

УДК 004.89:519.22

Oleksandr Trofymchuk, Dr.Sc., Professor, Corresponding Member of NASU, Director of the Institute of Telecommunications and Global Information Space

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3358-6274> *e-mail*: trofymchuk@nas.gov.ua

Roman Koval, PhD student, Institute of Telecommunications and Global Information Space

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-3821-3378> *e-mail*: roman.koval.science@gmail.com

Oleksii Zarudnyi, PhD student, Institute of Telecommunications and Global Information Space

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7462-3899> *e-mail*: oleksii.zarudnyi@gmail.com

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

METHODOLOGY FOR FORECASTING THE NUMBER OF DISABLED PEOPLE FROM SANITARY LOSSES

***Abstract.** The article considers the problems of building mathematical models for predicting the contingent of pension recipients under conditions of uncertainty caused by the impact of hostilities. Based on the study of statistical information on the structure and dynamics of sanitary losses, an approach to revealing systemic uncertainty in the problem of predicting the contingent of pension recipients is proposed. This work is part of the study of the application of methods of intelligent data analysis and mathematical modeling in information technology intended for use in the pension system.*

The problem of predicting human losses as a result of hostilities is an urgent problem even in the conditions of the use of high-tech weapons. Sanitary and irretrievable losses are not only the effectiveness of the combat use of the unit, but also the costs of treatment, rehabilitation, pension provision, insurance payments. A high-intensity war with the use of the most modern weapons and military equipment has no analogues in retrospect. Therefore, approaches to predicting combat medical and non-recoverable losses, which are based solely on the calculation of average values or on analogies, cannot provide high-quality results. The study is devoted to the development of a methodology for predictive modeling of medical losses, the basis of which is probabilistic-statistical models in the form of Bayesian networks, the method of time series similarity and cluster analysis. If necessary, the proposed methodology can be used to perform calculations under different scenarios.

During the study, a number of numerical experiments were conducted, in which the correctness of the application of the proposed methodology was investigated. Acceptable forecasting results were obtained.

The proposals presented in the work will allow to increase the sustainability of the pension system of Ukraine, including by more accurately determining the dynamics of the contingent of pension recipients, and, accordingly, the costs of paying pensions.

***Key words:** sanitary losses, rehabilitation, pension provision, modeling, Bayesian data analysis, classification.*

О.М. Трофимчук, Р.Г. Коваль, О.Б. Зарудний

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ, м. Київ, Україна

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ІНВАЛІДІВ З ЧИСЛА САНІТАРНИХ ВТРАТ

***Анотація.** В статті розглянуті проблеми побудови математичних моделей для прогнозування контингенту одержувачів пенсій в умовах невизначеності, спричиненої впливом бойових дій. На основі дослідження статистичної інформації про структуру та динаміку санітарних втрат, запропоновано підхід до розкриття системної невизначеності у задачі прогнозування контингенту отримувачів пенсій. Дана робота є частиною дослідження застосування методів інтелектуального аналізу даних та математичного моделювання у інформаційній технології, призначеній до використання у пенсійній системі.*

Проблема прогнозування людських втрат внаслідок бойових дій є актуальною проблемою навіть в умовах застосування високотехнологічного озброєння. Санітарні та безповоротні втрати – це не тільки ефективність бойового застосування підрозділу, а й витрати на лікування, реабілітацію, пенсійне забезпечення, страхові виплати. Війна великої інтенсивності із застосуванням найсучаснішого озброєння та військової техніки не має аналогів у ретроспективі. Тому, підходи до прогнозування бойових санітарних та безповоротних втрат, які базуються виключно на розрахунку середніх значень або на аналогіях, не можуть забезпечити отримання якісних результатів. Дослідження присвячене розробленню методики прогнозного моделювання санітарних втрат, основу якої становлять ймовірнісно-статистичні моделі у формі мереж Байєса, метод подібності часових рядів та кластерний аналіз. За потреби, запропонована методика може бути використана для виконання розрахунків за різних сценаріїв.

В ході дослідження було проведено ряд чисельних експериментів, в яких досліджено коректність застосування запропонованої методики. Отримано прийнятні результати прогнозування.

Пропозиції, представлені в роботі, дозволять підвищити стійкість пенсійної системи України, в тому числі, за рахунок більш точного визначення динаміки контингенту одержувачів пенсій і, відповідно, витрат на виплату пенсій.

***Ключові слова:** санітарні втрати, реабілітація, пенсійне забезпечення, моделювання, байєсівський аналіз даних, класифікація.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2025.2.121-135>

Вступ

Дослідження санітарних втрат – питання, важливе не лише для забезпечення поточної боєздатності військових формувань, а є складною проблемою, що охоплює національну економіку, оборонну та безпекову сфери, фінанси, соціальний захист та соціальне забезпечення. Найбільш розповсюдженими підходами щодо визначення санітарних втрат залишаються методи, основані на використанні нормативних значень, коефіцієнтів, індикативних показників, експертних оцінок. Однак, такі методики не прийнятні для випадків, коли, наприклад, застосовується нове озброєння або методи ведення бою. Крім того, важливим є питання соціального захисту та соціального забезпечення всіх

постраждалих відповідно до їх потреб та протягом всього періоду, поки не зникне потреба, що значно збільшує видатки державного бюджету та Пенсійного фонду. Тому задача прогнозування кількості санітарних втрат та кількості осіб, що стануть інвалідами на середньо- та довгострокову перспективу є актуальною, потребує дослідження та опрацювання.

Аналіз існуючих підходів

Прогнозування санітарних втрат передбачає використання різних підходів, з урахуванням закономірностей та особливостей ведення бойових дій, характеру уражень, потенційного контингенту постраждалих тощо.

