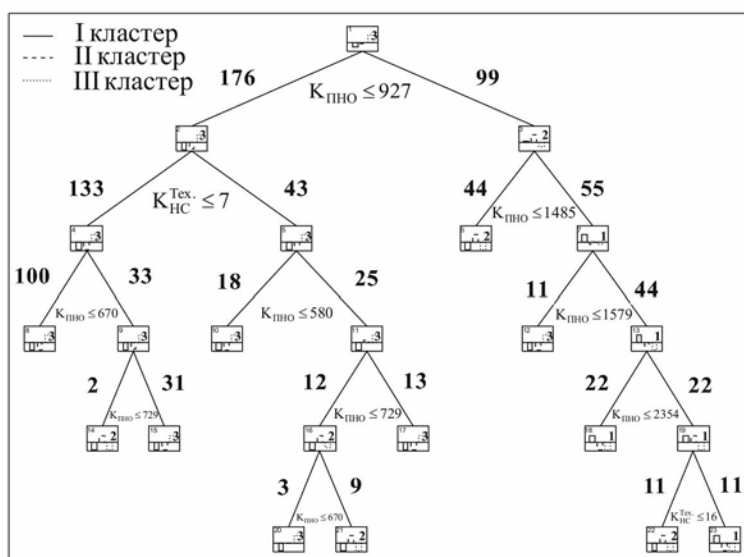


Рис. 11. Дерево класифікації регіонів України за кількістю потенційно небезпечних об'єктів та кількістю надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Таблиця 2

Результати класифікації регіонів України за трьома кластерами
з характерними енергетично-економічними рівнями життєдіяльності
та прояву техногенної небезпеки (значення предикторних змінних – середні за 2002 – 2012 рр.)

№	Регіон	Клас-тер	E ^T , ТДж	N ^{Насел.} , осіб	N ^{II} , осіб	K _{суб}	N ^{II} , осіб	N _{Губерк.} , осіб	K _{ПНО}	K _{пожеж.}	Q _{атм} тис. т
Регіони з високим енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
Ранг значимості предикторів											
100 96 83 79 75 65 62 48											
Регіони з високим енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
5	Донецька обл.	I	4509,2	4606905	76541	82811	40054	4151	3100	6575	1562,3
4	Дніпропетровська обл.	I	2229,5	3436109	57410	88900	34238	2981	2188	4141	946,5
10	Київська обл.	I	1004,2	4487922	63070	235398	48773	2324	1668	6200	125,5
Регіони з середнім енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
1	АР Крим	II	245,0	1990978	36736	57721	25686	1629	1177	1904	37,7
8	Запорізька обл.	II	1332,0	1855937	29350	42412	17178	1520	1090	2514	232,0
12	Луганська обл.	II	1927,7	2406234	39665	39468	20148	2408	1270	3653	501,2
13	Львівська обл.	II	609,1	2577290	36008	56722	27239	1840	1480	1954	108,0
15	Одеська обл.	II	459,6	2419023	38558	65856	26845	2039	721	2911	31,9
20	Харківська обл.	II	946,8	2821239	43689	68478	25060	2135	2519	3395	158,2
Регіони з низьким енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
2	Вінницька обл.	III	436,8	1696643	27788	26906	16603	1027	619	1525	103,8
3	Волинська обл.	III	117,3	1045909	16511	16812	14108	662	310	911	9,2
6	Житомирська обл.	III	136,1	1326297	22773	21234	13794	1115	540	1924	17,0
7	Закарпатська обл.	III	121,7	1250716	17907	18586	17020	705	764	956	18,3
9	Івано-Франк. обл.	III	713,1	1391711	19481	22658	15727	959	539	1240	207,7
11	Кіровоградська обл.	III	122,1	1061763	18246	21765	9931	1006	526	1158	25,3
14	Миколаївська обл.	III	366,8	1218068	19618	34514	12202	1221	737	1642	21,3
16	Полтавська обл.	III	1001,5	1548272	26679	32992	13584	837	1490	1463	71,5
17	Рівненська обл.	III	331,0	1165836	17633	17317	16055	831	515	1100	15,7
18	Сумська обл.	III	196,9	1234463	20760	21747	9896	649	453	1606	29,3
19	Тернопільська обл.	III	117,5	1111849	16592	19472	11383	663	530	964	15,6
21	Херсонська обл.	III	115,7	1147245	17726	27185	11546	1554	533	3395	10,0
22	Хмельницька обл.	III	322,2	1401858	22335	23669	13638	822	748	1391	19,7
23	Черкаська обл.	III	280,7	1335189	22265	24673	11651	847	529	871	42,1
24	Чернівецька обл.	III	74,7	913690	12929	14355	10293	458	356	1356	4,6
25	Чернігівська обл.	III	197,4	1175088	21807	17586	9521	852	759	631	37,1

