

УДК 351.861

DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-2636.2025.9.1.13>

Валерій СТІЛЕЦЬ¹, канд. техн. наук (ORCID: 0000-0003-1913-7878)

Сергій СТЕПАНЧУК², (ORCID: 0000-0002-6618-4119)

Андрій ХИЖНЯК³, доктор філософії, доцент (ORCID: 0009-0005-1745-0432)

Роман ШЕВЧЕНКО², д-р техн. наук, професор (ORCID: 0000-0001-5992-1195)

Вікторія ЛУКАШЕНКО⁴, д-р техн. наук, доцент (ORCID: 0009-0009-0458-2590)

¹ Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust

² Національний університет цивільного захисту України

³ Головне управління ДСНС України у Полтавській області

⁴ Державний університет «Київський авіаційний інститут»

РОЗРОБКА КЕРУЮЧОГО АЛГОРИТМУ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНОГО МЕТОДУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГУМАНІТАРНОГО РОЗМІНУВАННЯ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Вперше обґрунтовано математичну модель гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, яка уявляє систему з трьох аналітичних залежностей. Перша – функціонал, який описує процес визначення обмежень, які пов'язані із забезпеченням безпеки демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, та перехід до визначення закономірностей відповідної діяльності демінерів за допомогою імітаційних систем. Друга – функціонал, який уявляє собою закономірність проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення. Третя – функціонал уточнення на основі отриманих закономірностей таких правил організації системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості», реалізація яких за існуючих обмежень дозволить перевищити нормативне значення ефективності цієї системи. У відповідності до цієї моделі розроблено керуючий алгоритм інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування радіаційно забрудненої місцевості, керуючий алгоритм реалізації якої передбачає послідовне виконання п'яти процедур, а саме: визначення обмежень, які є характерними для гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення; оцінка показників якості функціонування системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування» за результатами фізичного моделювання або експертного оцінювання дій демінерів; отримання закономірностей того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення в залежності від обраних для аналізу факторів; обґрунтування практичних рекомендацій; вибір рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.

Ключові слова: демінер, гуманітарне розмінування, радіаційне забруднення, математична модель, методика, алгоритм

Постановка проблеми. Війна з росією принесла нечувані до сих пір виклики. Серед них – серйозне забруднення вибухонебезпечними предметами території, постраждалої внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. Понад 95 % її території, а це переважно лісиста місцевість, заміновано [1]. Мають місце непоодинокі випадки порушення радіаційної безпеки рашистами на Запорізькій АЕС [2], яка знаходиться в безпосередній близькості від сільськогосподарських угідь Херсонської області, на яких постійно працюють різноманітні оператори протимінної діяльності. З урахуванням підвищеної агресивності російського

керівництва не виключається можливість нанесення ударів ядерної зброєю по території України [3].

Це є свідченням того, наскільки важливою є проблема гуманітарного розмінування в зонах радіаційного забруднення.

Аналіз останніх публікацій і постановка проблеми. Проблема гуманітарного розмінування в Україні є однією з ключових тем у наукових дослідженнях, однак більшість авторів акцентують увагу або на критичних труднощах очищення сільськогосподарських угідь [4], або на необхідності розвитку промислових секторів, насамперед будівельної галузі. Така ситуація зумовлена тим, що населення України позбавлене доступу до безпечного середовища для життя та праці, що вимагає стратегічної координації зусиль усіх гілок влади [5]. Водночас питання гуманітарного розмінування територій із радіаційним забрудненням залишаються недостатньо висвітленими. Хоча в [6] акцентується увага на необхідності впровадження новітніх методів виявлення та відстеження вибухонебезпечних предметів, а також на зниженні рівня небезпеки на всій території України (зокрема у зоні відчуження Чорнобильської АЕС), конкретних практичних рішень запропоновано не було. У [7] підкреслюється, що застосування вибухової зброї завдає значних втрат не лише цивільній і промисловій інфраструктурі та довкіллю, а й спричиняє серйозну екологічну шкоду. Проте і в цьому випадку відсутні конкретні пропозиції щодо практичної реалізації розмінування в умовах радіаційного забруднення. У більш узагальненому вигляді ця проблема розглядається в [8] (repositsc.nuczu.edu.ua), де, ґрунтуючись на [9], обґрунтовано, що традиційний підхід «не нашкодь» залишається актуальним для зменшення прямих негативних наслідків протимінної діяльності, однак його необхідно доповнювати екологічним аналізом специфіки територій, що підлягають розмінуванню. У [10] також наголошується на необхідності комплексного підходу, який охоплює всі можливі напрями діяльності. Це ще раз підкреслює, що аспекти оперативної реалізації гуманітарного розмінування в умовах радіоактивного забруднення залишаються поза межами детального наукового аналізу.

У той самий час у [11], на основі аналізу проведення аварійно-рятувальних робіт у 2011 році на АЕС «Фукусіма-дайті» обґрунтовано необхідність системного вивчення закономірностей дій рятувальників у надзвичайних умовах радіаційного ураження. Проте, незважаючи на практичну цінність цих результатів у контексті організації надзвичайного реагування, їх перенесення на сферу гуманітарного розмінування територій із радіаційним забрудненням залишається вкрай обмеженим і не забезпечує належного підґрунтя для формування ефективних практичних рекомендацій.

