

DOI: <https://doi.org/10.24061/2707-8728.2.2025.4>

УДК: 61:340.6-027:004.8

ЗАСТОСУВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАВДАНЬ У СУДОВІЙ МЕДИЦИНІ

Іван Савка¹, Ігор Коробко²

¹Заклад вищої освіти Буковинський державний медичний університет МОЗ України, м. Чернівці, Україна

²Державний заклад Луганський державний медичний університет МОЗ України, м. Рівне, Україна

Резюме. Одним із сучасних аналітичних методів дослідження, що розвивається найбільш активно та бурхливо за останні роки, є безсумнівно штучний інтелект. Він поступово, за досить короткий період часу охопив всі напрямки життя людини. Не є виключенням і судова медицина, в якій її прогресивна медична складова динамічно розвивається з плином часу і розвитком науково-технічного прогресу.

Мета роботи. Провести аналіз наукових робіт та світової літератури останніх років щодо впровадження інструментів штучного інтелекту для вирішення різноманітних прикладних завдань в судовій медицині.

Матеріали та методи. Авторами піддано аналізу всі доступні джерела світової наукової літератури з баз даних PubMed, Scopus, Web of Science, вибрані за ключовими словами. Найбільш релевантні з них піддані детальному порівняльному аналізу з метою оцінки їх ефективності у вирішенні основних прикладних завдань судової медицини.

Науково-дослідна робота. Виконане дослідження є фрагментом комплексної науково-дослідної роботи кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету «Використання сучасних морфологічних та фізичних методів для діагностики часу та причини настання смерті, виникнення тілесних ушкоджень, розвитку віддалених та наближених їх наслідків з метою вирішення нагальних завдань правоохоронних органів та актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер державної реєстрації 0123U101978, терміни виконання січень 2023-грудень 2027 року).

Біоетика. Матеріали дослідження розглянуті і схвалені комісією з питань біоетики Буковинського державного медичного університету (Протокол № 2 від 16.10.2025).

Результати. Проведене дослідження показало, що застосування інструментів штучного інтелекту вже знайшло широке відображення при розв'язанні прикладних завдань основних розділів судової медицини. Більшість дослідників звертають увагу на необхідності критичного осмислення, збалансованого підходу та експертного нагляду при застосуванні елементів штучного інтелекту (машинного, глибокого навчання) у процесі виконання

судово-медичних експертиз.

Висновки. Більшість моделей, які застосовують дослідники в галузі судової медицини для розв'язання різноманітних експертних завдань перебувають на початкових етапах впровадження-навчання і потребують подальшої верифікації і правової оцінки. Перспективними для подальшого впровадження інструментів штучного інтелекту є більшість розділів (напрямків) судової медицини, серед яких можна виділити встановлення давності настання смерті, різних видів смерті, диференційна діагностика різних механізмів виникнення тілесних ушкоджень, вогнепальної та вибухової травми, ідентифікація особи, судово-медичні токсикологія, гістологія та криміналістика.

Ключові слова: штучний інтелект, машинне навчання, судова медицина, судово-медична експертиза.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN SOLVING APPLIED PROBLEMS IN FORENSIC MEDICINE

Ivan Savka¹, Ihor Korobko²

¹Bukovinian State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine

²Luhansk State Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Rivne, Ukraine

Abstract. One of the most actively and rapidly developing contemporary analytical research methods in recent years is undoubtedly artificial intelligence. In a relatively short period, it has progressively permeated all spheres of human life. Forensic medicine is no exception, as its progressive medical component dynamically evolves over time alongside scientific and technological progress.

The aim of the study. To analyze recent scientific works and global literature on the implementation of artificial intelligence tools for solving various applied problems in forensic medicine.

Materials and methods. The authors analyzed all accessible sources from global scientific literature in databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science, selected based on keywords. The most relevant among them were subjected to detailed comparative analysis to assess their effectiveness in solving key applied tasks of forensic medicine.

Scientific research. This study constitutes a fragment of a comprehensive research work conducted by the Department of Forensic Medicine and Medical Law of the Bukovinian State Medical University, titled "Utilization of modern morphological and physical methods for diagnosing the time and cause of death, the occurrence of bodily injuries, and the development of their remote and immediate consequences, aimed at addressing urgent tasks of law enforcement agencies and current issues of forensic medical science and practice" (State registration number 0123U101978, implementation period: January 2023-December 2027).

Bioethics. The research materials have been reviewed and approved by the Bioethics Commission of Bukovinian State Medical University (Protocol No. 2 dated October 16, 2025).

Results. The conducted study revealed that the application of artificial intelligence tools is already widely reflected in solving applied problems within the main branches of forensic medicine. Most researchers emphasize the necessity of critical consideration, a balanced approach, and expert supervision when implementing elements of artificial intelligence (machine learning, deep learning) in the process of conducting forensic medical examinations.

Conclusions. Most models employed by researchers in the field of forensic medicine for solving various expert tasks are at initial stages of implementation and training, requiring further verification and legal assessment. Promising areas for the further implementation of artificial intelligence tools encompass most branches (directions) of forensic medicine, including estimation of the time since death, determination of different types of death, differential diagnosis of various mechanisms of bodily injury, firearm and explosive trauma, personal identification, forensic toxicology, histology, and criminalistics

Key words: artificial intelligence, machine learning, forensic medicine, forensic-medicine expertise.

Вступ. Штучний інтелект (ШІ) безсумнівно є тим сучасним аналітичним інструментом, який зазнає найбільш активного і бурхливого розвитку з поміж всіх інших методів досліджень впродовж останніх років і все ширше проникає у всі сфери повсякденного, професійного, наукового, освітнього та й особистого життя людини.