Для прогнозування втрат застосовують емпіричні моделі, з метою побудови яких використовують статистичні дані про кількість постраждалих у попередніх конфліктах. В таких моделях використовують коефіцієнти, наприклад коефіцієнт втрат на 1000 осіб для наступу чи оборони. Серед математичних моделей слід відзначити модель Ланчестера та стохастичні моделі [1-11]. Часто застосовують також імітаційні (симуляційні) моделі, які дозволяють наочно відобразити ситуацію певного бойового сценарію. Найпоширенішим способом оцінювання можливих втрат залишається метод експертних оцінок, хоча якість прогнозування, в даному випадку, повністю залежить від людського фактору – професійних знань та навичок експертів, їх об'єктивності та неупередженості.

Дослідивши вітчизняні та іноземні спеціалізовані джерела, інформацію з мережі Інтернет [1-11] щодо кількості та структури загальних втрат у різних війнах серед військовослужбовців, слід зазначити, що прогнозувати втрати лише на основі ретроспективних даних не доцільно, оскільки технологічний розвиток, наявність сучасних озброєнь, які мають значні вражаючі можливості, активне використання інформаційних технологій та штучного інтелекту зумовлюють складний, знищувальний характер бойових дій, який навіть у попередні 10-15 років не має аналогів [4-6]. Сучасна зброя стає також дедалі досконалішою. Навіть звичайні види озброєння стають більш потужними, а ураження ними більш масовими, крім того, з'являються нові види зброї, такі як лазерна, радіологічна, геофізична, галюциногенна тощо [4-6, 9, 10]. Все це зумовлює збільшення безповоротних та санітарних втрат, зростання тяжкості поранень, збільшення частки поранених з множинними пораненнями різних частин тіла, які згодом отримують інвалідність. Тобто, міняється не лише кількість, а й структура санітарних втрат. Тому важливо дослідити у короткостроковій перспективі потенційну кількість санітарних втрат, їх тяжкість, а у довгостроковій перспективі – ймовірну кількість інвалідів з числа санітарних втрат. У роботі М.О. Кудрицького, Н.В. Патер та В.О. Костиці [3] запропоновано алгоритм визначення бойових втрат особового складу на основі розрахунку коефіцієнтів збереження ефективності бойового застосування частини та методу експертних оцінок. Перевірка узгодженості і достовірності експертних оцінок здійснюється з використанням коефіцієнта конкордації Кендалла.

Перспективним напрямом досліджень військових конфліктів, як зазначають фахівці, роботи яких представлені у Military Operations Research [12], є використання ймовірнісно-статистичних моделей у формі мереж Байєса. Мережа Байєса надає [13] можливість встановити причинно-наслідкові

зв'язки між подіями та оцінити ймовірності настання тієї чи іншої ситуації при отриманні нової інформації щодо зміни стану будь-якого вузла (змінної) мережі. Ступінь успішності застосування даного методу моделювання та формування статистичного висновку залежить від вміння коректно сформулювати постановку задачі, вибрати змінні процесу, які в достатній мірі характеризують його динаміку або статику, зібрати статистичні дані та використати їх для навчання мережі, а також коректно сформулювати результат – висновок за допомогою побудованої мережі. Основною перевагою мереж Байєса є можливість одночасного врахування кількісних та якісних показників, динамічне надходження нової інформації, а також використання явної залежності між існуючими факторами, а також наочність моделювання. Ще однією перевагою застосування мереж Байєса є можливість врахування у моделі дискретних і неперервних змінних, врахування невизначеностей та практично відсутнє обмеження на кількість змінних. Мережі Байєса легко піддаються опису, мають гарні характеристики як інструмент для класифікації, не мають обмежень на закони розподілу змінних, на відміну від інших моделей на основі регресійних рівнянь, та не вимагають повноти інформації.

Тому у даному дослідженні використані саме мережі Байєса, оскільки вони надають можливість врахувати невизначеності статистичного, структурного і параметричного характеру, побудувати моделі за наявності прихованих вершин і при неповних спостереженнях, а також реалізувати формування ймовірнісного висновку за допомогою різних методів – наближених і точних.

Система прогнозування настання інвалідності серед санітарних втрат військ

Зростання кількості постраждалих, зокрема, з числа військовослужбовців, внаслідок активної фази військового конфлікту потребує значних матеріальних та грошових витрат. Тому актуальною проблемою є впровадження сучасних методів аналізу даних та ситуацій, прогнозування та підтримки прийняття рішень як у сфері національної безпеки та оборони, так і пов'язаних з нею сферах національного господарства, які б покращили планування витрат, запобігали б неоптимальному витрачання фінансових ресурсів держави. Впровадження цифровізації, використання штучного інтелекту, технологій обробки великих масивів даних (Big Data), тощо дає нові перспективи для розроблення відповідних систем підтримки прийняття рішень, основу яких складають сучасні інформаційні технології, математичні моделі, методи інтелектуального аналізу даних.

Запропонована інтелектуальна система підтримки прийняття рішень [13-15], структура якої представлена на рис. 1. Як видно з рис. 1, вона являє собою модульний програмний комплекс, призначений для опрацювання даних про санітарні втрати, та враховує специфіку предметної області [15-19].

Особливостями запропонованої системи є наявність серії підсистем для попередньої обробки та збору вхідних даних, оскільки дані про санітарні та неповоротні втрати можуть накопичуватися для обробки з різних систем, бути представленими в різних форматах, містити пропуски даних, аномальні значення. Основу системи становить аналітична підсистема, яка має модульну структуру та передбачає можливість її нарощування.