Схожа ситуація простежується і в дослідженнях [12], де зосереджено увагу на моделюванні алгоритмів збору, дезактивації, медичного сортування та евакуації поранених під час хімічних, біологічних, радіологічних, ядерних і вибухових інцидентів. Аналогічно, у [13] акцент зроблено на вивченні впливу пожежно-рятувальних служб на поведінку постраждалих і персоналу під час надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Однак жодне з цих досліджень не розкриває специфіку гуманітарного розмінування в умовах радіоактивного забруднення, що створює помітну прогалину у сучасній науково-практичній базі.

Частково це було розглянуто в [14], де наведені результати, що були отримані під час дослідження того, які особливості має розмінування радіаційно забрудненої місцевості, на якій знаходяться протитанкові міни ПТМ, але і в цьому випадку говорити про комплексний характер обґрунтованих рекомендацій не можна, оскільки в більшості праць, що присвячені проведенню аварійно-рятувальних робіт в умовах підвищеної складності, [15-17] підкреслюється, що пропозиції носять системний характер, коли спираються на інформаційно-технічні методи забезпечення такої діяльності, в основі яких лежать відповідні математичні моделі. І саме вони є основою науково-обґрунтованих рекомендацій.

В [18] розроблена математична модель, яка враховує властивості системи «рятувальник – засоби захисту та забезпечення аварійно-рятувальних робіт – надзвичайна ситуація з можливістю бойового ураження» у вигляді узагальнених інтегральних

характеристик, а також визначає цілі імітаційної оцінки такої системи з урахуванням обмежень, пов'язаних з можливістю бойового ураження. Її аналіз показує, що не уявляє особливості складності трансформувати цю модель до урахування особливостей функціонування системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості». Проте вимагає конкретизація такої узагальненої математичної моделі з тим, щоб отримати відповідний керуючий алгоритм реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Отже, одним із ключових невирішених аспектів гуманітарного розмінування на територіях із радіаційним забрудненням залишається необхідність розробки відповідних підходів та методик керуючого алгоритму реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Мета і завдання дослідження. Дослідження має на меті розробку керуючого алгоритму реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення (ГР УРЗ).

Для досягнення поставленої мети потребують вирішення наступні завдання:

- обґрунтування математичної моделі гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.
- визначення обмежень, які є характерними для проведення ГР УРЗ.
- формування імітаційної системи ГР УРЗ.
- отримання функціональних залежностей того, як відбувається ГР УРЗ.
- обґрунтування практичних рекомендацій.
- оцінка ефективності практичних рекомендацій.
- формування керуючого алгоритму реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.

З урахуванням цього:

Об'єкт дослідження – гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Предмет дослідження – ефективність проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Основна гіпотеза дослідження – послідовне виконання п'яти пов'язаних процедур (визначення обмежень, які є характерними для проведення ГР УРЗ; формування імітаційної системи для моделювання ГР УРЗ; отримання функціональних залежностей того, як відбувається ГР УРЗ; обґрунтування практичних рекомендацій та оцінка їх ефективності) дозволить сформулювати керуючий алгоритм реалізації методики підвищення ефективності гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, яка спирається на відповідну математичну модель.

Обґрунтування математичної моделі гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення. З урахуванням особливостей гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення (в першу чергу це одночасне використання демінерами як засобів бронезахисту, так і засобів радіаційного захисту, а також виокремлюючи з протимінної діяльності у якості найбільш важливого елементу не просто розмінування, а саме гуманітарне розмінування) існуюча математична модель моделі підвищення ефективності проведення аварійно-рятувальних робіт в умовах можливого бойового ураження [18] може бути трансформована у відповідну математичну модель гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення

$$\left\{ \begin{array}{l} F = M_{\Gamma P}^{P+P3} / B = \bigcup_{j=1}^s B_j; \\ Y_{\Gamma P}^{P+P3} = F_1(X_{\Gamma P}^{P+P3}, T); \\ E(T) = [Y_{\Gamma P}^{P+P3}] \left\{ \begin{array}{l} X_{\Gamma P}^{P+P3} \leq (X_{\Gamma P}^{P+P3})^* \\ T \leq T^* \\ Q \geq Q^* \end{array} \right. \geq E(T)^*. \end{array} \right. \quad (1)$$

де F – множина функцій розкриття закономірностей проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного ураження; $M_{\Gamma P}^{P+P3} / B = \bigcup_{j=1}^s B_j$ – фактор-множина $M_{\Gamma P}^{P+P3}$ по відношенню B ; $B_j = (\theta_j, m) \in B$ – множина всіх перетинів по θ_j відношення B , що викликають зацікавленість у спеціалістів протимінної діяльності, у тому разі пов'язану з, наприклад, здійсненням процесу імітації гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення; $M_{\Gamma P}^{P+P3}$ – імітаційна система проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення як моделі функціонування системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості»;

$Y_{\Gamma P}^{P+P3}$ – множина закономірностей гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення у вигляді функціональних залежностей F на інтервалі T ; $X_{\Gamma P}^{P+P3}$ – множина витраченого ресурсу, який представляє собою набір того обладнання, яке необхідне для гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, та засобів захисту від небезпечних чинників радіаційного ураження;

$E(T)$ – значення ефективності системи в момент часу $t = T$ за обмежень, пов'язаних з часом $T \leq T^*$ та якістю $Q \geq Q^*$;

$E(T)$; Q , $(X_{\Gamma P}^{P+P3})$, T – відповідно, множини нормативних значень показників ефективності системи в момент часу $t = T$, показників її якості, ресурсу та часу.

