

УДК 343.1

DOI <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.85.4.16>

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖІ STABLE DIFFUSION ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ЗЛОЧИННИХ СЦЕН ТА МОДЕЛЮВАННЯ КРИМІНАЛЬНИХ ПОДІЙ

Ларченко М.О.,
*кандидат юридичних наук, доцент,
доцент кафедри політології, права та філософії,
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя;
доцент кафедри кібербезпеки та математичного моделювання,
Національний університет «Чернігівська політехніка»
ORCID: 0000-0002-2643-980X
e-mail: urlinka2006@gmail.com*

Ларченко М.О. Застосування нейромережі Stable Diffusion для візуалізації злочинних сцен та моделювання кримінальних подій.

Дослідження присвячене аналізу можливостей застосування нейромережі Stable Diffusion для візуалізації злочинних сцен та моделювання кримінальних подій. Завдяки здатності моделі генерувати високоякісні та реалістичні зображення на основі текстових описів чи інших вихідних даних, вона відкриває нові горизонти для криміналістичних розслідувань. Зокрема, Stable Diffusion дозволяє створювати точні візуалізації місця злочину, відтворюючи події до, під час і після скоєння злочину. Такий підхід сприяє покращенню аналізу місць злочину, більш ефективному плануванню слідчих дій і гіпотетичному моделюванню можливих сценаріїв розвитку подій.

Однією з унікальних особливостей нейромережі є можливість реконструкції сцен за текстовими описами, що особливо корисно в судовій та слідчій практиці для представлення доказової бази та візуалізації злочинних подій присяжним. Модель також дозволяє використовувати інтерактивні інструменти для вивчення злочинних сцен у різних вимірах, що підвищує точність і ефективність криміналістичних розслідувань.

У статті детально розглянуто технічні можливості Stable Diffusion, включно з етапами генерації зображень, від випадкового шуму до повноцінної візуалізації. Проаналізовано можливості інтеграції нейромережі з системами віртуальної реальності (VR) та програмами для 3D-моделювання, що відкриває нові перспективи у створенні повноцінних віртуальних реконструкцій місць злочину. Водночас обговорюються основні виклики та обмеження, зокрема потреба у високій обчислювальній потужності, юридичному обґрунтуванні та забезпеченні конфіденційності даних. Розвиток технологій машинного навчання робить Stable Diffusion перспективним інструментом для покращення розслідувань і навчання криміналістів.

Також у роботі наведено приклади інтерактивної роботи з віртуальними сценами, коли слідчі можуть змінювати параметри моделі для кращого розуміння подій. Це дає змогу всебічно проаналізувати місце злочину, зокрема з урахуванням різних змінних, таких як кут огляду, зміна освітлення чи іншої пори року, що значно покращує процес ухвалення рішень під час слідчих дій.

Ключові слова: нейромережа Stable Diffusion, машинне навчання, місце злочину, злочинні сцени, моделювання кримінальних подій.

Larchenko M.O. Application of the Stable Diffusion neural network for visualizing crime scenes and modeling criminal events.

The study is devoted to the analysis of the possibilities of using the Stable Diffusion neural network for visualizing crime scenes and modeling criminal events. Thanks to the model's ability to generate high-quality and realistic images based on textual descriptions or other raw data, it opens new horizons for forensic investigations. In particular, Stable Diffusion allows you to create accurate crime scene visualizations, recreating the events before, during, and after a crime is committed. This approach

contributes to the improvement of the analysis of crime scenes, more effective planning of investigative actions and hypothetical modeling of possible scenarios of the development of events.

One of the unique features of the neural network is the possibility of reconstructing scenes based on textual descriptions, which is especially useful in judicial and investigative practice for presenting the evidence base and visualizing criminal events to jurors. The model also allows the use of interactive tools for studying crime scenes in different dimensions, which increases the accuracy and efficiency of forensic investigations.

The article discusses in detail the technical possibilities of Stable Diffusion, including the stages of image generation, from random noise to full-fledged visualization. The possibilities of integrating a neural network with virtual reality (VR) systems and 3D modeling programs are analyzed, which opens up new perspectives in creating full-fledged virtual reconstructions of crime scenes. At the same time, the main challenges and limitations are discussed, including the need for high computing power, legal justification, and ensuring data privacy. Advances in machine learning technologies make Stable Diffusion a promising tool for improving forensics investigations and training.