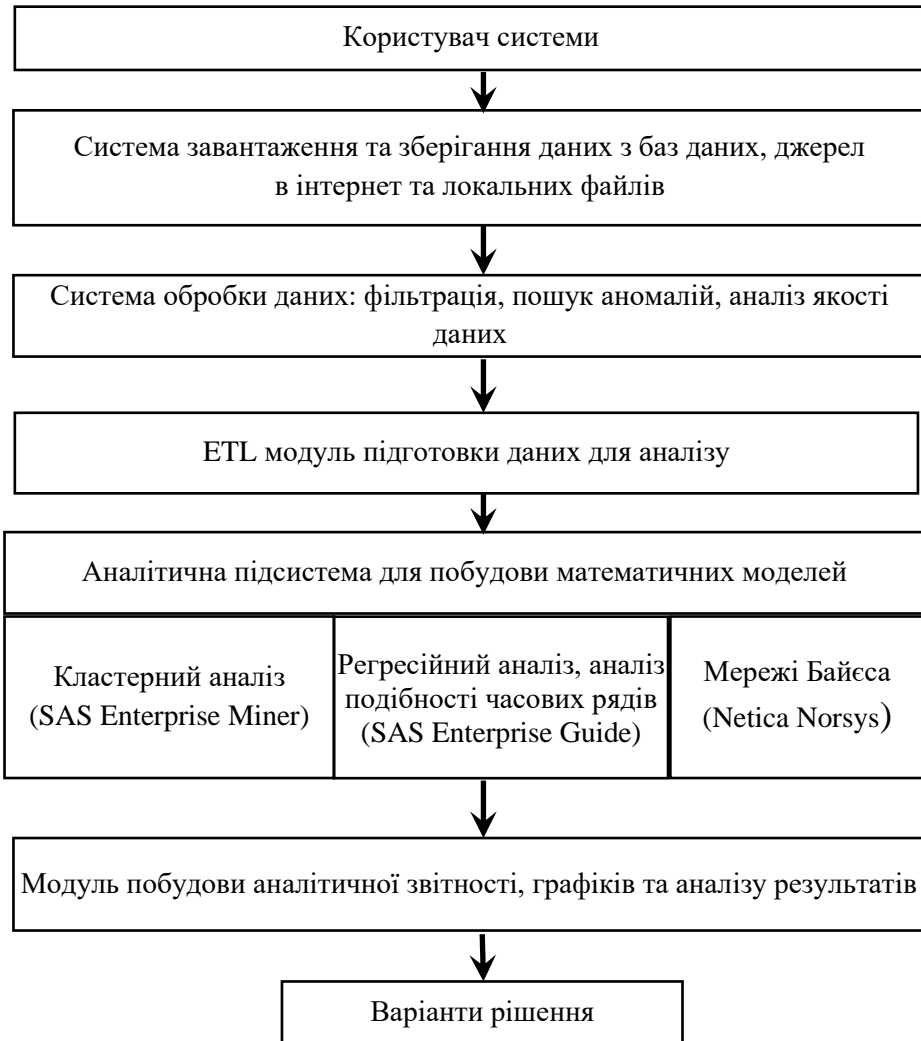


Рис. 1. Схема системи підтримки прийняття рішень

В даній роботі представлені модулі, які реалізують технологічний ланцюг, призначений для вирішення задачі прогнозування бойових санітарних та неповоротних втрат. Дана система може бути використана як доповнення до існуючих систем. У розробці використано програмне забезпечення SAS Enterprise Miner 14.1 та SAS Enterprise Guide [20, 21], що значно розширює набір інструментів аналітика за рахунок доповнення наявного програмного забезпечення новими моделями. Крім того, використання засобів компанії SAS дозволяє покращити візуалізацію результатів, представляти результати розрахунків у зручному для аналітики графічному чи табличному вигляді, за потреби, необхідні таблиці можуть бути вивантажені у зовнішні додатки, зокрема MS Excel.

Виходячи з наявної інформації щодо кількості втрат у період 2014-2019 рр. [3-6] у зоні АТО (рис. 2), було зроблено припущення стосовно співвідношення різних видів бойових втрат [3-6, 10].

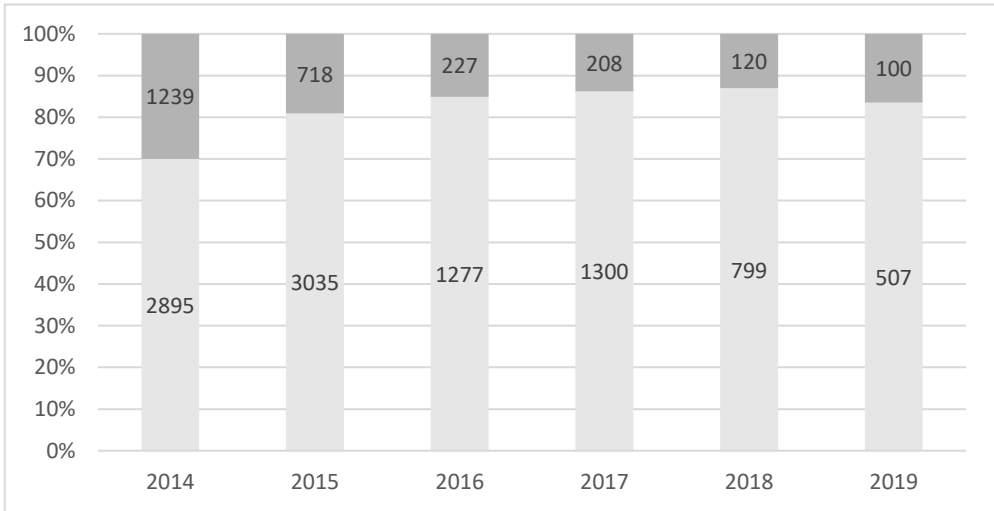


Рис. 2. Співвідношення бойових санітарних втрат (на діаграмі – світлий колір) і бойових безповоротних втрат (на діаграмі – темний колір)

Як видно з рис. 2, санітарні втрати становлять переважну більшість втрат, також слід зазначити, що їх кількість коливається залежно від інтенсивності та характеру бойових дій, захисту особового складу – найбільші безповоротні втрати були саме на початку АТО, коли ще не було напрацьовано бойового досвіду.