Не виключенням є і *судова медицина* (СМ), функціонування якої з одного боку базується на юридичних постулатах і діючих законодавчих актах, що не так вже й швидко змінюються в будь-якій державі і формують більш консервативну її частину та сучасних досягнення теоретичної, клінічної й експериментальної медицини з іншого боку, які досить швидко змінюються разом із науково-технічним прогресом й обумовлюють її динамічну, прогресивну частину.

Зважаючи на те, що СМ, а також форма її практичної реалізації для потреб правосуддя – *судово-медична експертиза* (СМЕ) зі всіма її різновидами повинна базуватися на принципах доказової медицини, які у свою чергу формуються на основі сучасних науково-практичних досягненнях різних напрямків медицини, питання впровадження ШІ в експертний дослідницький процес було тільки питанням часу. І його вирішення не заставило себе довго чекати.

Мета роботи. Провести аналіз наукових робіт та світової літератури останніх років щодо впровадження інструментів штучного інтелекту для вирішення різноманітних прикладних завдань в судовій медицині.

Матеріали та методи. Авторами піддано аналізу всі доступні джерела світової наукової літератури з баз даних PubMed, Scopus, Web of Science, вибрані за ключовими словами. Найбільш релевантні з них піддані детальному порівняльному аналізу з метою оцінки їх ефективності у вирішенні основних прикладних завдань судової медицини.

Науково-дослідна робота. Виконане дослідження є фрагментом

комплексної науково-дослідної роботи кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету «Використання сучасних морфологічних та фізичних методів для діагностики часу та причини настання смерті, виникнення тілесних ушкоджень, розвитку віддалених та наближених їх наслідків з метою вирішення нагальних завдань правоохоронних органів та актуальних питань судово-медичної науки та практики» (номер державної реєстрації 0123U101978, терміни виконання січень 2023-грудень 2027 року).

Біоетика. Матеріали дослідження розглянуті і схвалені комісією з питань біоетики Буковинського державного медичного університету (Протокол № 2 від 16.10.2025).

Результати дослідження та їх обговорення. На початку дослідження звернула на себе увагу робота, де автори проаналізували 2 тис статей із 1990 року до тепер і виділили 6 основних напрямків застосування ШІ в судовій медицині: судово-медична патологія (основний напрямок), токсикологія, радіологія, ідентифікація, антропологія та судова психіатрія. Вони також звернули увагу на все більше проникнення та розширення інструментів ШІ для вирішення різноманітних завдань у судовій медицині, які з часом стають все більш вагомими і цінними [1].

Сучасні науковці також наголошують, що ШІ готовий революційно змінити світ, а в плані застосування в судовій медицині все ширше охоплює такі вузькі її напрямки як: судово-медична ідентифікація, балістика, травматичні ушкодження, давність настання смерті, токсикологія тощо. Застосування ШІ в СМ також зменшує суб'єктивність людського фактора, можливість помилкових суджень і в той же час пропонує економічно вигідні рішення [2].

На все більшу інтеграцію СМ із передовими цифровими технологіями наголошує Feras Alafer (2025), такими як віртуальна аутопсія, мульти детекторна комп'ютерна томографія, ШІ, які є досить ефективними при встановленні причини настання смерті та механізмів спричинення різних тілесних ушкоджень [3].

Польські дослідники також відмічають широкий спектр застосування ШІ в СМ аж до мікроскопічних методик і токсикології, але відносять його до допоміжних методик, в той час як кінцеве рішення має бути за експертами, які несуть за всі твердження в експертизах юридичну відповідальність [4].

За даними 10-річного аналізу 736 публікацій у 220 журналах із 289 інститутів у 69 країнах, китайські дослідники прийшли до висновків, що залучення ШІ до вирішення різноманітних завдань судової медицини тільки набирає тренду з року в рік. При цьому найбільший фокус припадає на встановлення віку та статі, причини смерті, посмертного періоду, персональну ідентифікацію та інші напрямки. За їхніми спостереженнями найбільша кількість робіт такого плану опублікована зі США, а друге місце займає КНР [5].

Інші науковці на підставі аналізу 35 статей останніх років роблять висновки, що справжній рівень інтеграції ШІ в судово-медичну практику ще

чітко не визначений, а чимало наукових робіт такого плану ще перебувають на етапі розвитку і доопрацювання [6].

Досліджуючи потенційні переваги, обмеження та перспективи застосування ШІ в СМ автори вбачають наступні 5 перспективних напрямків: судово-медична антропология, стоматология, патология, генетика та інші галузі [7].

Francesco Orsini зі співавт. (2025), провівши систематизований огляд літератури впродовж останніх 35 років встановили високі показники точності більше 90% при застосуванні ШІ для посмертного аналізу неврологічних випадків, класифікації вогнепальних ушкоджень, тестуванні діатомових водоростей та аналізі мікробіому [8]. Вони вбачають також багатообіцяючі результати при судово-медичній оцінці віку, оцінці психіатричного ризику та неосудності, зазначаючи при цьому на необхідності досягнення обережного балансу для оптимального рівня впровадження ШІ у процес виконання судово-медичних експертиз.

Колектив грецьких науковців також провів ґрунтовний аналіз з використанням системного та мета аналізу 224 наукових праць. Вони прийшли до висновку, що ШІ не замінює судово-медичних експертів, а допомагає їм у технічній частині облегшуючи щоденну професійну діяльність, найчастіше в таких напрямках як встановлення посмертного інтервалу та різних причин смерті [9].