The paper also provides examples of interactive work with virtual scenes, when investigators can change model parameters for a better understanding of events. This allows for a comprehensive analysis of the crime scene, including taking into account various variables, such as viewing angle, changing lighting or other seasons, which significantly improves the decision-making process during investigative activities.

Key words: Stable Diffusion neural network, machine learning, crime scene, crime scenes, simulation of criminal events.

Постановка проблеми. Реконструкція та аналіз місця злочину є критично важливими компонентами криміналістики, оскільки вони надають слідчим та експертам важливу інформацію для розуміння подій, що відбулися. З розвитком технологій візуалізації та аналізу даних, використання сучасних інструментів, таких як нейромережі, стає все більш актуальним і перспективним напрямком для покращення ефективності та точності розслідувань.

Відомо, що традиційні методи візуалізації місця злочину, такі як фотографії та схеми, мають свої обмеження. Вони можуть бути недостатньо детальними, не завжди можуть точно відтворити просторові відносини між об'єктами, а також можуть втрачати важливу контекстуальну інформацію. Використання нейромереж, таких як Stable Diffusion, дозволяє створювати більш реалістичні та детальні зображення, які можуть значно покращити якість та точність візуалізації злочинних сцен.

Мета дослідження: Метою даного дослідження є вивчення можливостей застосування нейромережі Stable Diffusion для візуалізації злочинних сцен та моделювання кримінальних подій. Зокрема, дослідження спрямоване на аналіз ефективності та практичної цінності нейромережі в реконструкції місця злочину, створенні реалістичних зображень та інтерактивних моделей для підвищення точності та якості криміналістичних розслідувань.

Стан опрацювання проблематики. У сучасних дослідженнях застосування генеративних нейромереж, зокрема моделей на основі дифузійних процесів, таких як Stable Diffusion, є відносно новим напрямом візуалізації та моделювання. Використання цих моделей активно досліджується у різних галузях, включаючи медицину, архітектуру, розваги та мистецтво. Однак у криміналістиці та кримінології подібні технології лише починають використовуватися.

Попередні дослідження демонструють, що генеративні нейромережі, зокрема дифузійні моделі, можуть бути ефективними для створення реалістичних зображень на основі описів чи часткових даних. Такі інструменти можуть допомогти в реконструкції місця злочину, візуалізації сцен та навіть в інтерактивних симуляціях різних сценаріїв подій. Однак значна частина наукових робіт на цю тему зосереджується на теоретичному аспекті або використанні нейромереж у загальних задачах візуалізації, не досліджуючи їхню практичну застосовність у розслідуваннях злочинів.

Так, дослідження Farzeen Ashfaq із співавторами (2023) з питання синтетичної генерації місця злочину за допомогою глибоких генеративних мереж обговорює їх застосування для створення синтетичних сцен злочинів, що може бути корисним для кримінальних реконструкцій та аналізу [1]. Інша робота від Meshal Albeedan зі співавторами (2022) досліджує можливості розслідування із застосуванням огляду місця злочину за допомогою інструментів доповненої реальності [2]. Elissa Clair зі співавторами (2012) дослідили можливості 3D-реконструкції місця злочину за допомогою інтерактивних інструментів для полегшення слідчих процесів [3].

Ці дослідження показують, як сучасні технології нейромереж можуть бути інтегровані у криміналістику для візуалізації сцен злочинів та підтримки розслідувань.

Технічні виклики та етичні аспекти використання нейромереж у кримінальних розслідуваннях все ще потребують глибокого дослідження. Проблеми точності генерації зображень, потреба у високих обчислювальних ресурсах, а також питання конфіденційності й законності використання штучного інтелекту у правовій сфері залишаються невирішеними. Дослідження впливу цих технологій на процес криміналістичних розслідувань перебуває на початковій стадії, що робить актуальним подальше вивчення можливостей нейромереж, таких як Stable Diffusion, у цьому контексті.

Виклад основного матеріалу. Stable Diffusion є потужною генеративною моделлю, здатною створювати високоякісні зображення на основі вхідних даних або текстових описів. Це відкриває нові можливості для візуалізації злочинних сцен, зокрема при: реконструкції подій, моделюванні сцен, інтерактивних візуалізаціях.