Таким чином, математична модель гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення уявляє систему з трьох аналітичних залежностей. Перша – функціонал, який описує процес визначення обмежень, які пов'язані із забезпеченням безпеки демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, та перехід до визначення закономірностей відповідної діяльності демінерів за допомогою імітаційних систем. Друга – функціонал, який уявляє собою закономірність проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, оскільки відображає функціонування системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості», встановлюючи об'єктивний, повторюваний за певних умов зв'язок між показниками якості системи і властивими їй ефектами функціонування. Третя – функціонал уточнення на основі отриманих закономірностей таких правил організації системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості», реалізація яких за існуючих обмежень, пов'язаних з часом, якістю проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення та наявним ресурсом, дозволить перевищити нормативне значення ефективності цієї системи.

Визначення обмежень, які є характерними для проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення. Для визначення обмежень, які є характерними для проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного

забруднення, представимо діяльність демінерів в цьому випадку у вигляді функціонування системи «людина-техніка-середовище».

Тоді компонент «людина» уявляє собою демінера. До демінерів у відповідності до Національного класифікатору України ДК 003:2010 «Класифікатор професій» [19] відносяться помічник оператора з пошуку вибухонебезпечних предметів, оператор з пошуку вибухонебезпечних предметів, старший оператор з пошуку вибухонебезпечних предметів, керівник групи розмінування, майстер підричних робіт. При цьому Професійний стандарт «Оператор з пошуку вибухонебезпечних предметів (демінер)» [20] не передбачає їх підготовку до дій в умовах радіаційного забруднення. Тобто, вимагають свого розширення обмеження, які необхідно врахувати під час підготовки демінерів до діяльності в означених умовах.

З урахуванням цього серед технічних засобів (компонент «техніка»), які використовують демінери, поруч з засобами пошуку та знешкодження вибухонебезпечних предметів, їх перевезення (перенесення), а також загальноприйнятими засобами індивідуального захисту (бронежилети, візори, захисні взуття та рукавички тощо) передбачається наявність приладів радіаційного, дозиметричного контролю та хімічної розвідки. Але останні передбачається використовувати для дотримання правил поведінки з хімічними боєприпасами, а також реалізації заходів щодо дотримання екологічної безпеки. Тобто, під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення треба проаналізувати обмеження в діях демінерів, що пов'язані із застосуванням засобів пошуку та знешкодження вибухонебезпечних предметів в умовах виконання основних операцій в комплексі, що поєднує засоби бронезахисту та засоби радіаційного захисту (індивідуальні захисні костюми та засоби індивідуального захисту органів дихання).

В той же час, при дослідженні особливостей ГР УРЗ недостатньо обмежитись аналізом просто компоненту «середовище» (знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості). Треба враховувати також те, які дії потрібні здійснювати демінер (починаючи від одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту, закінчуючи поведінкою з вибухонебезпечними предметами другої категорії, які в звичайних умовах знешкоджуються шляхом підриву на місці, оскільки можна передбачати, що характеристики та показники їх виконання будуть суттєво відрізнятися від тих, що мають місце в загальноприйнятих ситуаціях. Тобто, треба розглядати дії спеціально підготовлених до дій в умовах радіаційного забруднення демінерів під час виконання найбільш поширених специфічних операцій та процесів.

Таким чином, визначення обмежень, які є характерними для проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, показало, що цей процес необхідно розглядати з огляду функціонування системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування».

Формування імітаційної системи гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення. Найбільш точні функціональні залежності того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення, можна було б отримати за результатами реальних дій демінерів в означених умовах. Але для цього необхідно мати значний масив відповідної реальної інформації як щодо виконання типових процесів особовим складом, так і щодо виконання окремих операцій, з яких складаються такі процеси. На цей час така інформація відсутня і найближчим часом отримати її в реальних умовах протимінної діяльності не представляється можливим. Це можна здійснити за результатами функціонування відповідних імітаційних систем [18]. При цьому для використання імітаційних систем, які реалізуються на ЕОМ, потрібно мати статистично достовірні вихідні дані стосовно дій демінерів в умовах радіаційного забруднення, але вони також на цей час відсутні, оскільки до цього моменту ніколи не розглядалися. Тобто, остається єдиний шлях – визначення вихідних даних для отримання шуканих функціональних залежностей або за результатами фізичного моделювання відповідних дій демінерів під час підготовки

особового складу в умовах, що максимально наближені до реальних, або за результатами експертного оцінювання фахівцями, які добре знаються на здійсненні операцій і процесів, які необхідні для проведення ГР УРЗ.

Типовою операцією, з якої починається ГР УРЗ, є одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту із включенням в засоби індивідуального захисту органів дихання. В цьому випадку показником якості функціонування системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування» можна розглядати час одягання обраного комплексу. Тобто, за допомогою повірених приладів контролю необхідно отримати вибірку експериментальних результатів із заданим рівнем значимості (як правило $\alpha=0,05$) обраних оцінок діяльності особового складу.

Аналогічним чином можна розглянути і безпосередні типові процеси здійснення протимінної діяльності демінерами. Так, у ході експериментальних імітаційних випробувань можна оцінювати час руху демінерів до місця розмінування, виконання типових дій щодо очищення поверхні ґрунту на визначену глибину, маркування території, безпечне поводження із знайденими вибухонебезпечними предметами тощо, за умов їх виконання без зниження рівня безпеки особового складу.