Фактори, вплив яких на кількість санітарних втрат, за даними експертів, є найсуттєвішим, представлені в таблицях 1-8. Вказані фактори й були розглянуті під час моделювання санітарних втрат.

Таблиця 1. Розподіл значень “Інтенсивність бою” (Battle intensity), для вершини мережі Байєса

Назва стану	Позначення стану в моделі	Значення ймовірності, %
Мала	Low	50
Середня	Medium	30
Висока	High	20

Таблиця 2. Розподіл значень “Тип зброї” (Weapon), для вершини мережі Байєса

Тип зброї	Позначення типу зброї в моделі	Значення ймовірності, %
Вогнепальна	Firearms	25
Боєприпаси об’ємного вибуху	Volatile Explosive Ammunition	25
Високоточна зброя	Precision Weapons	25
Запальні суміші	Incendiary Mixtures	25

Таблиця 3. Розподіл значень “Ступінь тяжкості поранення” (Injury), для вершини мережі Байеса

Ступінь тяжкості поранення	Позначення ступеня тяжкості поранення в моделі	Значення ймовірності, %
Легка	Easy	28,75
Середня	Medium	33,75
Важка	Heavy	18,75
Вкрай важка	Extremely difficult	18,75

Таблиця 4. Розподіл значень “Захист особового складу” (Personnel protection), для вершини МБ

Захист особового складу	Позначення захисту особового складу в моделі	Значення ймовірності, %
Повний (бронежилет, каска, захист кінцівок)	Full	40
Частковий (тільки бронежилет чи каска)	Partial	45
Відсутній (немає засобів індивідуального захисту)	None	15

Таблиця 5. Розподіл значень “Час евакуації” (Evacuation time), для вершини МБ

Час евакуації	Позначення часу евакуації в моделі	Значення ймовірності, %
Своєчасна (< = 1 година)	On time	30
Помірна (1-3 години)	Moderate	45
Запізно (> 3 годин)	Late	25

Вершина «Час евакуації» відображає, як швидко поранений військовослужбовець доставляється до місця кваліфікованої медичної допомоги. Вона впливає на результати (включаючи тяжкість санітарних втрат) і може приймати ймовірності, що ґрунтуються на реальних або передбачуваних логістичних умовах.

Таблиця 6. Розподіл значень “Медзабезпечення та логістика” (Medicine and logistic), для вершини МБ

Медзабезпечення та логістика	Позначення медзабезпечення та логістики в моделі	Значення ймовірності, %
Якісне	Good	35
Середнє	Average	45
Погане	Poor	20

«Медзабезпечення та логістика» представляє рівень доступності та якості медичної допомоги, включаючи наявність польових шпиталів, медикаментів, кваліфікованого персоналу, санітарної евакуації та постачання.

Таблиця 7. Розподіл значень “Характер ушкоджень” (Type Damage), для вершини МБ

Характер ушкоджень	Позначення характеру ушкоджень в моделі	Значення ймовірності, %
Голова	Head	32
Шия	Neck	1,24
Груди	Chest	8,94
Живіт	Abdomen	5,27
Таз	Pelvis	4,14
Хребет	Spine	1,14
Верхні кінцівки	Upper limbs	18,97
Нижні кінцівки	Lower limbs	28,3

Таблиця 8. Розподіл значень “Локалізація ушкоджень” (Localization), для вершини МБ

Локалізація ушкоджень	Позначення локалізації ушкоджень в моделі	Значення ймовірності, %
Ізольовані	Isolated	28,76
Множинні	Multiple	24,88
Поєднані	Combined	46,36

Таблиця 9. Розподіл значень “Санітарні втрати” (Sanitary losses), для вершини МБ

Санітарні втрати	Позначення санітарних ушкоджень в моделі	Значення ймовірності, %
Низькі (< 1,5 %)	Low	31,7
Середні (1,5 – 3 %)	Medium	32,5
Високі (3 – 5 %)	High	23,7
Критичні (> 5%)	Critical	12,1

На рис. 3 наведена топологія побудованої мережі Байеса.