Застосування нейромереж для візуалізації злочинних сцен є новаторським підходом, що має значний потенціал для покращення розслідувань. Такий підхід сприяє більш ефективному використанню ресурсів, зменшенню часу на реконструкцію подій та підвищенню точності отриманих даних. Це, в свою чергу, може привести до більш успішних розслідувань та підвищення рівня безпеки в суспільстві. Втім, незважаючи на значні переваги, застосування нейромереж, таких як Stable Diffusion, в криміналістиці супроводжується певними викликами. Необхідність високої обчислювальної потужності, потреба в точних вхідних даних, юридичне обґрунтування та питання конфіденційності є ключовими аспектами, що потребують додаткового дослідження та розробки. Однак, розвиток технологій та методів машинного навчання відкриває нові горизонти для їх успішного впровадження та є важливим напрямком для наукових досліджень і включення в практику кримінальних розслідувань.

Одним із ключових аспектів застосування нейромережі Stable Diffusion у криміналістиці є її здатність створювати візуальні реконструкції місця злочину. Традиційні методи реконструкції часто вимагають значних витрат часу і ресурсів, а також участі багатьох фахівців. У цьому контексті нейромережа Stable Diffusion може автоматизувати частину процесу, що дозволяє швидко створювати точні та детальні зображення на основі наявних даних або свідчень. Це значно прискорює процес аналізу та прийняття рішень у ході розслідування.

Реконструкція подій є центральним елементом у багатьох кримінальних розслідуваннях. Використовуючи текстові описи, свідчення очевидців або інші вхідні дані, Stable Diffusion може відтворити візуальні сцени, які допомагають слідчим краще зрозуміти просторові відносини та динаміку подій. Це особливо корисно у випадках, коли відсутні фізичні докази, або їх обмежена кількість, що ускладнює традиційні методи аналізу. Завдяки високій якості створених зображень, реконструкції можуть бути використані не тільки під час розслідування, але й під час судових процесів, де візуальні матеріали можуть бути представлені як додатковий доказ для підтвердження або спростування певних гіпотез.

Моделювання сцен злочину з використанням нейромережі Stable Diffusion дозволяє створювати віртуальні моделі, які можуть бути адаптовані для аналізу різних сценаріїв розвитку подій. Це може включати зміну параметрів, таких як розташування об'єктів, освітлення або інших факторів, які можуть впливати на хід подій. Таке моделювання може бути корисним для перевірки різних теорій щодо того, як розгорталися події, і які фактори могли на них вплинути. Більш того, моделювання може бути використане для навчання слідчих та експертів, надаючи їм можливість взаємодіяти з віртуальними моделями та отримувати практичний досвід у відтворенні та аналізі злочинних сцен.

Інтерактивні візуалізації, створені за допомогою Stable Diffusion, дозволяють користувачам змінювати та налаштовувати параметри сцени в режимі реального часу. Це може включати зміну точок зору, додавання або видалення об'єктів, а також інші маніпуляції, що можуть вплинути на загальну картину злочину. Інтерактивні моделі можуть бути особливо корисними для вивчення складних злочинів, де важливо проаналізувати різні аспекти подій з різних кутів. Такі візуалізації можуть бути використані не тільки в рамках розслідувань, але й під час судових процесів, де вони можуть слугувати інструментом для демонстрації присяжним або суддям складних аспектів справи.

Незважаючи на виклики, перспективи використання нейромереж, таких як Stable Diffusion, у криміналістиці залишаються значними. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на опти-

мізацію алгоритмів для зниження вимог до обчислювальних ресурсів, а також на розробку методів для підвищення точності створених моделей, навіть за умов обмежених або неповних вхідних даних.

Крім того, інтеграція Stable Diffusion з іншими технологіями, такими як штучний інтелект, машинне навчання та віртуальна реальність, може ще більше розширити її можливості в контексті криміналістики. Це дозволить створювати комплексні системи, здатні підтримувати розслідування злочинів на новому рівні, забезпечуючи більш ефективно та точно відтворення подій.

Нейромережа Stable Diffusion спеціалізується на генерації високоякісних зображень та моделей, що робить її потенційно корисною в контексті візуалізації та моделювання злочинних сцен. Зокрема, можна виділити декілька реальних можливостей нейромережі Stable Diffusion у цьому контексті.

Нейромережа здатна до генерації реалістичних зображень. Stable Diffusion може створювати реалістичні зображення на основі вхідних даних або описів. Це може бути корисним для відтворення деталей місця злочину, таких як предмети, меблі, або навколишнє середовище, що дозволяє краще зрозуміти контекст подій.