Реалізація цього підходу відкриває перспективи для формування імітаційної системи гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення здійснити таким чином, що за експериментальними результатами можна отримати як функціональні залежності часу виконання обраних операцій та/або процесів від окремих складових системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування», так і багатофакторні залежності, в яких будуть враховані лінійні та нелінійні ефекти впливу окремих факторів, а також ефекти їх взаємодії. Враховуючи те, що, з одного боку, отримання таких залежностей передбачає нормальний розподіл часу виконання обраних дій демінерів, а з іншого, на початковому етапі є можливість провести незначну їх кількість, перевірку на нормальність доцільно здійснити за критерієм Шапіро-Уїлкі [21].

Окремим видом функціонування імітаційної системи можна розглядати отримання експертних оцінок, які надають фахівці, які мають досвід ГР УРЗ. В цьому випадку експерти можуть надати як часові показники виконання типових операцій і процесів (і тоді доцільно використовувати метод безпосередніх експертних оцінок [22]), так і показники, що характеризують окремі складові системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування», за результатами відповідного анкетування. В останньому випадку, це стосується, в першу чергу, оцінки засобів броне- та радіаційного захисту під час ГР УРЗ.

Тобто, формування імітаційної системи гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення здійснюється таким чином, щоб дозволити як фізичне моделювання часу виконання типових операцій і процесів протимінної діяльності без зниження рівня безпеки демінерів, так і отримання оцінок якості функціонування окремих складових системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування» за результатами експертного оцінювання фахівцями.

Отримання функціональних залежностей того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення. Наявність імітаційної системи, застосування якої дозволяє отримати кількісні показники якості ГР УРЗ дозволяє перейти до отримання функціональних залежностей, які можуть мати той чи інший вигляд в залежності від умов потенційного користувача, того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Отримання залежності часу виконання типових операцій (процесів) від рівня підготовленості демінерів. У відповідності до [23] можна припустити, що час змінюється в

залежності від кількості s попередньо виконаних спроб демінерами за експоненціальним законом. Для перевірки цього у відповідності до критерію Фроцині [24] розраховується статистика

$$B_s = \frac{1}{\sqrt{s}} \sum_{j=1}^s \left| 1 - \exp\left(\frac{-\bar{t}_j}{s}\right) - \frac{i-0,5}{s} \right|, \quad (2)$$

де s – кількість виконаних спроб;

$$\bar{t}(j) = \frac{\sum_{j=1}^s \bar{t}_j}{s}. \quad (3)$$

У випадку

$$B_s < B_s(P), \quad (4)$$

де $B_s(P)$ – критичне значення [24] критерію експоненціальності Фроцині (P – рівень довіри);

нульова гіпотеза експоненціальності розподілу не відхиляється. Тобто, можна вважати, що залежність математичного очікування часу виконання розглянутого варіанту дій під час ГР УРЗ від кількості s виконаних спроб має вигляд

$$\bar{t} = \bar{t}_{\text{гран}} + (\bar{t}_1 - \bar{t}_{\text{гран}}) \cdot e^{-\lambda(s-1)}, \quad (5)$$

де $\bar{t}_1$ – середній час виконання розглянутого варіанту дій під час ГР УРЗ в першій спробі, с;

$\bar{t}_{\text{гран}}$ – середній час виконання розглянутого варіанту дій під час ГР УРЗ після довготривалої підготовки с;

λ – параметр (інтенсивність) експоненціального розподілу, с^{-1} .

Отримання багатofакторних залежностей. Якщо за результатами експериментальних досліджень, у тому разі із залученням експертів, є можливість впорядкувати множину $Y_{\text{ГР}}^{P+P3}$, то можна перейти до отримання багатofакторної поліноміальної моделей, розробка якої спирається на відповідний план імітаційного експерименту. При виборі останнього треба враховувати, що обрані для дослідження фактори можуть мати нелінійний вплив на показники ефективності ГР УРЗ. Наприклад, у відповідності до (5). Нелінійний вплив факторів в поліноміальній моделі можна врахувати їх квадратичним увлеченням.

Також слід передбачити потенційні взаємозв'язки між окремими факторами, які можуть впливати на загальний результат. Так, саме під час виконання особливо складних і небезпечних завдань найбільш чітко виявляється професійна підготовка демінерів. В поліноміальній моделі ефекти взаємодії можуть бути враховані відповідними коефіцієнтами при добутках факторів, що розглядаються.

З урахуванням вищевикладеного поліноміальна модель ГР УРЗ в загальному випадку має вид

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + \dots + a_n X_n + a_{11} X_1^2 + \dots + a_{nn} X_n^2 + a_{12} X_1 X_2 + \dots + a_{(n-1)n} X_{n-1} X_n, \quad (6)$$

де $X_1, \dots, X_n$ – показники обраних для дослідження факторів, які конкретизують вихідні перемінні.

Тобто, з урахуванням того, що порівняльна оцінка впливу факторів, які обрані для розгляду, має виконуватись в тотожному (6) виразу в нормованих перемінних [345],

функціональна залежність того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення, буде мати вигляд

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{nn}x_n^2 + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(n-1)n}x_{n-1}x_n, \quad (7)$$

де $x_i = \frac{X_i - X_{i \min}}{X_{i \max} - X_{i \min}}$; X_i – визначене за результатами реалізації обраного плану імітаційного експерименту значення i -го фактору; $X_{i \min}$ – нижня границя i -го фактору; $X_{i \max}$ – верхня границя i -го фактору.

Представлення функціональної залежності виконання визначеного варіанту дій під час ГР УРЗ від обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту демінера у вигляді узагальненої експертної оцінки.