№	Регіон	Клас-тер	E ^T , ТДж	K _{ДПП}	S ^{ВВП} , млн. грн.	Q _{ХНР} , тис. т	K _{Тех.} НС	S ^{Тер.} , кв. км	Q _{ПВНР} , тис. т	M _{ВР} , тис. т	N _{Безр.} , тис. осіб
Регіони з високим енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
Ранг значимості предикторів											
47 45 36 31 25 24 19 12											
Регіони з високим енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
5	Донецька обл.	I	4509,2	7466	92109	45,6	27	26500	296,3	0	48,7
4	Дніпропетровська обл.	I	2229,5	4952	73624	75,3	11	31900	132,0	0	46,2
10	Київська обл.	I	1004,2	15256	161247	1,3	8	28100	1391,3	6006,8	30,9
Регіони з середнім енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
1	АР Крим	II	245,0	3997	26866	2,0	9	27000	203,3	42047,6	27,6
8	Запорізька обл.	II	1332,0	2914	31979	3,9	9	27200	921,1	6006,8	30,6
12	Луганська обл.	II	1927,7	2897	32093	41,7	13	26700	971,2	0	30,3
13	Львівська обл.	II	609,1	3468	29140	3,1	10	21800	103,5	12013,6	41,3
15	Одеська обл.	II	459,6	4935	36619	86,0	9	33300	100,9	12013,6	25,2
20	Харківська обл.	II	946,8	4735	44972	20,3	9	31420	318,5	18020,4	41,0
Регіони з низьким енергетично-економічним рівнем життєдіяльності та прояву техногенної небезпеки											
2	Вінницька обл.	III	436,8	1258	16691	0,8	6	26500	472,5	12013,6	33,2
3	Волинська обл.	III	117,3	999	10325	0,1	2	20200	181,2	0	19,8
6	Житомирська обл.	III	136,1	1587	12220	0,2	4	29900	457,9	18020,4	29,6
7	Закарпатська обл.	III	121,7	1035	10840	0,1	3	12800	316,9	0	21,5
9	Івано-Франківська обл.	III	713,1	1012	14630	7,6	2	13900	848,4	0	26,6
11	Кіровоградська обл.	III	122,1	939	11140	0,4	5	24600	98,3	12013,6	23,8
14	Миколаївська обл.	III	366,8	1276	16097	2,7	8	24600	64,2	12013,6	23,6
16	Полтавська обл.	III	1001,5	1970	28762	1,3	4	28800	248,9	18020,4	36,1
17	Рівненська обл.	III	331,0	939	11517	4,2	5	20050	249	0	28,7
18	Сумська обл.	III	196,9	1180	13203	5,7	4	23800	99,4	0	26,1
19	Тернопільська обл.	III	117,5	790	8750	0,3	3	13800	359,3	0	29,7
21	Херсонська обл.	III	115,7	1482	10624	2,1	6	28500	145,2	0	21,0
22	Хмельницька обл.	III	322,2	1245	13004	0,2	5	20600	222,7	30034,0	25,7
23	Черкаська обл.	III	280,7	1608	14740	11,9	6	20900	236,2	12013,6	32,5
24	Чернівецька обл.	III	74,7	748	7012	0,1	2	8100	88,4	0	18,2
25	Чернігівська обл.	III	197,4	1360	12282	0,5	5	31900	181,3	12013,6	23,2

Так, розподіл чисельності АРЗСП ($N^{АРЗСП}$), кількості ПНО ($K_{ПНО}$) та середньої за 2002 – 2012 рр. кількості НС техногенного характеру ($K_{НС}^{Тех.*}$) за регіонами України, з урахуванням їх кластерної приналежності, представлено на рис. 12, де спостерігаються відповідні у кластерах флуктуації між регіонами як показників $K_{ПНО}$ і $K_{НС}^{Тех.*}$ (рис. 11), так і показника $N^{АРЗСП}$.