М.А. Сассо зі співавт. (2024) у своєму дослідженні роблять акцент на необхідності дотримання балансу між технологічними досягненнями та етичними моментами діяльності судових медиків, зауважуючи, що залучення ШІ в процес здійснення судово-медичних експертиз додасть об'єктивності та незалежності експертним підсумкам від моменту розтину і до тверджень про знаряддя здійснення злочину, і тим самим зменшить потенційний тиск будь-якої зі сторін процесу на особу експерта [10].

Thomas Lefèvre та Laurent Tournois зі Франції (2023) толерують думку, що ШІ може бути корисним при оцінці діагностичних критеріїв, використанні нових діагностичних ознак та впровадженні нових діагностичних методик [11].

Інші автори зауважують, що ChatGPT, надаючи цілий ряд переваг для судово-медичної науки, в той же час є віртуальним помічником для адвокатів, суддів, підозрюваних і жертв і задають риторичне питання, а що відбуватиметься, якщо інструменти ШІ будуть використанні для написання експертних підсумків? [12].

Тож розвиваючи цю думку далі, Ranson D. (2025) резюмує, що в процесі слідчих дій і судових засідань все більше буде виникати ілюстрацій і думок, згенерованих з допомогою ШІ і чи буде можливо розпізнати експертні судження, що викладені на підставі знань експерта і чинних експертиз та складених на підставі різнобічних суджень засобами глибокого навчання зі всесвітньої інтернет мережі? [13].

Колектив індійських дослідників також закликає до максимальної обережності при застосуванні ChatGPT в судовій медицині і криміналістиці, адже тільки критичне мислення, знання і практичний досвід можуть

забезпечити об'єктивний підхід до розгляду справ у цих сферах [14, 15].

Також серед науковців є думка, що для кращого навчання розпізнавання різноманітних тілесних ушкоджень інструментами ШІ необхідно завантажувати зображення, які зроблені з допомогою нетрадиційних методів візуалізації: фотограмметрії, 3Д сканування, виготовлення 3Д зображень тощо [16].

Ще далі цю ідею розвинули науковці, які пропонують створювати банки біологічних даних із цифровими посмертними зображеннями, отриманими в результаті комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії, які б потім стандартизували й інтегрували з інструментами ШІ [17, 18].

Акцентуючи увагу на перевагах у підвищенні точності й ефективності ШІ в низці судових дисциплін, таких як медицина, антропология, криміналістика і тафномія, Р. Тунан справедливо висловлює занепокоєння щодо конфіденційності, захисту даних, упередженості, справедливості та надійності при використанні цих мережевих систем [19].

Досить цікавим і перспективним видається досвід угорських дослідників, які застосували метод машинного навчання (ШІ) для аналізу 3Д зображень гістологічних зрізів біологічних тканин [20, 21].

Науковці з Японії залучили засоби ШІ для порівняльного аналізу зображень посмертних комп'ютерних томограм грудної клітки з метою діагностики виду утоплення [22], а R. Fusco зі співавторами використали схожі підходи у живих осіб для допомоги ШІ при діагностиці і прогнозування випадків із Covid-19 [23].

Виходячи з актуальності теми щодо домашнього насильства у світовій літературі J. Tirado з колегами залучили нейронні мережі для встановлення давності виникнення синців у терміни від 0-2 до 17-30 днів. Ними було створено експериментальний набір даних із 2140 фотографій синців та зображення здорової шкіри, для якого запропоновано протокол збору даних із процедурою попередньої обробки. Їхні числові експерименти показали, що класифікаційні моделі на основі MnasNet мають кращі результати, досягаючи точності та чутливості 97,00%, а також специфічності 99,50%, що перевищує 40% точності, зазначеної в літературі [24].

Досить важливою проблемою в сучасній СМ є і впровадження методик ідентифікації за допомогою ДНК-аналізу. Засоби ШІ у вигляді машинного навчання, здатних генерувати прогностичні моделі за допомогою інтелектуального автономного аналізу відносно великих і часто неструктурованих даних, в контексті оптимізації судово-медичного аналізу ДНК пропонують застосовувати М. Varash з колегами [25].

Зважаючи на тривалу військову агресію росії проти нашої країни на перше місце під час проведення СМЕ в Україні виходять вогнепальна і вибухова травми. Тому закономірно, що нами було звернено увагу на впровадженні інструментів ШІ сучасними дослідниками при дослідженні цих травм.

Так, ряд дослідників із Бразилії повідомляють про успішне застосування інструментів ШІ при судово-медичній експертизі вогнепальної травми. Піддавши глибокому аналізу інструментами ШІ 2551 зображень із вхідними та

вихідними вогнепальними ушкодженнями при різних дистанціях пострілу в умовах реальних експертних випадків, вони отримали результати з точністю до 86,9% при диференціації вхідних і вихідних вогнепальних отворів та 94,4% при встановленні дистанції пострілу [26].

Інші дослідники, аналізуючи 204 зображення із вогнепальними пораненнями також отримали результати із точністю до 98% при залученні інструментів ШІ до встановлення дистанції пострілу впритул та близької, в той час як при інтерпретації далекої дистанції спостерігали помилкові висновки [27].

Схожі результати отримав і колектив інших дослідників, піддавши аналізу колекцію із 2418 зображень із вогнепальними зображеннями. При цьому інструменти ШІ (ConvNext Tiny deep learning model) розрізняв вхідні і вихідні вогнепальні рани із точністю до 92,6% [28].