Для визначення якості виконання ГР УРЗ, особливо в тих випадках, коли нема можливості здійснити безпосередній контроль підконтрольної експлуатації засобів броне- та радіаційного захисту, можна застосувати експертне оцінювання за результатами відповідного анкетування.

Так, для кожного типового варіанту дій демінерів (рух до місця розмінування, очищення поверхні ґрунту на визначену глибину, маркування території, безпечне поводження із знайденими вибухонебезпечними предметами тощо) по аналогії з методиками оцінки рухомості та працездатності засобів індивідуального захисту органів дихання [25] можна оцінити кожен з наведених в анкеті характеристик (наприклад, зручність одягання, рухомість, обзорність, функціональний стан, працездатність тощо) за результатами самооцінки експертами за (наприклад) п'ятибальною шкалою: «5» – високий рівень комфорту (самопочуття дуже добре), «4» – добрий рівень комфорту; «3» – незначний дискомфорт; «2» – виражений дискомфорт; «1» – різкий дискомфорт (самопочуття дуже погане).

Показник ваги впливу кожної із характеристик обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту для кожного варіанту дій демінера можна визначити як

$$\alpha_{x_i} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (8)$$

де x_{ij} – оцінка ваги i -ї характеристики обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту, яку надав j -ий експерт під час оцінювання визначеного варіанту;

n – кількість показників якості;

m – кількість експертів в групі.

Тоді, з урахуванням середніх значень показника i -ї характеристики обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m} \quad (9)$$

узагальнена оцінка впливу розглянутих характеристик обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту на діяльність демінера може бути розрахована як

$$S = \sum_i^n (\alpha_{x_i} \cdot \bar{x}_i) = \sum_i^n \left(\frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m} \right). \quad (10)$$

Враховуючи те, що точка зору експертів повинна бути узгодженою, одночасно треба перевірити це, використовуючи коефіцієнт конкордації (загальний коефіцієнт рангової кореляції для групи експертів). Показник останнього повинен забезпечити визначений рівень значимості α .

Таким чином, наявність експериментальних або експертних результатів щодо дій демінерів під час виконання типових варіантів здійснення протимінної діяльності в умовах радіаційного забруднення дозволяє визначити із визначеним рівнем значимості α закономірність (закономірності), згідно з якою обрані фактори (вихідні параметри) впливають на результати гуманітарного розмінування.

Обґрунтування практичних рекомендацій. Постановка завдання обґрунтування практичних рекомендацій конкретизується в задачу впливу на параметри отриманих функціональних залежностей того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Це може бути як вибір заходів щодо того, щоб змінити інтенсивність λ у разі отримання експоненційних залежностей типу (5), параметрів розподілів, якщо порівнюються показники ефективності виконання різних видів діяльності демінерів за різних умов (навколишнього середовища, рівня підготовленості, обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту тощо), ранжування значущих факторів відповідно до (8) у разі застосування методу експертних оцінок або при наявності багатофакторних поліноміальних моделей (7) ранжування факторів x_i за ступенем їх впливу на обраний показник ефективності проведення ГУ УРЗ

$$y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_nx_n + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{nn}x_n^2 + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{(n-1)n}x_{n-1}x_n$$
$$\Downarrow$$
$$(x_{i \in (1,n)}^{(1)} \geq x_{j \in (1,n; j \neq i)}^{(2)} \geq \dots \geq x_{\gamma \in (1,n; \gamma \neq i \neq \dots \neq j)}^{(n)}) .$$

(11)

В останньому випадку це можна здійснити шляхом аналізу відповідних однофакторних моделей $y = f_i(x_i)$, отриманих при стабілізації інших $x_{j \neq i}$ факторів [301].

Таким чином, обґрунтування практичних рекомендацій конкретизується в задачу вибору тих факторів (вихідних параметрів) гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, які за наявності існуючих обмежень на ресурси та час найбільш сильно впливають на обрані показники проведення, як правило, найбільш важливих варіантів здійснення протимінної діяльності.

Оцінка ефективності практичних рекомендацій. Оцінка ефективності практичних рекомендацій, які були розроблені для підвищення ефективності ГУ УРЗ полягає в перевірці того, наскільки значимо відрізняються результати діяльності демінерів до та після їх впровадження. Це можна перевірити за критерієм Стюдента для пов'язаних або непов'язаних вибірок [26]. Якщо підвищення обраного показника ефективності із заданим рівнем значимості α не можна вважати значимим, то треба перейти до вибору нових заходів (вибору новітніх засобів здійснення протимінної діяльності, спеціалізованих засобів броне- та радіаційного захисту, вдосконалення процесу спеціалізованої підготовки демінерів тощо).

Формування керуючого алгоритму реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення. З урахуванням вищевикладеного керуючий алгоритм реалізації методики підвищення ефективності діяльності демінерів, які одягнені в засоби броне- та радіаційного захисту, спирається на реалізацію математичної моделі гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення (1) та має вигляд, який наведено на рис.1.



Рисунок 1 – Керуючий алгоритм реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення

Таким чином, керуючий алгоритм реалізації інформаційно-технічного методу забезпечення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення полягає у розробці та перевірці практичних рекомендацій у відповідності до закономірностей протимінної діяльності демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, які отримують за результатами фізичного моделювання або експертного оцінювання різноманітних варіантів їх діяльності, передбачає послідовне виконання п'ятих процедур, а саме: – визначення обмежень, які є характерними для гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення; – оцінка показників якості функціонування системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування» за результатами фізичного моделювання або експертного оцінювання дій демінерів; – отримання закономірностей того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення в залежності від обраних для аналізу факторів; – обґрунтування практичних рекомендацій; – вибір рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.