Іншою сферою застосування нейромережі може бути реконструкція подій. З використанням описів або наявних доказів, Stable Diffusion може допомогти візуалізувати можливий вигляд місця злочину до, під час або після події. Це може допомогти слідчим краще зрозуміти, як могли відбуватися ті чи інші події.

Ще одна унікальна можливість нейромережі полягає в моделюванні сцен. Stable Diffusion може бути використана для створення 3D-моделей або детальних зображень, що відтворюють місце злочину. Це корисно для моделювання різних сценаріїв і аналізу, як могли розгортатися події в залежності від різних змінних.

В експертній діяльності може бути використана така можливість нейромережі як інтерактивна візуалізація. Зображення, створені за допомогою Stable Diffusion, можуть бути інтегровані в інтерактивні платформи, що дозволяє слідчим змінювати параметри і бачити, як це вплине на вигляд сцени. Це може бути корисним для проведення віртуальних експертиз.

Однак, важливо зазначити, що для таких застосувань нейромережі Stable Diffusion потрібна інтеграція з іншими технологіями та методами, такими як системи віртуальної реальності (VR), програмне забезпечення для моделювання та аналізу даних. Така інтеграція відкриває нові перспективи для застосування в криміналістиці. Зокрема, дозволяє створювати більш комплексні та взаємодіючі середовища, де можна детально аналізувати злочинні сцени, моделювати події та проводити віртуальні експертизи.

Застосування VR у поєднанні з нейромережею Stable Diffusion дає можливість створювати повністю занурюючі віртуальні середовища, що відтворюють місця злочину. Слідчі можуть фізично «переміщатися» по віртуальному середовищу, вивчаючи кожен деталь та взаємодіючи з об'єктами, що може бути недоступним або складним у реальному світі.

Цей підхід дозволяє з великою точністю аналізувати просторові відносини між об'єктами, досліджувати альтернативні сценарії розвитку подій, а також відтворювати свідчення або слідчі дії в інтерактивному режимі. Завдяки цьому слідчі можуть отримати додаткові інсайти, які могли б бути втрачені при використанні традиційних методів аналізу.

Іншою важливою складовою інтеграції є використання програмного забезпечення для моделювання та аналізу даних. Це може включати програми для 3D-моделювання, які дозволяють створювати точні та детальні моделі місця злочину на основі зображень, згенерованих нейромережею. Такі моделі можуть бути корисними для детального аналізу сценаріїв, перевірки різних гіпотез, а також для підготовки візуальних матеріалів для судових розглядів.

Інтеграція Stable Diffusion із засобами аналізу даних також дозволяє автоматизувати частину процесу аналізу. Наприклад, алгоритми машинного навчання можуть бути використані для автоматичної ідентифікації аномалій або незвичайних патернів у даних, що стосуються місця злочину. Це може бути особливо корисним у складних розслідуваннях, де велика кількість даних ускладнює їхній аналіз вручну.

Хоча інтеграція нейромережі Stable Diffusion з VR та програмним забезпеченням для моделювання є багатообіцяючою, існує ряд викликів, які необхідно враховувати. Одним із головних викликів є висока вартість та складність реалізації таких систем. Це вимагає значних інвестицій у обчислювальні потужності, розробку спеціалізованого програмного забезпечення та навчання

персоналу.

Також важливим аспектом є забезпечення точності та надійності створених моделей. Для цього необхідно постійно вдосконалювати алгоритми, що використовуються для генерації зображень, а також впроваджувати механізми верифікації та перевірки відповідності моделей реальним даним.

Крім того, інтеграція таких систем потребує суворого дотримання етичних та правових норм, особливо в контексті використання конфіденційних або чутливих даних. Це вимагає розробки спеціальних протоколів та стандартів для роботи з такими даними, а також забезпечення відповідного рівня захисту та конфіденційності.

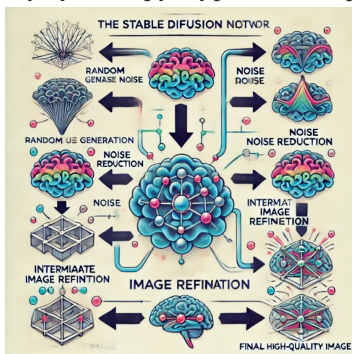
Незважаючи на виклики, перспективи інтеграції нейромережі Stable Diffusion з іншими технологіями залишаються дуже позитивними. Подальший розвиток у цій галузі може призвести до створення нових, ще більш ефективних інструментів для візуалізації та аналізу злочинних сцен, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню якості розслідувань та поліпшенню правосуддя.