Дослідження, що проведено Sessa F. зі співавторами [29] показує діагностичні можливості ChatGPT-4 (оновлення від лютого 2024 року) у класифікації вогнепальних поранень, зокрема, розрізняючи вхідні та вихідні рани. Вони протестували ChatGPT-4 із використанням трьох наборів даних: (1) 36 зображень вогнепальних поранень із зовнішньої бази даних, (2) 40 зображень неушкодженої шкіри з судово-медичного архіву Університету Катанії (негативний контроль) та (3) 40 зображень реальних вогнепальних поранень із того ж архіву. Продуктивність ШІ оцінювали до та після машинного навчання. При цьому ШІ показав високу точність (95%) у розрізненні неушкодженої шкіри від поранень, але відсутність стандартизованих наборів даних та контекстуальної судово-медичної інформації сприяла неправильній класифікації, особливо для вихідних ран. Тому автори резюмують, що використання ШІ потребує експертного нагляду та обережної інтеграції в судово-медичні робочі процеси.

Т. Matzen з колективом авторів вивчали можливість побудови системи коефіцієнта правдоподібності на основі репрезентативних даних щодо інтерпретації результатів електронно-мікроскопічного дослідження додаткових факторів пострілу [30].

Китайські дослідники-криміналісти спробували залучити інструменти машинного навчання для ретроспективного аналізу механізмів утворення різних слідів крові при пострілах з вогнепальної зброї та використанні інших засобів злочину при відтворенні обстановки місця події [31].

Що ж до перспектив застосування засобів ШІ при дослідженні вибухової травми в СМ, то у світових базах даних з'являються тільки поодинокі повідомлення з цього напрямку.

Автори повідомляють про те, що моделі на основі ШІ (машинного/глибокого навчання) є перспективними в прогнозуванні та оцінці вибухових травм та узагальнюють біологічні ефекти вибухових ударних хвиль, застосування традиційних моделей оцінки та їх обмеження, а також новітні клітинні й органодні моделі [32].

Цікавим є приклад використання машинного навчання для оцінки ризику травмування залежно від характеристик вибухового впливу навколишнього

середовища. Помітні поведінкові дефіцити (в юкатанських свинок) дослідники спостерігали вже при мінімальних швидкостях навантаження 100 кПа (імпульс/позитивна тривалість) або піковому тиску 300-350 кПа, з приблизною тривалістю позитивної фази 3,4 мс для одноразового впливу [33].

Висновки.

1. Застосування інструментів штучного інтелекту вже знайшло широке відображення при розв'язанні прикладних завдань основних розділів судової медицини.

2. Більшість дослідників звертають увагу на необхідності критичного осмислення, збалансованого підходу та експертного нагляду при застосуванні елементів штучного інтелекту (машинного, глибокого навчання) у процесі виконання судово-медичних експертиз.

3. Більшість моделей, які застосовують дослідники в галузі судової медицини для розв'язання різноманітних експертних завдань перебувають на початкових етапах впровадження-навчання і потребують подальшої верифікації і правової оцінки.

4. Перспективними для подальшого впровадження інструментів штучного інтелекту є більшість розділів (напрямків) судової медицини, серед яких можна виділити наступні: встановлення давності настання смерті, різних видів смерті, диференційна діагностика різних механізмів виникнення тілесних ушкоджень, вогнепальної та вибухової травми, ідентифікація особи, судово-медичні токсикологія, гістологія та криміналістика.

Авторська декларація.

Автори декларують відсутність плагіату, конфлікту інтересів та джерел зовнішнього фінансування відносно цієї статті.

Література

1. Volonnino G, De Paola L, Spadazzi F, Serri F, Ottaviani M, Zamponi MV, Arcangeli M, La Russa R. Artificial intelligence and future perspectives in Forensic Medicine: a systematic review. Clin Ter. 2024 May-Jun;175(3):193-202. doi: 10.7417/CT.2024.5062. PMID: 38767078.
2. Piraianu AI, Fulga A, Musat CL, Ciobotaru OR, Poalelungi DG, Stamate E, Ciobotaru O, Fulga I. Enhancing the Evidence with Algorithms: How Artificial Intelligence Is Transforming Forensic Medicine. Diagnostics (Basel). 2023 Sep 19;13(18):2992. doi: 10.3390/diagnostics13182992. PMID: 37761359; PMCID: PMC10529115.
3. Alafer F. Emerging Imaging Technologies in Forensic Medicine: A Systematic Review of Innovations, Ethical Challenges, and Future Directions. Diagnostics (Basel). 2025 Jun 1;15(11):1410. doi: 10.3390/diagnostics15111410. PMID: 40506982; PMCID: PMC12154265.
4. Szeremeta M, Janica J, Niemcunowicz-Janica A. Artificial intelligence in forensic medicine and related sciences - selected issues. Arch Med Sadowej Kryminol. 2024;74(1):64-76. English, Polish. doi: 10.4467/16891716AMSIK.24.005.19650. PMID: 39450596.
5. Dong YM, Zhao CM, Chen NN, Luo L, Li ZP, Wang LK, Li XQ, Ren TG, Gao CR, Guo XJ. Visualization Analysis of Artificial Intelligence Literature in Forensic Research. Fa Yi Xue Za Zhi. 2024 Feb 25;40(1):1-14. English, Chinese. doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2023.430311. PMID: 38500455.
6. Tournois L, Troussset V, Hatsch D, Delabarde T, Ludes B, Lefèvre T. Artificial intelligence in the practice of forensic medicine: a scoping review. Int J Legal Med. 2024 May;138(3):1023-37. doi: 10.1007/s00414-023-03140-9. Epub 2023 Dec 13. PMID: 38087052; PMCID: PMC11003914.