Висновки. Важливою та нерозв'язаною частиною проблеми підвищення ефективності гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення є відсутність методики підвищення ефективності гуманітарного розмінування демінерами, які одягнені в захисне спорядження, яке включає засоби броне- та радіаційного захисту.

Математична модель гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення уявляє систему з трьох аналітичних залежностей. Перша – функціонал, який описує процес визначення обмежень, які пов'язані із забезпеченням безпеки демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, та перехід до визначення закономірностей відповідної діяльності демінерів за допомогою імітаційних систем. Друга –

функціонал, який уявляє собою закономірність проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, оскільки відображає функціонування системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості», встановлюючи об'єктивний, повторюваний за певних умов зв'язок між показниками якості системи і властивими їй елементами функціонування. Третя – функціонал уточнення на основі отриманих закономірностей таких правил організації системи «демінер – засоби розмінування та захисту – вибухонебезпечні предмети на радіаційно забрудненій місцевості», реалізація яких за існуючих обмежень, пов'язаних з часом, якістю проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення та наявним ресурсом, дозволить перевищити нормативне значення ефективності цієї системи.

Визначення обмежень, які є характерними для проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, показало, що цей процес необхідно розглядати з огляду функціонування системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування».

Формування імітаційної системи гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення здійснюється таким чином, щоб дозволити як фізичне моделювання часу виконання типових операцій і процесів протимінної діяльності без зниження рівня безпеки демінерів, так і отримання оцінок якості функціонування окремих складових системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування» за результатами експертного оцінювання фахівцями.

Наявність експериментальних або експертних результатів щодо дій демінерів під час виконання типових варіантів здійснення протимінної діяльності в умовах радіаційного забруднення дозволяє визначити із визначеним рівнем значимості α закономірність (закономірності), згідно з якою обрані фактори (вихідні параметри) впливають на результати гуманітарного розмінування.

Обґрунтування практичних рекомендацій конкретизується в задачу вибору тих факторів (вихідних параметрів) гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, які за наявності існуючих обмежень на ресурси та час найбільш сильно впливають на обрані показники проведення, як правило, найбільш важливих варіантів здійснення протимінної діяльності.

Керуючий алгоритм реалізації методики підвищення ефективності гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення полягає у розробці та перевірці практичних рекомендацій у відповідності до закономірностей протимінної діяльності демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, які отримують за результатами фізичного моделювання або експертного оцінювання різноманітних варіантів їх діяльності, передбачає послідовне виконання п'ятих процедур, а саме: – визначення обмежень, які є характерними для гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення; – оцінка показників якості функціонування системи «демінер – засоби броне- та радіаційного захисту – знаходження вибухонебезпечних предметів на радіаційно забрудненій місцевості – типові операції гуманітарного розмінування» за результатами фізичного моделювання або експертного оцінювання дій демінерів; – отримання закономірностей того, як відбувається гуманітарне розмінування в умовах радіаційного забруднення в залежності від обраних для аналізу факторів; – обґрунтування практичних рекомендацій; – вибір рекомендацій для впровадження в нормативні документи за результатами статистичних оцінок того, наскільки ефективність від їх реалізації є значимою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ukrinform. Понад 95% території зони відчуження ЧАЕС може бути заміновано. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184-ponad-95-teritorii-zoni-vidcuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html>

2. Хотин Р. Перестрахуватись від «другого Чорнобиля» та «мавп із гранатами». Що треба знати про «теракт» на Запорізькій АЕС?. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-yadernyy-terakt-shcho-treba-znaty/32472691.html> .
3. Гудкова С. Загроза застосування тактичної ядерної зброї: чи зважиться Путін на удар. RFI. URL: <https://goo.su/Matc>
4. Schindler, Markus and Connell, Anthony (2023) "Mine Action and Food Security: The Complexities of Clearing Ukraine's Agricultural Lands," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 27 : Iss. 2 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/3>
5. Crowther, Greg (2022) "Ukraine: Coordinating the Reponse," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 25 : Iss. 3 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/3>
6. Mathewson, Andro (2022) "Open-Source Research and Mapping of Explosive Ordinance Contamination in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 26 : Iss. 1 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/3>.
7. Cottrell, Linsey; Darbyshire, PhD, Eoghan; and Holme Obrestad, Kristin (2022) "Explosive Weapons Use and the Environmental Consequences: Mapping Environmental Incidents in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 26 : Iss. 1 , Article 4. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/4>
8. Chrystie, Emily (2023) "Environmental Mainstreaming in Mine Action: A Case Study of Moving Beyond "Do No Harm", The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 27 : Iss. 2 , Article 5. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/5>.
9. n/a, Anonymous (2021) "Developing National Landmine Clearance Capacity in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 25 : Iss. 1 , Article 9. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss1/9>.
10. Koji, Mori (2019) "Occupational health in disasters: Valuable knowledge gained from experience with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident," Journal of Occupational Health; Vol.61, Iss. 6, November 2019, Pages 429-430. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12084>
11. Hignett, S., Hancox, G. and Edmunds Otter, M. (2019), "Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people", International Journal of Emergency Services, Vol. 8 No. 2, pp. 175-190. <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2018-0030>
12. Long, F., Bateman, G. and Majumdar, A. (2020), "The impact of fire and rescue service first responders on participant behaviour during chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN)/Hazmat incidents", International Journal of Emergency Services, Vol. 9 No. 3, pp. 283-298. <https://doi.org/10.1108/IJES-06-2019-0027>
13. Gyllencreutz, L., Carlsson, C.-P., Karlsson, S. and Hedberg, P. (2023), "Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners—a qualitative study", International Journal of Emergency Services, Vol. 12 No. 2, pp. 161-170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>
14. С. О. Степанчук, В. М. Стрілець, Є. О. Макаров, В. В. Стрілець. Порівняльний кількісний аналіз особливостей гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості. Збірка наукових праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». – Харків: НУЦЗ України, 2023. – Випуск 2(38). – С. 208-223. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-14>
15. Akhilesh Barve, Ram Naresh Prasad, and Devendra K. Yadav (2020), "Investigating causal relationship of disaster risk reduction activities in the Indian context", International Journal of Emergency Management, 2020, 16:1, 1-21. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2020.110105>
16. Liane Okdinawati, Made Irma Dwiputranti, and Raden Adriyani Oktora (2019), "The role and multi parties interaction and coordination mechanism on disaster management", International Journal of Emergency Management, 2019, 15:2, 187-204. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.099380>