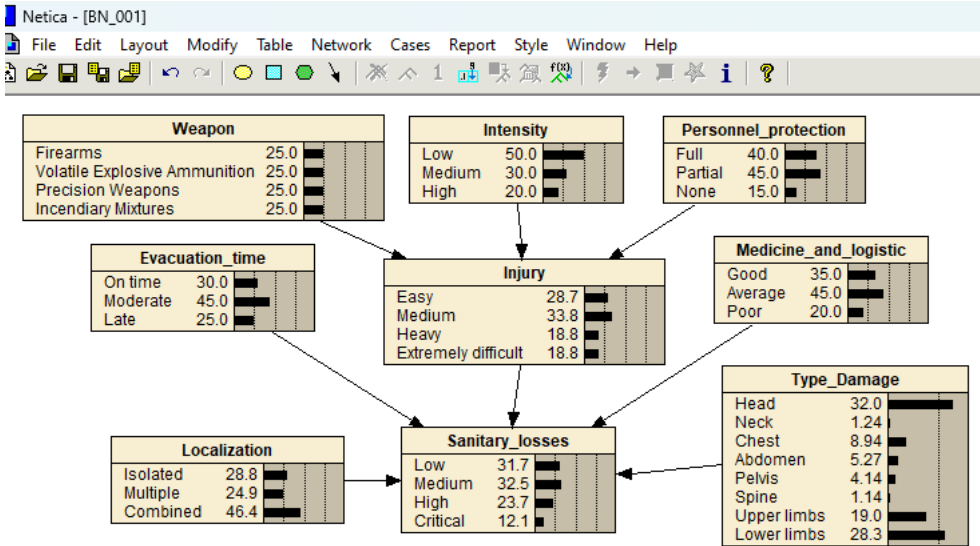


Рис. 3. Графічне представлення мережі Байеса для прогнозування ймовірності санітарних втрат

Використовуючи ймовірнісно-статистичні моделі, такі як представлено на рис. 3, можна розглянути декілька сценаріїв зміни кількості санітарних втрат (табл. 10).

Таблиця 10. Приклад сценаріїв моделювання із використанням наведеної мережі Байеса

Інтенсивність бою	Тривалість евакуації	Якість медичного забезпечення та логістики	Санітарні втрати, %			
			Низькі (< 1,5)	Середні (1,5 – 3)	Високі (3 – 5)	Критичні (> 5%)
Мала	Своєчасна	Якісне	75	20	5	0
Середня	Помірна	Середнє	30	45	20	5
Висока	Запізно	Погане	5	20	40	35
Середня	Запізно	Погане	10	30	40	20
Висока	Своєчасна	Якісне	20	45	25	10
Мала	Помірна	Середнє	50	35	12	3

Використовуючи результати сценарного аналізу, наведені у табл. 10, можна побачити, що за позитивного сценарію, коли мала інтенсивність бою, евакуація здійснюється вчасно, хороша якість медичного забезпечення та логістика, санітарні втрати будуть найменшими. За найнегативнішого з усіх представлених сценаріїв, найвища ймовірність зростання кількості санітарних втрат до високих і, навіть, критичних значень (рис. 4).

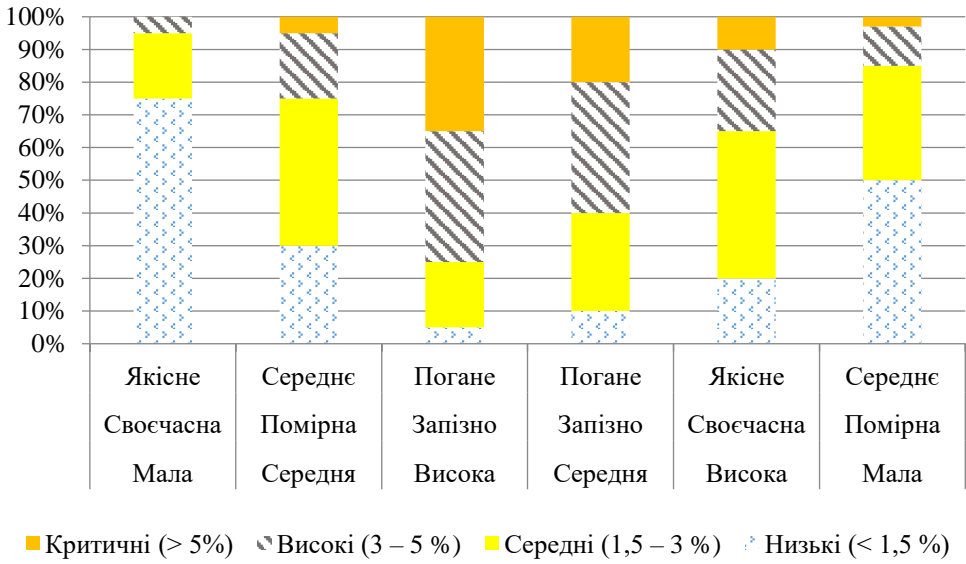


Рис. 4. Розподіл умовних ймовірностей санітарних втрат за різних умов конфлікту

Змодельовати ситуацію можна, додавши вершину, яка відображає ймовірність настання інвалідності.

На рис. 5 наведена топологія побудованої мережі Байєса, яка моделює ситуацію, за якої можлива інвалідність військового.