7. Galante N, Cotroneo R, Furci D, Lodetti G, Casali MB. Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations and perspectives. *Int J Legal Med.* 2023 Mar;137(2):445-58. doi: 10.1007/s00414-022-02928-5. Epub 2022 Dec 12. PMID: 36507961.
8. Orsini F, Cioffi A, Cipolloni L, Bibbò R, Montana A, De Simone S, Cecannecchia C. The application of artificial intelligence in forensic pathology: a systematic literature review. *Front Med (Lausanne).* 2025 Jul 24;12:1583743. doi: 10.3389/fmed.2025.1583743. PMID: 40776925; PMCID: PMC12328379.
9. Ketsekioulafis I, Filandrianos G, Katsos K, Thomas K, Spiliopoulou C, Stamou G, Sakelliadis EI. Artificial Intelligence in Forensic Sciences: A Systematic Review of Past and Current Applications and Future Perspectives. *Cureus.* 2024 Sep 28;16(9):e70363. doi: 10.7759/cureus.70363. PMID: 39469392; PMCID: PMC11513614.
10. Sacco MA, Tarzia P, Tarda L, La Russa R, Cordasco F, Aquila I. The artificial intelligence in autopsy and crime scene analysis. *Clin Ter.* 2024 Jul-Aug;175(Suppl 2(4)):192-95. doi: 10.7417/CT.2024.5114. PMID: 39101424.
11. Lefèvre T, Tournois L. Artificial Intelligence and Diagnostics in Medicine and Forensic Science. *Diagnostics (Basel).* 2023 Nov 28;13(23):3554. doi: 10.3390/diagnostics13233554. PMID: 38066795; PMCID: PMC10706664.
12. Dinis-Oliveira RJ, Azevedo RMS. ChatGPT in forensic sciences: a new Pandora's box with advantages and challenges to pay attention. *Forensic Sci Res.* 2023 Nov 10;8(4):275-9. doi: 10.1093/fsr/owad039. PMID: 38405625; PMCID: PMC10894065.
13. Ranson D. AI and Expert Medical Evidence. *J Law Med.* 2025 Apr;31(4):675-81. PMID: 40181717.
14. Guleria A, Krishan K, Sharma V, Kanchan T. ChatGPT: Forensic, legal, and ethical issues. *Med Sci Law.* 2024 Apr;64(2):150-6. doi: 10.1177/00258024231191829. Epub 2023 Aug 1. PMID: 37528607.
15. Bhargava DC, Jadav D, Meshram VP, Kanchan T. ChatGPT in medical research: challenging time ahead. *Med Leg J.* 2023 Dec;91(4):223-5. doi: 10.1177/00258172231184548. Epub 2023 Oct 6. PMID: 37802491.
16. Dedouit F, Ducloyer M, Elifritz J, Adolphi NL, Yi-Li GW, Decker S, Ford J, Kolev Y, Thali M. The current state of forensic imaging - perspectives. *Int J Legal Med.* 2025 Mar 21. doi: 10.1007/s00414-025-03466-6. Epub ahead of print. PMID: 40116908.
17. De-Giorgio F, Benedetti B, Mancino M, Sala E, Pascali VL. Post-Mortem imaging biobanks: Building data for reproducibility, standardization, and AI integration. *Eur J Radiol.* 2025 Apr;185:112011. doi: 10.1016/j.ejrad.2025.112011. Epub 2025 Feb 26. PMID: 40031379.
18. Kondou H, Morohashi R, Ichioka H, Bandou R, Matsunari R, Kawamoto M, Idota N, Ting D, Kimura S, Ikegaya H. Deep Neural Networks-Based Age Estimation of Cadavers Using CT Imaging of Vertebrae. *Int J Environ Res Public Health.* 2023 Mar 9;20(6):4806. doi: 10.3390/ijerph20064806. PMID: 36981720; PMCID: PMC10049236.
19. Tynan P. Closing remarks on "The integration and implications of artificial intelligence in forensic science". *Forensic Sci Med Pathol.* 2024 Sep;20(3):1106-7. doi: 10.1007/s12024-024-00785-9. Epub 2024 Jan 24. PMID: 38265555.
20. Báskay J, Kivovics M, Péntzes D, Kontsek E, Pesti A, Kiss A, Szócska M, Németh O, Pollner P. Reconstructing 3D histological structures using machine learning (artificial intelligence) algorithms. *Pathologie (Heidelb).* 2024 Nov;45(Suppl 1):67-73. English. doi: 10.1007/s00292-024-01387-6. Epub 2024 Nov 21. PMID: 39570395.
21. Báskay J, Péntzes D, Kontsek E, Pesti A, Kiss A, Guimarães Carvalho BK, Szócska M, Szabó BT, Dobó-Nagy C, Csete D, Mócsai A, Németh O, Pollner P, Mijiritsky E, Kivovics M. Are Artificial Intelligence-Assisted Three-Dimensional Histological Reconstructions Reliable for the Assessment of Trabecular Microarchitecture? *J Clin Med.* 2024 Feb 15;13(4):1106. doi: 10.3390/jcm13041106. PMID: 38398417; PMCID: PMC10889719.