17. Стрелец В. М. Многофакторная оценка пожарно-спасательных работ на станциях метрополитена. Проблемы пожарной безопасности. 2004. №.15. С. 208 -214.
18. Strelets, V., Malovyk, I., Stepanchuk, S., Strelec, V., Khyzhniak, A., & Valchenko, O. (2024). The Development of a mathematical model for increasing the efficiency of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage. *Social Development and Security*, 14(5), 175-190. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.5.18>
19. Національний класифікатор України ДК 003:2010 «Класифікатор професій». Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text>
20. Професійний стандарт «Оператор з пошуку вибухонебезпечних предметів (демінер)». Режим доступу https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/642-zatverdenij_ps_operator_z_posuku_vnp_deminer.pdf
21. ДСТУ ISO 5479:2009 Статистичне опрацювання даних. Критерії відхилення від нормального розподілу (ISO 5479:1997, IDT). [Чинний від 2011-07-01]. Київ : Держстандарт України, 2009. 34 с.
22. Грабовецький Б.Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 171 с.
23. Strelets, V., Malovyk, I., Ptysiazhniuk, V., Stepanchuk, S., Strelec, V., & Rebrov, O. (2024). The method of determining the parameters of a training attempt for evaluating a control exercise. *Social Development and Security*, 14(3), 219-237. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.3.15>
24. Frozini B.V. On the distribution and power of good-ness-of-fit statistic with parametric applications, "Goodness-of-fit" /Ed. by Revesz P., Sarkadi K, Sen P.K. – Amsterdam-Oxford-New York: North Holland Publ. Comp, 1987, P.123-154.
25. ДСТУ 12.4.041:2006 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги. Режим доступу https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=30151
26. Василенко О.А., Сенча І.А. Математично-статистичні методи аналізу у прикладних дослідженнях: навч. посіб. Одеса: ОНАЗ ім. О. Попова, 2011. 166 с.

REFERENCES

1. Ukrinform (2023). More than 95% of the territory of the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant can be replaced. Ukrinform - current news of Ukraine and the world. <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184-ponad-95-teritorii-zoni-vidcuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html>
2. Khotyn R. (2023) Insure yourself against the "second Chernobyl" and "monkeys with grenades." What should be known about the "terrorist attack" at the Zaporizhzhia NPP?. Radio Svoboda. <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-yadernyy-terakt-shcho-treba-znaty/32472691.html>
3. Gudkova S. (2023) The threat of using tactical nuclear weapons: will Putin decide to strike.RFI. <https://goo.su/Matc>
4. Schindler, Markus and Connell, Anthony (2023) "Mine Action and Food Security: The Complexities of Clearing Ukraine's Agricultural Lands," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 27 : Iss. 2 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/3>
5. Crowther, Greg (2022) "Ukraine: Coordinating the Reponse," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 25 : Iss. 3 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss3/3>
6. Mathewson, Andro (2022) "Open-Source Research and Mapping of Explosive Ordinance Contamination in Ukraine," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 26 : Iss. 1 , Article 3. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/3>.
7. Cottrell, Linsey; Darbyshire, PhD, Eoghan; and Holme Obrestad, Kristin (2022) "Explosive Weapons Use and the Environmental Consequences: Mapping Environmental Incidents in Ukraine," *The Journal of Conventional Weapons Destruction*: Vol. 26 : Iss. 1 , Article 4. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/4>