У якості критерію ефективності системи безпеки у режимі ліквідації наслідків НС техногенного походження за кількісними значеннями показників життєдіяльності, рівня небезпеки та чисельності системи безпеки, з метою встановлення середнього рівня техногенної небезпеки життєдіяльності у кластері, пропонується використовувати наступні показники рівня техногенної небезпеки (в ідеальному випадку $Z^{ТЕХ} = 0$):

$$Z^{Тех.'} = \tilde{K}_{ПНО} / \tilde{N}^{АРЗСП} - 1; \quad Z^{Тех.} = \tilde{K}_{НС}^{Тех.*} / \tilde{N}^{АРЗСП} - 1, \quad (1)$$

де $\tilde{K}_{ПНО} = K_{ПНО} / \bar{K}_{ПНО}$; $\tilde{K}_{НС}^{Тех.*} = K_{НС}^{Тех.*} / \bar{K}_{НС}^{Тех.*}$;

$\tilde{N}^{АРЗСП} = N^{АРЗСП} / \bar{N}^{АРЗСП}$ $\bar{K}_{ПНО}$ – середнє значення у кластері кількості потенційно небезпечних об'єктів; $\bar{K}_{НС}^{Тех.*}$ – середнє значення у кластері кількості НС техногенного характеру; $N^{АРЗСП}$ – середня чисельність аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення у кластері.

Розподіл показників $Z^{Тех.'}$ і $Z^{Тех.}$ по регіонам України з урахуванням їх кластерної приналежності представлено у табл. 3. Як бачимо, найбільш близькими до оптимальної ($Z^{ТЕХ} \rightarrow 0$) являються системи безпеки, які організовані за чисельністю у режимі ліквідації наслідків НС техногенного походження у Житомирській ($Z^{Тех.'} = 0$; $Z^{Тех.} = 0,15$) та Тернопільській ($Z^{Тех.'} = 0,18$; $Z^{Тех.} = 0,04$) областях і АР Крим ($Z^{Тех.'} = -0,08$; $Z^{Тех.} = -0,03$). В інших регіонах системи безпеки організовані або з високим ступенем резервування потенціалу ($Z^{ТЕХ} < 0$), або з великою недостатчею потенціалу ($Z^{ТЕХ} > 0$).

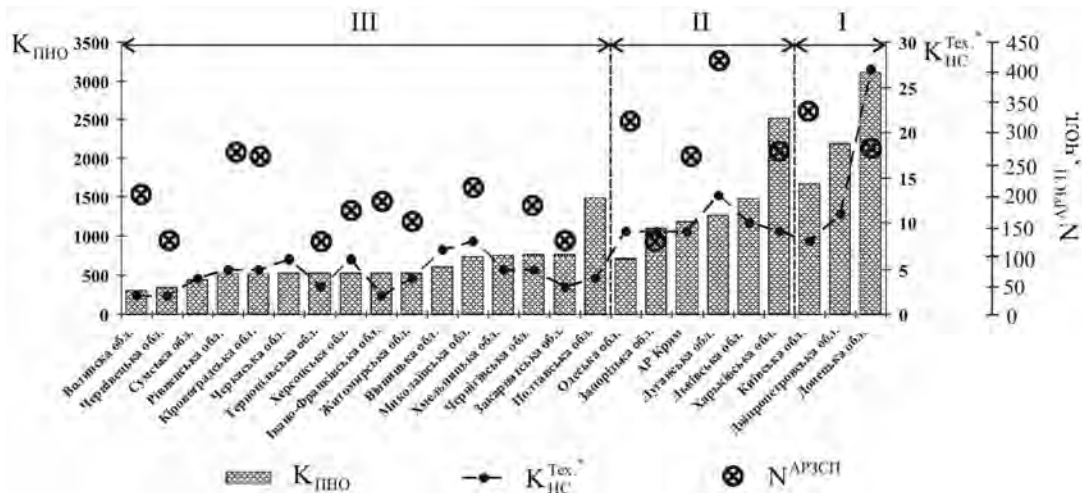


Рис. 12. Розподіл кількості потенційно небезпечних об'єктів ($K_{ПНО}$), середньої за 2002 – 2012 рр. кількості надзвичайних ситуацій техногенного походження та чисельності аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення ($N^{АРЗСП}$). При комплектуванні та формуванні структури підрозділів АРЗСП в основному дотримується принцип пропорційності в усіх регіонах ПТС системи

Висновки

1. У роботі за даними будови дерев класифікації отримані результати передбачення приналежності регіонів держави до відповідного кластеру (класу) в залежності від значень основних показників енергетично-економічно-соціального рівня повсякденного функціонування та прояву техногенної небезпеки.
2. На основі будови дерева класифікації за умов галуження території України за значеннями лінійних комбінацій показників кількості потенційно небезпечних об'єктів і кількості надзвичайних ситуацій техногенного характеру висловлені уявлення щодо розробки ефективної за чисельністю системи безпеки за умов її функціонування у режимі ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного походження.