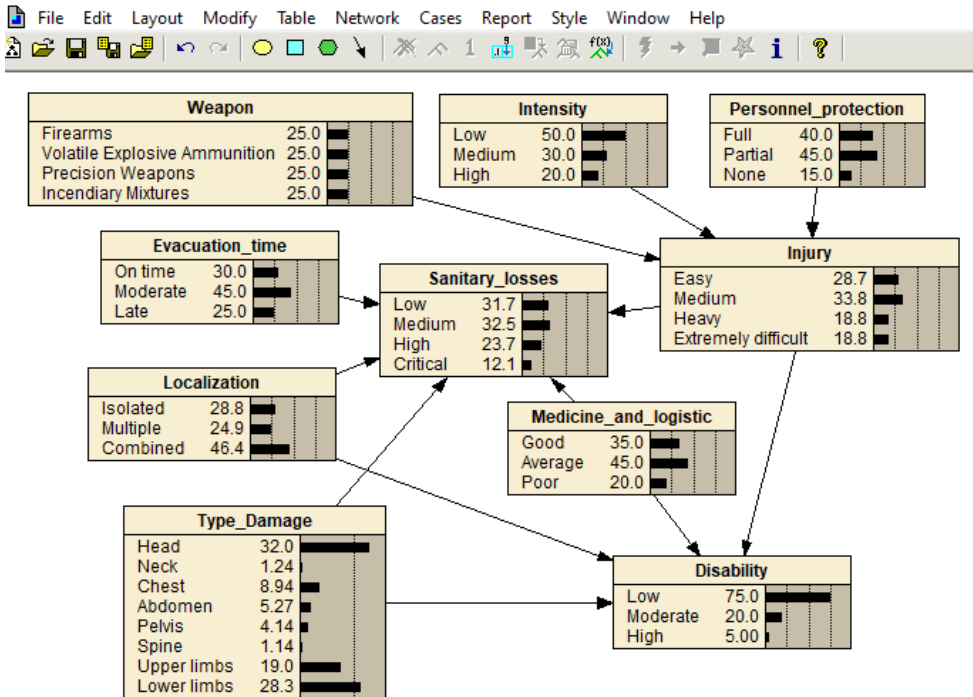


Рис. 5. Мережа Байєса для прогнозування ймовірності настання інвалідності

Таблиця 11. Розподіл значень “Ймовірність отримати інвалідність” (Disability), для вершини МБ

Ймовірність отримати інвалідність	Позначення ймовірності отримання інвалідності в моделі	Значення ймовірності, %
Низька ймовірність	Low	75
Помірна ймовірність	Moderate	20
Висока ймовірність	High	5

Опис станів вершини “Ймовірність отримати інвалідність”:

1) Низька ймовірність – як правило, це випадки, коли поранення не є критичними або особа має достатньо високий рівень медичного забезпечення, ефективний захист та швидку евакуацію.

2) Помірна ймовірність – зазвичай це серйозні поранення, але не критичні. Може бути затримка в евакуації або недостатня медична допомога, але шанс на повне відновлення залишається.

3) Висока ймовірність – коли поранення надзвичайно тяжкі, і ймовірність інвалідності дуже висока через серйозні ушкодження внутрішніх органів, ампутацію, тяжкі черепно-мозкові травми тощо. Окрім цього, дуже суттєво впливають проблеми з евакуацією або з медичним забезпеченням.

Таблиця 12. Результати моделювання із використанням запропонованої ймовірно-статистичної моделі – мережі Байєса

Локалізація ушкоджень	Медичне забезпечення та логістика	Тип ушкодження	Характер ушкоджень	Ймовірність отримати інвалідність
Ізольовані	Якісне	Легка	Верхні кінцівки	Низька
Множинні	Середнє	Середня	Живіт	Помірна
Поєднані	Погане	Вкрай важка	Голова	Висока
Ізольовані	Якісне	Легка	Верхні кінцівки	Низька
Множинні	Середнє	Середня	Живіт	Помірна
Поєднані	Погане	Важка	Голова	Висока
Множинні	Середнє	Важка	Нижні кінцівки	Помірна
Поєднані	Середнє	Вкрай важка	Хребет	Висока

В результаті моделювання отримано такі сценарії. Перший сценарій – легкі ушкодження (наприклад, пошкодження верхніх або нижніх кінцівок), швидке медичне забезпечення, ізольований і легкий тип ушкодження. У такому випадку ймовірність інвалідності буде низькою. Другий сценарій передбачає, що особа може отримати середні ушкодження, ізольовані або множинні

і висока ймовірність затримки медичної допомоги. За таких умов, ймовірність інвалідності зростає до помірного рівня. За третього сценарію, особа отримує вкрай тяжкі ушкодження (пошкодження голови або хребта), ситуація ускладнюється відсутністю швидкого надання медичної допомоги. В такому випадку ризик інвалідності дуже високий. Отже, як показали проведені чисельні експерименти, запропонований підхід може бути використаний для прогнозування санітарних втрат, і на основі отриманого прогнозу – кількості поранених, які з високою ймовірністю будуть інвалідами.

Отже, запропонована методика передбачає використання математичного моделювання та інтелектуального аналізу даних на основі байєсівського підходу для формування сценаріїв ситуацій, які потенційно можуть вимагати заходів додаткового економічного та фінансового впливу, розроблення імовірних сценаріїв розвитку ситуації на середньо- та довгострокову перспективу.

Як показує зарубіжний досвід, формування високого рівня національної безпеки і оборони України неможливе без функціонуючої надійної системи підтримки прийняття управлінських рішень, яка має бути багаторівневою з відкритою архітектурою, гнучкою та масштабованою, що забезпечить її здатність вчасно ідентифікувати нові загрози і виклики, оперативно опрацьовувати інформацію та надавати її зацікавленим споживачам для прийняття обґрунтованих та виважених рішень.

Висновки

1. У дослідженні розглянуто різні підходи до прогнозування кількості постраждалих внаслідок війни та санітарних втрат. Проаналізовано переваги й недоліки їх застосування у сучасних умовах. Для використання у пропонованій інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень в якості основного інструменту прогнозування санітарних втрат обрано ймовірнісно-статистичні моделі у формі мереж Байєса, перевагою яких є те, що вони не мають обмежень на закони розподілу змінних та не вимагають повноти інформації.

2. Особливістю даної розробки є те, що попередньо, з множини факторів, що впливають на кількість санітарних втрат, було відібрано найбільш значимі, використовуючи як статистичні дані поточної війни, так і дані попередніх конфліктів, визначивши закономірності досліджуваних процесів.