8. Chrystie, Emily (2023) "Environmental Mainstreaming in Mine Action: A Case Study of Moving Beyond "Do No Harm", The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 27 : Iss. 2 , Article 5. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/5>.
9. n/a, Anonymous (2021) "Developing National Landmine Clearance Capacity in Ukraine," The Journal of Conventional Weapons Destruction: Vol. 25 : Iss. 1 , Article 9. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol25/iss1/9>.
10. Koji, Mori (2019) "Occupational health in disasters: Valuable knowledge gained from experience with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident," Journal of Occupational Health; Vol.61, Iss. 6, November 2019, Pages 429-430. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12084>
11. Hignett, S., Hancox, G. and Edmunds Otter, M. (2019), "Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people", International Journal of Emergency Services, Vol. 8 No. 2, pp. 175-190. <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2018-0030>
12. Long, F., Bateman, G. and Majumdar, A. (2020), "The impact of fire and rescue service first responders on participant behaviour during chemical, biological, radiological and nuclear (CBRN)/Hazmat incidents", International Journal of Emergency Services, Vol. 9 No. 3, pp. 283-298. <https://doi.org/10.1108/IJES-06-2019-0027>
13. Gyllencreutz, L., Carlsson, C.-P., Karlsson, S. and Hedberg, P. (2023), "Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among a sample of emergency physicians' and general practitioners—a qualitative study", International Journal of Emergency Services, Vol. 12 No. 2, pp. 161-170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>
14. S. Stepanchuk, V. Strelets, Y. Makarov, V. Strelets (2023). Comparative analysis of the regulations of humanitarian demining in a radiation-contaminated area. Problems of Emergency Situations, N 2(38), pp. 208-223. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-14>
15. Akhilesh Barve, Ram Naresh Prasad, and Devendra K. Yadav (2020), "Investigating causal relationship of disaster risk reduction activities in the Indian context", International Journal of Emergency Management, 2020, 16:1, 1-21. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2020.110105>
16. Liane Okdinawati, Made Irma Dwiputranti, and Raden Adriyani Oktora (2019), "The role and multi parties interaction and coordination mechanism on disaster management", International Journal of Emergency Management, 2019, 15:2, 187-204. <https://doi.org/10.1504/IJEM.2019.099380>
17. Strelets V. (2004) Mnogofaktornaya otsenka pozharno-spasatel'nykh rabot nastantsiyakh metropolitena. Problemy pozharnoy bezopasnosti. №.15. pp. 208 -214. [in Russian].
18. Strelets, V., Malovyk, I., Stepanchuk, S., Strelec, V., Khyzhniak, A., & Valchenko, O. (2024). The Development of a mathematical model for increasing the efficiency of emergency rescue operations in conditions of possible combat damage. Social Development and Security, 14(5), 175-190. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.5.18>
19. National classifier of Ukraine DK 003:2010 "Classifier of professions". <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va327609-10#Text> [in Ukrainian].
20. Profesiynny standart «Operator z poshuku vybukhonebezpechnykh predmetiv (deminer)» https://register.nqa.gov.ua/uploads/0/642_-_zatverdzeni_j_ps_operator_z_posuku_vnp_deminer.pdf [in Ukrainian].
21. Statistical data processing. Criteria for deviation from normal distribution (1997). DSTU ISO 5479:2009 from 01 July 2001. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].
22. Hrabovets'kyi B.YE. Metody ekspertnykh otsinok: teoriya, metodolohiya, napryamky vykorystannya: Monohrafiya. – Vinnytsya: VNTU, 2010. – 171 s. [in Ukrainian].
23. Strelets, V., Malovyk, I., Ptysiazhniuk, V., Stepanchuk, S., Strelec, V., & Rebrov, O. (2024). The method of determining the parameters of a training attempt for evaluating a control exercise. Social Development and Security, 14(3), 219-237. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.3.15>

24. Frozini B. (1987). On the distribution and power of good-ness-of-fit statistic with parametric applications, "Goodness-of-fit" /Ed. by Revesz P., Sarkadi K, Sen P.K. – Amsterdam-Oxford-New York: North Holland Publ. Comp, 123-154.

25. DSTU 12.4.041:2006 Systema standartiv bezpeky pratsi. Zasoby indyvidual'noho zakhystu orhaniv dykhamnya fil'truval'ni. Zahal'ni tekhnichni vymohy. https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=30151 [in Ukrainian].

Valery STRELEC¹, Candidate of Technical Sciences

Serhii STEPANCHUK²

Andrii KHYZHNIAK³, PhD, Docent

Roman SHEVCHENKO², Doctor of Technical Sciences, Professor

Viktoriia LUKASHENKO⁴, Doctor of Technical Sciences, Docent

¹International humanitarian organization The Halo Trust

²National University of Civil Protection of Ukraine

³State Emergency Service of Ukraine in Poltava region

⁴State university «Kyiv aviation institute»

DEVELOPMENT OF A CONTROL ALGORITHM FOR AN INFORMATION AND TECHNICAL METHOD FOR ENSURING HUMANITARIAN DEMINING IN CONDITIONS OF RADIATION CONTAMINATION

For the first time, a mathematical model of humanitarian demining in conditions of radiation contamination has been substantiated, which represents a system of three analytical dependencies. The first is a functional that describes the process of determining the limitations associated with ensuring the safety of deminers during humanitarian demining in conditions of radiation contamination, and the transition to determining the patterns of the corresponding demining activities using simulation systems. The second is a functional that represents the pattern of humanitarian demining in conditions of radiation contamination. The third is a functional for specifying, based on the obtained patterns, such rules for organizing the system "deminer - means of demining and protection - explosive objects in a radiation-contaminated area", the implementation of which, under existing limitations, will allow exceeding the normative value of the efficiency of this system. In accordance with this model, a control algorithm for the information and technical method of ensuring humanitarian demining of radiation-contaminated areas has been developed, the control algorithm for the implementation of which involves the sequential execution of five procedures, namely: - determination of limitations that are characteristic of humanitarian demining in conditions of radiation contamination; - assessment of the quality indicators of the functioning of the system "deminer - means of armor and radiation protection - finding explosive objects in radiation-contaminated areas - typical humanitarian demining operations" based on the results of physical modeling or expert assessment of deminers' actions; - obtaining patterns of how humanitarian demining occurs in conditions of radiation contamination depending on the factors selected for analysis; - justification of practical recommendations; - selection of recommendations for implementation in regulatory documents based on the results of statistical assessments of how significant the effectiveness of their implementation is.

Keywords: deminer, humanitarian demining, radiation contamination, mathematical model, methodology, algorithm.