Загалом, застосування нейромережі Stable Diffusion у візуалізації злочинних сцен та моделюванні кримінальних подій, у поєднанні з іншими сучасними технологіями, є перспективним напрямком, який має потенціал суттєво змінити підходи до криміналістики та правоохоронної діяльності в цілому. Прикладом використання нейромережі в криміналістиці може бути, зокрема, судова реконструкція. В судовій практиці, використання реалістичних зображень для представлення місця злочину може допомогти присяжним та іншим учасникам кримінального процесу краще зрозуміти події, що відбулися. Stable Diffusion може бути використана для створення таких зображень на основі описів та наявних доказів.

Не менш ефективним може бути навчання та проведення тренінгів з використанням нейромережі. Реалістичні моделі місця злочину можуть бути використані для навчання слідчих, судмедекспертів та інших фахівців. Це дозволяє їм тренуватися в аналізі місця злочину без необхідності бути фізично присутніми на місці подій.

Нейромережа здатна реалізовувати всебічну підтримку криміналістичних розслідувань шляхом використання її здатності моделювати елементи конкретної життєвої ситуації. Так генерація зображень місця злочину може допомогти слідчим у створенні гіпотез та плануванні подальших дій. Це особливо корисно, коли доступ до місця злочину обмежений або вже неможливий.

Однією з ключових технічних характеристик нейромережі Stable Diffusion, яка сприяє її ефективності в криміналістичних розслідуваннях, є здатність генерувати високоякісні зображення з високим рівнем деталізації. Це досягається завдяки використанню сучасних методів глибинного навчання та дифузійних моделей, які спеціалізуються на поступовому перетворенні випадкового шуму на структуроване зображення.

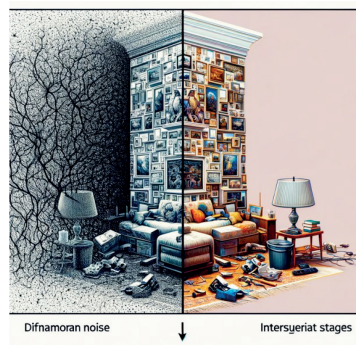


На рисунку ліворуч наведена діаграма, що пояснює основні етапи роботи моделі Stable Diffusion, яка ґрунтується на дифузійних моделях, що поступово «очищають» випадковий шум, використовуючи зворотний процес дифузії, щоб відтворити високоякісне зображення. Ця нейромережа навчена на великому обсязі даних зображень і текстових описів, що дозволяє їй генерувати зображення на основі текстових підказок або частково заданих параметрів.

Алгоритмічна основа Stable Diffusion дозволяє адаптуватися до специфічних вимог зображення, таких як колірна гамма, текстури, розташування об'єктів тощо. Це є надзвичайно

важливим у контексті криміналістичних розслідувань, де точність і відповідність візуалізованих деталей має вирішальне значення. Ілюстрація ліворуч, показує, як нейромережа перетворює початковий «шум» на детальне зображення злочинної сцени.

Stable Diffusion використовує архітектуру Transformer, яка є основою для обробки тексту та зображень у паралельному режимі. Ця архітектура дозволяє моделі обробляти великі обсяги даних та встановлювати зв'язки між текстовими описами та візуальними зображеннями. Така здатність є критичною під час створення реалістичних візуалізацій злочинних сцен, де кожен елемент зображення має відповідати реальним обставинам і деталям справи.





Завдяки використанню багатоетапного процесу обробки, який поєднує текстові підказки з генерацією зображень, Stable Diffusion може створювати зображення, які максимально наближені до описаних сценаріїв. Це особливо корисно для реконструкції подій або моделювання можливих сценаріїв злочину.

Ще однією важливою технічною можливістю Stable Diffusion є здатність генерувати різні варіації однієї сцени. Це може бути корисно для моделювання різних версій подій або аналізу альтернативних гіпотез. Наприклад, модель може створювати різні варіанти однієї і тієї ж злочинної сцени, в яких змінені лише певні деталі, такі як розташування об'єктів або освітлення. Це дозволяє слідчим порівнювати різні сценарії та оцінювати їхню ймовірність. Приклад зображення приміщення наведено на рисунку вище.