3. Сучасні озброєння та методика ведення бойових дій значно відрізняються від попередніх конфліктів. Озброєння стає все більш технологічним, тому кількість тяжких поранень з ускладненнями значно зростає. Відповідно, ймовірність настання інвалідності збільшується. Що в подальшому спричинятиме зростання витрат на соціальний захист та соціальне забезпечення осіб з інвалідністю.

4. В подальшому розробка буде доповнена модулем прогнозування видатків на соціальний захист та соціальне забезпечення інвалідів з числа військовослужбовців. Це дасть можливість планувати видатки та раціонально використовувати кошти державного бюджету і Пенсійного фонду України на соціальний захист та соціальне забезпечення, спрямовуючи їх на вирішення нагальних задач.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стандарт ВСТ 01.305.003-2019 (01) «Методичне забезпечення. Класифікація бойових уражень, небойових травм та захворювань у Збройних силах України».
2. Конфлікти, війни та соціальні трансформації епохи модерну: теорія, історія, сьогодення : матеріали XI Міжнародної наук.-практ. конф. (м. Київ, 12–13 червня 2023 р.) / укладачі П. В. Федорченко-Кутуєв, О. М. Казьмірова, О. М. Вольський та ін. Університетська книга, 2023.
3. Кудрицький М. О., Патер Н. В., Костриця В. О. (2024). Пропозиції щодо алгоритму визначення бойових втрат особового складу з метою прогнозування зміни ефективності бойового застосування озброєння та військової техніки. *Військово-технічний збірник*. №31. С. 44-50. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.31.2024.44-51>
4. Лівінський В. Г. (2020). Санітарні втрати як індикативний показник діяльності медичної служби Збройних Сил України. Сучасні аспекти військової медицини. Т. 27, № 2. С. 62-75. <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2020-27-28>
5. За якими принципами обліковують санітарні втрати? URL: <https://armyinform.com.ua/2020/01/14/za-yakymu-pryncyparamu-oblikovuyut-sanitarni-vtraty/>
6. Кочін І. В. (2019). Аналіз загальних втрат серед військовослужбовців і населення при бойових діях і їх особливості. *Науковий огляд*. №5(100). С. 29-39. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.5.100.2019.177015>
7. The official site of Watson institute (Brown University). URL: <http://watson.brown.edu/>
8. Фурсенко Л. К., Черновол Н. М. (2020) Ланчестеровські моделі бойових дій. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*, № 4(66). С. 85-91. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.12>
9. Уражаюча дія сучасної зброї і характеристика санітарних втрат. URL: <https://ppt-online.org/37598>
10. Офіційний сайт НАТО. URL: <http://www.nato.int/>
11. Global Terrorism Database Codebook: inclusion criteria and variables. (2019). USA: University of Maryland., 65 p. URL: <https://www.start.umd.edu/gtd/>
12. Gallagher M., Sturgeon S., Finch B., Villongco F. (2022). Probabilistic Analysis of Complex Combat Scenarios. *Military Operations Research*. Vol. 27, No. 1. P. 87–106. URL: <https://www.jstor.org/stable/27116757>
13. Згуровський М. З., Бідюк П. І., Терентьєв О. М., Просянкіна-Жарова Т. І. (2015). Байєсівські мережі в системах підтримки прийняття рішень : навч. посіб. Київ : Едельвейс.
14. Трофимчук О., Бідюк П., Кожухівська О., Кожухівський А. (2015). Ймовірнісно-статистичні невизначеності в системах підтримки прийняття рішень. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. № 826. С. 237–248.
15. Довгий, С. О., Бідюк П. І., Трофимчук О. М. (2014). Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних методів. Київ : Логос, 2014.
16. Згуровський М. З., Панкратова Н. Д. (2007). *Основи системного аналізу*. К.: Видавнича група BVH.
17. Sankoff D., Kruskal J. (1999). Time warps, string edits, and macromolecules: The theory and practice of sequence comparison. URL: <https://web.stanford.edu/group/cslipublications/cslipublications/site/1575862174.shtml>
18. Beyer W.A., Stein M.L., Smith T.F., Ulam S.M. (1974). A molecular-sequence metric and evolutionary trees / *Mathematical Biosciences*. Vol. 19. P. 9-25. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0025556474900285>
19. Wilbur W.I., Lipman D.I. (1983). Rapid similarity searches of nucleic acid and protein data banks. *Proceeding of the National Academy of Science of the USA*. Vol. 80. P. 726-730. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6572363/>

20. Schubert S., Lee T. (2011). Time Series Data Mining with SAS® Enterprise Miner // Proceedings of the SAS Global Forum 2011 Conference. SAS Institute Inc., Cary, NC, URL: <https://support.sas.com/resources/papers/proceedings11/160-2011.pdf>
21. Leonard M., Sloan J., Lee T., Elsheimer B. (2007). An Introduction to Similarity Analysis Using SAS // Proceedings of the SAS Global Forum 2007 Conference. SAS Institute Inc., Cary, NC, URL: <https://support.sas.com/rnd/app/ets/papers/similarityanalysis.pdf>

Стаття надійшла до редакції 14.02.2025 і прийнята до друку після рецензування 29.04.2025