22. Ogawara T, Usui A, Homma N, Funayama M. Diagnosing Drowning in Postmortem CT Images Using Artificial Intelligence. *Tohoku J Exp Med*. 2022 Dec 14;259(1):65-75. doi: 10.1620/tjem.2022.J097. Epub 2022 Nov 17. PMID: 36384859.
23. Fusco R, Grassi R, Granata V, Setola SV, Grassi F, Cozzi D, Pecori B, Izzo F, Petrillo A. Artificial Intelligence and COVID-19 Using Chest CT Scan and Chest X-ray Images: Machine Learning and Deep Learning Approaches for Diagnosis and Treatment. *J Pers Med*. 2021 Sep 30;11(10):993. doi: 10.3390/jpm11100993. PMID: 34683133; PMCID: PMC8540782.
24. Tirado J, Mauricio D. Bruise dating using deep learning. *J Forensic Sci*. 2021 Jan;66(1):336-346. doi: 10.1111/1556-4029.14578. Epub 2020 Sep 29. PMID: 32991003; PMCID: PMC7821214.
25. Barash M, McNevin D, Fedorenko V, Giverts P. Machine learning applications in forensic DNA profiling: A critical review. *Forensic Sci Int Genet*. 2024 Mar;69:102994. doi: 10.1016/j.fsigen.2023.102994. Epub 2023 Dec 1. PMID: 38086200.
26. Queiroz Nogueira Lira R, Geovana Motta de Sousa L, Memoria Pinho ML, Pinto da Silva Andrade de Lima RC, Garcia Freitas P, Scholles Soares Dias B, Breda de Souza AC, Ferreira Leite A. Deep learning-based human gunshot wounds classification. *Int J Legal Med*. 2025 Mar;139(2):651-66. doi: 10.1007/s00414-024-03355-4. Epub 2024 Nov 6. PMID: 39503869.
27. Oura P, Junno A, Junno JA. Deep learning in forensic gunshot wound interpretation-a proof-of-concept study. *Int J Legal Med*. 2021 Sep;135(5):2101-6. doi: 10.1007/s00414-021-02566-3. Epub 2021 Apr 6. PMID: 33821334; PMCID: PMC8354947.
28. Cheng J, Schmidt C, Wilson A, Wang Z, Hao W, Pantanowitz J, Morris C, Tashjian R, Pantanowitz L. Artificial intelligence for human gunshot wound classification. *J Pathol Inform*. 2023 Dec 30;15:100361. doi: 10.1016/j.jpi.2023.100361. PMID: 38234590; PMCID: PMC10792621.
29. Sessa F, Guardo E, Esposito M, Chisari M, Di Mauro L, Salerno M, Pomara C. From Description to Diagnostics: Assessing AI's Capabilities in Forensic Gunshot Wound Classification. *Diagnostics (Basel)*. 2025 Aug 20;15(16):2094. doi: 10.3390/diagnostics15162094. PMID: 40870946; PMCID: PMC12385544.
30. Matzen T, Kukurin C, van de Wetering J, Ariëns S, Bosma W, Knijnenberg A, Stamouli A, Ypma RJ. Objectifying evidence evaluation for gunshot residue comparisons using machine learning on criminal case data. *Forensic Sci Int*. 2022 Jun;335:111293. doi: 10.1016/j.forsciint.2022.111293. Epub 2022 Apr 21. PMID: 35462180.
31. Li Y, Shen W. From images to detection: Machine learning for blood pattern classification. *Forensic Sci Int*. 2025 Oct;375:112558. doi: 10.1016/j.forsciint.2025.112558. Epub 2025 Jul 13. PMID: 40664031.
32. Liang R, Wang H, Gao J, Wang J, Zhang W, Qian A. Assessment model of blast injury: A narrative review. *iScience*. 2025 Jun 6;28(7):112830. doi: 10.1016/j.isci.2025.112830. PMID: 40612508; PMCID: PMC12221654.
33. Walilko TJ, Sewsankar K, Wagner CD, Podolski A, Smith K, Zai L, Bentley TB. The Application of Machine Learning to Identify Large Animal Blast Exposure Thresholds. *Mil Med*. 2023 Mar 20;188(3-4):e600-e606. doi: 10.1093/milmed/usab410. PMID: 34677603.

References

1. Volonnino G, De Paola L, Spadazzi F, Serri F, Ottaviani M, Zamponi MV, Arcangeli M, La Russa R. Artificial intelligence and future perspectives in Forensic Medicine: a systematic review. *Clin Ter*. 2024 May-Jun;175(3):193-202. doi: 10.7417/CT.2024.5062. PMID: 38767078.
2. Piraianu AI, Fulga A, Musat CL, Ciobotaru OR, Poalelungi DG, Stamate E, Ciobotaru O, Fulga I. Enhancing the Evidence with Algorithms: How Artificial Intelligence Is Transforming Forensic Medicine. *Diagnostics (Basel)*. 2023 Sep 19;13(18):2992. doi: 10.3390/diagnostics13182992. PMID: 37761359; PMCID: PMC10529115.