3. На основі результатів розвідувального аналізу, який було проведено багатомірними статистичними методами аналізу – факторного, головних компонент, кластерного, дискримінантного, канонічного та дерев класифікації, висловлено уявлення про необхідність у подальшому розвитку енергетичного підходу, який пропонується авторами для оцінки стану техногенної небезпеки ПТС системи України у режимах повсякденного функціонування та прояву НС техногенного характеру, до багатомірного соціально-техногенного підходу, який необхідно базувати на результатах фундаментальних досліджень з нелінійних взаємозв'язків між трьома групами показників – показниками соціального, економічного та техногенно-енергетичного станів.

Розподіл показників

$K_{\text{ПНО}}, \bar{K}_{\text{ПНО}}, \tilde{K}_{\text{ПНО}}, K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}*}, \bar{K}_{\text{НС}}^{\text{Тех.}*}, \tilde{K}_{\text{НС}}^{\text{Тех.}*}, N^{\text{АРЗСП}}, \bar{N}^{\text{АРЗСП}}, \tilde{N}^{\text{АРЗСП}}$ та показників рівня техногенної небезпеки $Z^{\text{Тех.'}}$ і $Z^{\text{Тех.}}$ по регіонах України з урахуванням їх кластерної приналежності

Кла-стер	Region	ПНО			НС техн. характеру			АРЗСП			$Z^{\text{Тех.'}}$	$Z^{\text{Тех.}}$	
		$K_{\text{ПНО}}$	$\bar{K}_{\text{ПНО}}$	$\tilde{K}_{\text{ПНО}}$	$K_{\text{НС}}^{\text{Тех.}*}$	$\bar{K}_{\text{НС}}^{\text{Тех.}*}$	$\tilde{K}_{\text{НС}}^{\text{Тех.}*}$	$N^{\text{АРЗСП}}$	$\bar{N}^{\text{АРЗСП}}$	$\tilde{N}^{\text{АРЗСП}}$			
I	Донецька обл.	3100	2319	1,34	27	15	1,80	285	304	0,94	0,43	0,91	
	Дніпропетр. обл.	2188		0,94	11		0,73	–		–	–	–	–
	Київська обл.	1668		0,72	8		0,53	323		1,06	-0,32	-0,50	
II	Харківська обл.	2519	1376	1,83	9	10	0,90	270	280	0,96	0,91	-0,06	
	Львівська обл.	1480		1,08	10		1,00	–		–	–	–	
	Луганська обл.	1270		0,92	13		1,30	420		1,50	-0,39	-0,13	
	АР Крим	1177		0,86	9		0,90	260		0,93	-0,08	-0,03	
	Запорізька обл.	1090		0,79	9		0,90	132		0,47	0,68	0,91	
	Одеська обл.	721		0,52	9		0,90	318		1,14	-0,54	-0,21	
III	Полтавська обл.	1490	622	2,40	4	4	1,00	–	188	–	–	–	
	Закарпатська обл.	764		1,23	3		0,75	139		0,74	0,66	0,01	
	Чернігівська обл.	759		1,22	5		1,25	184		0,98	0,24	0,28	
	Хмельницька обл.	748		1,20	5		1,25	–		–	–	–	
	Миколаївська обл.	737		1,18	8		2,00	212		1,13	0,06	0,77	
	Вінницька обл.	619		0,99	7		1,75	–		–	–	–	
	Житомирська обл.	540		0,87	4		1,00	163		0,87	0	0,15	
	Івано-Франк. обл.	539		0,87	2		0,50	197		1,05	-0,17	-0,52	
	Херсонська обл.	533		0,86	6		1,50	175		0,93	-0,08	0,61	
	Тернопільська обл.	530		0,85	3		0,75	136		0,72	0,18	0,04	
	Черкаська обл.	529		0,85	6		1,50	–		–	–	–	
	Кіровогр. обл.	526		0,85	5		1,25	260		1,38	-0,38	-0,09	
	Рівненська обл.	515		0,83	5		1,25	263		1,40	-0,41	-0,11	
	Сумська обл.	453		0,73	4		1,00	–		–	–	–	
	Чернівецька обл.	356		0,57	2		0,50	138		0,73	-0,22	-0,32	
Волинська обл.	310	0,50	2	0,50	203	1,08	-0,54	-0,54					

4. Отримані результати розвідувального аналізу являються фундаментальною основою для нейромережових технологій прогнозування умов повсякденного функціонування ПТС системи України та прояву техногенної небезпеки, з подальшою розробкою пропозицій щодо будови ефективної територіальної системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру в Україні.