REFERENCES

1. Standart VST 01.305.003-2019 (01) «Metodychne zabezpechennja. Klasyfikacija bojovyh urazhen', nebojovyh travm ta zahvorjuvan' u Zbrojnyh sylah Ukraïny» [in Ukrainian].
2. Fedorchenko-Kutujev, P. V., Kaz'mirova, O. M., & Vol's'kyj, O. M. (2023). Konflikty, vijny ta social'ni transformacii' epochy modernu: teorija, istorija, s'ogodennja : materialy XI Mizhnarodnoi' nauk.-prakt. konf. (Kyiv, 12–13 chervnja 2023 r.). Kyiv: Universytets'ka knyga [in Ukrainian].
3. Kudryc'kyj, M. O., Pater, N. V., Kostrycja, V. O. (2024). Propozycii' shhodo alorytmu vyznachennja bojovyh vtrat osobovogo skladu z metoju prognozuvannja zminy efektyvnosti bojovogo zastosuvannja ozbrojennja ta vijs'kovoï tehniky. *Vijs'kovo-tehnichnyj zbirnyk*, 31, 44-50 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33577/2312-4458.31.2024.44-51>
4. Livins'kyj, V. G. (2020). Sanitarni vtraty jak indykatyvnyj pokaznyk dijalnosti medychnoi' sluzhby Zbrojnyh Syl Ukraïny. *Suchasni aspekty vijs'kovoï medycyny*, 27 (2), 62-75 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32751/2310-4910-2020-27-28>
5. Za jakymy pryncypamy oblikovujut' sanitarni vtraty? <https://armyinform.com.ua/2020/01/14/za-yakymy-pryncypamy-oblikovuyut-sanitarni-vtraty/>
6. Kochin, I. V. (2019). Analiz zagal'nyh vtrat sered vijs'kovosluzhbovciv i naseleennja pry bojovyh dijah i ih osoblyvosti. *Naukovyj ogljad*, 5(100), 29-39. <https://doi.org/10.22141/2224-0586.5.100.2019.177015>
7. The official site of Watson Institute (Brown University). <http://watson.brown.edu/>
8. Fursenko, L. K., Chernovol, N. M. (2020). Lanchesterovs'ki modeli bojovyh dij. *Zbirnyk naukovykh prac' Harkivs'kogo nacional'nogo universytetu Povitryjnyh Syl*, 4(66), 85-91 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.30748/zhups.2020.66.12>
9. Urazhajucha dija suchasnoi' zbroï' i harakterystyka sanitarnykh vtrat. <https://ppt-online.org/37598> [in Ukrainian].
10. Official NATO website. <http://www.nato.int/>
11. Global Terrorism Database Codebook: inclusion criteria and variables. (2019). USA: University of Maryland. <https://www.start.umd.edu/gtd/>
12. Gallagher, M., Sturgeon, S., Finch, B., Villongco, F. (2022). Probabilistic Analysis of Complex Combat Scenarios. *Military Operations Research*, 27 (1), 87–106. <https://www.jstor.org/stable/27116757>.
13. Zgurovs'kyj, M. Z., Bidjuk, P. I., Terent'jev, O. M., Prosjankina-Zharova, T. I. (2015). Bajjesivs'ki merezhi v systemah pidtrymky pryjnjattja rishen': navch. posib. Kyiv: Edel'vejs [in Ukrainian].
14. Trofymchuk, O., Bidjuk, P., Kozhuhivs'ka, O., Kozhuhivs'kyj, A. (2015). Jmovirnisno-statystychni nevyznachenosti v systemah pidtrymky pryjnjattja rishen'. *Visnyk Nacional'nogo universytetu «L'vivs'ka politehnika»*, 826, 237–248 [in Ukrainian].
15. Dovgyj, S. O., Bidjuk, P. I., Trofymchuk, O. M. (2014). Systemy pidtrymky pryjnjattja rishen' na osnovi statystychno-jmovirnisnykh metodiv. Kyi'v: Logos [in Ukrainian].
16. Zgurovs'kyj, M. Z., Pankratova, N. D. (2007). Osnovy systemnogo analizu. K.: Vydavnycha grupa BHV [in Ukrainian].

17. Sankoff, D., Kruskal, J. (1999). Time warps, string edits, and macromolecules: The theory and practice of sequence comparison. <https://web.stanford.edu/group/cslipublications/cslipublications/site/1575862174.shtml>
18. Beyer, W.A., Stein, M.L., Smith, T.F, Ulam, S.M. (1974). A molecular-sequence metric and evolutionary trees. *Mathematical Biosciences*, 19, 9-25. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0025556474900285>
19. Wilbur, W.I., Lipman, D.I. (1983). Rapid similarity searches of nucleic acid and protein data banks. *Proceeding of the National Academy of Science of the USA*, 80, 726-730. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6572363/>
20. Schubert, S., Lee, T. (2011). Time Series Data Mining with SAS® Enterprise Miner. *Proceedings of the SAS Global Forum 2011 Conference*. SAS Institute Inc., Cary, NC. <https://support.sas.com/resources/papers/proceedings11/160-2011.pdf>
21. Leonard, M., Sloan, J., Lee, T., Elsheimer, B. (2007). An Introduction to Similarity Analysis Using SAS. *Proceedings of the SAS Global Forum 2007 Conference*. SAS Institute Inc., Cary, NC. <https://support.sas.com/rnd/app/ets/papers/similarityanalysis.pdf>

The article was received 14.02.2025 and was accepted after revision 29.04.2025

Трофимчук Олександр Миколайович

доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, директор Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ
Адреса робоча: Чоколівський бульвар, 13, м. Київ, Україна, 03186
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3358-6274> **e-mail:** trofymchuk@nas.gov.ua

Коваль Роман Григорович

здобувач, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ
Адреса робоча: Чоколівський бульвар 13, Київ 03186, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-3821-3378> **e-mail:** roman.koval.science@gmail.com

Зарудний Олексій Борисович

здобувач, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ
Адреса робоча: Чоколівський бульвар 13, Київ 03186, Україна
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7462-3899> **e-mail:** oleksii.zarudnyi@gmail.com