3. Alafer F. Emerging Imaging Technologies in Forensic Medicine: A Systematic Review of Innovations, Ethical Challenges, and Future Directions. *Diagnostics* (Basel). 2025 Jun 1;15(11):1410. doi: 10.3390/diagnostics15111410. PMID: 40506982; PMCID: PMC12154265.
4. Szeremeta M, Janica J, Niemcunowicz-Janica A. Artificial intelligence in forensic medicine and related sciences - selected issues. *Arch Med Sadowej Kryminol*. 2024;74(1):64-76. English, Polish. doi: 10.4467/16891716AMSIK.24.005.19650. PMID: 39450596.
5. Dong YM, Zhao CM, Chen NN, Luo L, Li ZP, Wang LK, Li XQ, Ren TG, Gao CR, Guo XJ. Visualization Analysis of Artificial Intelligence Literature in Forensic Research. *Fa Yi Xue Za Zhi*. 2024 Feb 25;40(1):1-14. English, Chinese. doi: 10.12116/j.issn.1004-5619.2023.430311. PMID: 38500455.
6. Tournois L, Troussel V, Hatsch D, Delabarde T, Ludes B, Lefèvre T. Artificial intelligence in the practice of forensic medicine: a scoping review. *Int J Legal Med*. 2024 May;138(3):1023-37. doi: 10.1007/s00414-023-03140-9. Epub 2023 Dec 13. PMID: 38087052; PMCID: PMC11003914.
7. Galante N, Cotroneo R, Furci D, Lodetti G, Casali MB. Applications of artificial intelligence in forensic sciences: Current potential benefits, limitations and perspectives. *Int J Legal Med*. 2023 Mar;137(2):445-58. doi: 10.1007/s00414-022-02928-5. Epub 2022 Dec 12. PMID: 36507961.
8. Orsini F, Cioffi A, Cipolloni L, Bibbò R, Montana A, De Simone S, Cecannecchia C. The application of artificial intelligence in forensic pathology: a systematic literature review. *Front Med* (Lausanne). 2025 Jul 24;12:1583743. doi: 10.3389/fmed.2025.1583743. PMID: 40776925; PMCID: PMC12328379.
9. Ketsekioulafis I, Filandrianos G, Katsos K, Thomas K, Spiliopoulou C, Stamou G, Sakelliadis EI. Artificial Intelligence in Forensic Sciences: A Systematic Review of Past and Current Applications and Future Perspectives. *Cureus*. 2024 Sep 28;16(9):e70363. doi: 10.7759/cureus.70363. PMID: 39469392; PMCID: PMC11513614.
10. Sacco MA, Tarzia P, Tarda L, La Russa R, Cordasco F, Aquila I. The artificial intelligence in autopsy and crime scene analysis. *Clin Ter*. 2024 Jul-Aug;175(Suppl 2(4)):192-95. doi: 10.7417/CT.2024.5114. PMID: 39101424.
11. Lefèvre T, Tournois L. Artificial Intelligence and Diagnostics in Medicine and Forensic Science. *Diagnostics* (Basel). 2023 Nov 28;13(23):3554. doi: 10.3390/diagnostics13233554. PMID: 38066795; PMCID: PMC10706664.
12. Dinis-Oliveira RJ, Azevedo RMS. ChatGPT in forensic sciences: a new Pandora's box with advantages and challenges to pay attention. *Forensic Sci Res*. 2023 Nov 10;8(4):275-9. doi: 10.1093/fsr/owad039. PMID: 38405625; PMCID: PMC10894065.
13. Ranson D. AI and Expert Medical Evidence. *J Law Med*. 2025 Apr;31(4):675-81. PMID: 40181717.
14. Guleria A, Krishan K, Sharma V, Kanchan T. ChatGPT: Forensic, legal, and ethical issues. *Med Sci Law*. 2024 Apr;64(2):150-6. doi: 10.1177/00258024231191829. Epub 2023 Aug 1. PMID: 37528607.
15. Bhargava DC, Jadav D, Meshram VP, Kanchan T. ChatGPT in medical research: challenging time ahead. *Med Leg J*. 2023 Dec;91(4):223-5. doi: 10.1177/00258172231184548. Epub 2023 Oct 6. PMID: 37802491.
16. Dedouit F, Ducloyer M, Elifritz J, Adolphi NL, Yi-Li GW, Decker S, Ford J, Kolev Y, Thali M. The current state of forensic imaging - perspectives. *Int J Legal Med*. 2025 Mar 21. doi: 10.1007/s00414-025-03466-6. Epub ahead of print. PMID: 40116908.
17. De-Giorgio F, Benedetti B, Mancino M, Sala E, Pascali VL. Post-Mortem imaging biobanks: Building data for reproducibility, standardization, and AI integration. *Eur J Radiol*. 2025 Apr;185:112011. doi: 10.1016/j.ejrad.2025.112011. Epub 2025 Feb 26. PMID: 40031379.
18. Kondou H, Morohashi R, Ichioka H, Bandou R, Matsunari R, Kawamoto M, Idota N, Ting D, Kimura S, Ikegaya H. Deep Neural Networks-Based Age Estimation of Cadavers Using CT