Процес перетворення зимового пейзажу на літній (показано на рисунку вище) за допомогою нейромережі Stable Diffusion відбувається через низку послідовних етапів генерації та трансформації зображення. Спочатку модель отримує вхідне зображення зимового пейзажу, яке вона аналізує на основі текстур, об'єктів і їхнього взаєморозташування. Нейромережа використовує генеративний дифузійний процес, поступово замінюючи специфічні елементи зимової сцени на характерні літні: сніг може трансформуватися в траву або ґрунт, оголені дерева – в листяні, а колірна палітра переходить від холодних відтінків до теплих, які властиві літньому сезону.

Процес працює через регулювання випадкового шуму на початковому етапі і поступове його уточнення з використанням навченої моделі, яка знає сезонні відмінності та природні характеристики об'єктів. Таким чином, модель поетапно додає літні деталі, одночасно зберігаючи основні об'єкти сцени, такі як будівлі, дороги або ландшафтні форми, що забезпечує контекстуальну цілісність зображення.

Таке перетворення може мати суттєву цінність для реконструкції подій у рамках криміналістичного розслідування. Зокрема, у випадках, коли злочин був вчинений в іншому сезоні, ніж час проведення розслідування, генерація літнього або зимового пейзажу може допомогти слідчим краще візуалізувати місце події в умовах, що максимально відповідають моменту скоєння злочину. Це дозволяє відновити важливі деталі, такі як наявність або відсутність слідів на ґрунті, снігові намети, зміни в рослинності чи видимість доріг. Такі інструменти підвищують точність реконструкції місця події, особливо коли доступ до початкових умов обмежений.

Цей процес також може бути корисним для створення навчальних матеріалів, дозволяючи експертам і слідчим тренуватися в аналізі різних сценаріїв злочинів у різних сезонних умовах, а також поліпшувати підготовку до розслідувань на місцях із сезонними змінами.

Незважаючи на високу якість зображень, які генерує Stable Diffusion, важливим аспектом є її відносно ефективне використання обчислювальних ресурсів. Завдяки оптимізованому процесу обчислень, ця нейромережа здатна працювати на сучасних графічних процесорах з відносно високою швидкістю, що дозволяє використовувати її в режимі реального часу або в умовах обме-

жених ресурсів. Крім цього, при достатньому ресурсному забезпеченні попередньо встановлена нейромережа здатна працювати на десктопі автономно в умовах відсутності доступу до мережі інтернет.

Така ефективність є особливо важливою в умовах розслідувань, де час є критичним фактором. Швидка генерація зображень дозволяє оперативно реагувати на зміни в розслідуванні та створювати необхідні візуалізації для подальшого аналізу та прийняття рішень.

Висновки. Таким чином, технічні характеристики та алгоритмічні основи нейромережі Stable Diffusion роблять її потужним інструментом для візуалізації злочинних сцен та моделювання кримінальних подій, що може значно підвищити ефективність розслідувань і забезпечити більш точні та надійні результати. Stable Diffusion послідовно демонструє здатність відтворювати реалістичні зображення на основі текстових описів та вхідних даних, що дає можливість фахівцям детально відтворювати місця злочинів та візуалізувати можливі сценарії розвитку подій. Основні переваги Stable Diffusion включають: підвищення точності реконструкції, зниження витрат на реальне моделювання сцен, використання інтерактивних візуалізацій та VR для навчання і тренувань експертів. Однак, реальне впровадження вимагає вирішення питань юридичного оформлення методики, конфіденційності та підвищення обчислювальних потужностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ashfaq F., Jhanjhi N.Z., Khan N.A., Das, S.R. Synthetic Crime Scene Generation Using Deep Generative Networks. In: Peng SL., Jhanjhi N.Z., Pal S., Amsaad F. (eds) Proceedings of 3rd International Conference on Mathematical Modeling and Computational Science. ICMACS 2023. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2023, vol 1450. Springer, Singapore. URL: https://doi.org/10.1007/978-981-99-3611-3_43.
2. Albeedan M., Kolivand H., Ho E.S.L. A Review of Crime Scene Investigations Through Augmented Reality. In: Paiva, S., et al. Science and Technologies for Smart Cities. SmartCity 360 2021. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, 2022, vol. 442. Springer, Cham. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06371-8_36.
3. Clair Elissa St, Maloney Andy, Schade A. An introduction to building 3D crime scene models using SketchUp. *J. Assoc. Crime Scene Reconstr*, 2012, 18: p. 29–47. URL: https://www.researchgate.net/publication/354376939_An_Introduction_to_Building_3D_Crime_Scene_Models_Using_SketchUp.