Список літератури

1. Черногор Л.Ф. Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: Харьковской национальной университету имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
2. 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.: Уні-

верситет цивільного захисту України, 2009. – Вип. 9. – С. 146-157.

3. 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. – Вип. 14. – С. 171-194.

4. 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.

5. Калугін В.Д. Оцінка рівня пожежної небезпеки території України на основі аналізу енергетичних показників стану життєдіяльності / В.Д. Калугін, В.В. Ковре-гін, 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.

6. 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.

7. 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.И. Шевченко // *Зб. наук. праць Севастопольського національного університету ядерної енергетики та промисловості: Зб. наук. праць*. – Севастополь: Севастопольський національний університет ядерної енергетики та промисловості, 2013. – Вип. 4 (48). – С. 196-208.

8. 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.И. Шевченко // *Системи озброєння і військова техніка: Зб. наук. праць*. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 4 (36). – С. 47-56.

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

10. 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 РФ, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://academygprs.ru/img/UNK/asit/ttb/2014-1/28-01-14.ttb.pdf>.

11. Тютюник В.В. Оцінка рівня техногенної небезпеки території України за даними аналізу показників життєдіяльності регіонів методами факторного аналізу і аналізу головних компонент / В.В. Тютюник, М.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // *Проблеми надзвичайних ситуацій: Зб. наук. праць*. – Х.: Націо-

нальний університет цивільного захисту України, 2014. – Вип. 19. – С. 142-162.

12. Деревья классификации. Электронный учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stclatre.html>.

13. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А.А. Халафян. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.

14. Андронов В.А. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек / В.А. Андронов, А.С. Рогозін, О.М. Соболев, В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2011. – 264 с.

15. Тютюник В.В. Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко // *Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил: Зб. наук. праць*. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179-180.

16. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.И. Шевченко // *Системи обробки інформації*. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204-216.

17. Тютюник В.В. Оцінка динаміки пожежних ризиків регіонів України відповідно до зміни їх економічного стану / В.В. Тютюник, Р.И. Шевченко // *Проблеми пожежної безпеки: Зб. наук. праць*. – Х.: Університет цивільного захисту України, 2009. – Вип. 26. – С. 154-165.

18. Соболев О.М. Аналіз та розроблення науково-обґрунтованих пропозицій щодо оптимізації структур загонів, органів і підрозділів цивільного захисту: звіт про НДР / керівник роботи: О.М. Соболев; виконавці: О.В. Альбоцій; Р.И. Шевченко; М.М. Кулешиов; А.С. Рогозін; В.В. Тютюник [та ін.] – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2010. – 294 с.

Надійшла до редколегії 21.10.2014

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

ДЕРЕВЬЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ПО ОСНОВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ПОВСЕДНЕВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПРОЯВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ ОПАСНОСТИ

В.В. Тютюник, Н.В. Бондарев, Р.И. Шевченко, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугин

На основе построения деревьев классификации в работе представлены результаты предсказания принадлежности регионов государства к соответствующему кластеру в зависимости от значений основных показателей повседневного функционирования природно-техногенно-социальной системы Украины и проявления на ее территории чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, техногенная опасность, деревья классификации, комплексная система предупреждения чрезвычайных ситуаций.

TREES OF CLASSIFICATION OF THE TERRITORY OF UKRAINE ON THE MAIN INDICATORS OF DAILY FUNCTIONING AND MANIFESTATION OF TECHNOGENIC DANGER

V.V. Tiutiunik, N.V. Bondarev, R.I. Shevchenko, L.F. Chernogor, V.D. Kalugin

On the basis of creation of trees of classification in work results of a prediction of accessory of regions of the state to the corresponding cluster depending on values of the main indicators of daily functioning of natural and technogenic and social system of Ukraine and manifestation in its territory of emergency situations of technogenic character are presented.

Keywords: emergency situation, technogenic danger, classification trees, complex system of the prevention of emergency situations.