- Imaging of Vertebrae. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Mar 9;20(6):4806. doi: 10.3390/ijerph20064806. PMID: 36981720; PMCID: PMC10049236.
19. Tynan P. Closing remarks on "The integration and implications of artificial intelligence in forensic science". *Forensic Sci Med Pathol*. 2024 Sep;20(3):1106-7. doi: 10.1007/s12024-024-00785-9. Epub 2024 Jan 24. PMID: 38265555.
20. Báskay J, Kivovics M, Péntzes D, Kontsek E, Pesti A, Kiss A, Szócska M, Németh O, Pollner P. Reconstructing 3D histological structures using machine learning (artificial intelligence) algorithms. *Pathologie (Heidelb)*. 2024 Nov;45(Suppl 1):67-73. English. doi: 10.1007/s00292-024-01387-6. Epub 2024 Nov 21. PMID: 39570395.
21. Báskay J, Péntzes D, Kontsek E, Pesti A, Kiss A, Guimarães Carvalho BK, Szócska M, Szabó BT, Dobó-Nagy C, Csete D, Mócsai A, Németh O, Pollner P, Mijiritsky E, Kivovics M. Are Artificial Intelligence-Assisted Three-Dimensional Histological Reconstructions Reliable for the Assessment of Trabecular Microarchitecture? *J Clin Med*. 2024 Feb 15;13(4):1106. doi: 10.3390/jcm13041106. PMID: 38398417; PMCID: PMC10889719.
22. Ogawara T, Usui A, Homma N, Funayama M. Diagnosing Drowning in Postmortem CT Images Using Artificial Intelligence. *Tohoku J Exp Med*. 2022 Dec 14;259(1):65-75. doi: 10.1620/tjem.2022.J097. Epub 2022 Nov 17. PMID: 36384859.
23. Fusco R, Grassi R, Granata V, Setola SV, Grassi F, Cozzi D, Pecori B, Izzo F, Petrillo A. Artificial Intelligence and COVID-19 Using Chest CT Scan and Chest X-ray Images: Machine Learning and Deep Learning Approaches for Diagnosis and Treatment. *J Pers Med*. 2021 Sep 30;11(10):993. doi: 10.3390/jpm11100993. PMID: 34683133; PMCID: PMC8540782.
24. Tirado J, Mauricio D. Bruise dating using deep learning. *J Forensic Sci*. 2021 Jan;66(1):336-346. doi: 10.1111/1556-4029.14578. Epub 2020 Sep 29. PMID: 32991003; PMCID: PMC7821214.
25. Barash M, McNevin D, Fedorenko V, Giverts P. Machine learning applications in forensic DNA profiling: A critical review. *Forensic Sci Int Genet*. 2024 Mar;69:102994. doi: 10.1016/j.fsigen.2023.102994. Epub 2023 Dec 1. PMID: 38086200.
26. Queiroz Nogueira Lira R, Geovana Motta de Sousa L, Memoria Pinho ML, Pinto da Silva Andrade de Lima RC, Garcia Freitas P, Scholles Soares Dias B, Breda de Souza AC, Ferreira Leite A. Deep learning-based human gunshot wounds classification. *Int J Legal Med*. 2025 Mar;139(2):651-66. doi: 10.1007/s00414-024-03355-4. Epub 2024 Nov 6. PMID: 39503869.
27. Oura P, Junno A, Junno JA. Deep learning in forensic gunshot wound interpretation-a proof-of-concept study. *Int J Legal Med*. 2021 Sep;135(5):2101-6. doi: 10.1007/s00414-021-02566-3. Epub 2021 Apr 6. PMID: 33821334; PMCID: PMC8354947.
28. Cheng J, Schmidt C, Wilson A, Wang Z, Hao W, Pantanowitz J, Morris C, Tashjian R, Pantanowitz L. Artificial intelligence for human gunshot wound classification. *J Pathol Inform*. 2023 Dec 30;15:100361. doi: 10.1016/j.jpi.2023.100361. PMID: 38234590; PMCID: PMC10792621.
29. Sessa F, Guardo E, Esposito M, Chisari M, Di Mauro L, Salerno M, Pomara C. From Description to Diagnostics: Assessing AI's Capabilities in Forensic Gunshot Wound Classification. *Diagnostics (Basel)*. 2025 Aug 20;15(16):2094. doi: 10.3390/diagnostics15162094. PMID: 40870946; PMCID: PMC12385544.
30. Matzen T, Kukurin C, van de Wetering J, Ariëns S, Bosma W, Knijnenberg A, Stamouli A, Ypma RJ. Objectifying evidence evaluation for gunshot residue comparisons using machine learning on criminal case data. *Forensic Sci Int*. 2022 Jun;335:111293. doi: 10.1016/j.forsciint.2022.111293. Epub 2022 Apr 21. PMID: 35462180.
31. Li Y, Shen W. From images to detection: Machine learning for blood pattern classification. *Forensic Sci Int*. 2025 Oct;375:112558. doi: 10.1016/j.forsciint.2025.112558. Epub 2025 Jul 13. PMID: 40664031.
32. Liang R, Wang H, Gao J, Wang J, Zhang W, Qian A. Assessment model of blast injury: A narrative review. *iScience*. 2025 Jun 6;28(7):112830. doi: 10.1016/j.isci.2025.112830. PMID: 40612508; PMCID: PMC12221654.

33. Walilko TJ, Sewsankar K, Wagner CD, Podolski A, Smith K, Zai L, Bentley TB. The Application of Machine Learning to Identify Large Animal Blast Exposure Thresholds. *Mil Med.* 2023 Mar 20;188(3-4):e600-e606. doi: 10.1093/milmed/usab410. PMID: 34677603.

Відомості про авторів:

Савка Іван Григорович – д.мед.н., професор закладу вищої освіти кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету (м.Чернівці, Україна). e-mail: savka.ivan@bsmu.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2969-1306>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/D-1722-2017>

Scopus ID: 14831503200

Коробко Ігор Сергійович – кандидат медичних наук, доцент закладу вищої освіти кафедри біології, гістології, патоморфології та судової медицини, Державний заклад «Луганський державний медичний університет»; вул. 16 Липня, буд. 36, м. Рівне, Україна, 33000. E-mail: Marjinsky@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1292-9971

Scopus ID: 57209657879

Information about authors:

Ivan Savka – Doctor of Medical Science, MD, Professor of the Higher Education Institution, Department of the Forensic Medicine and Medical Law, Bukovinian State Medical University (Chernivtsi, Ukraine). e-mail: savka.ivan@bsmu.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2969-1306>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/D-1722-2017>

Scopus ID: 14831503200

Ihor Korobko – Candidate of Medical Sciences, PhD, Associate Professor of the Department of Biology, Histology, Pathomorphology and Forensic Medicine, State Institution "Luhansk State Medical University", Str. 16 Lypnia, 36, Rivne, Ukraine, 33000. E-mail: marjinsky@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-1292-9971

Scopus ID: 57209657879

Надійшло до редакції 22.08.2025 р.

Прийнято до друку 07.10.2025 р.