

ТРИВИМІРНЕ ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГОСТРОГО ТРАВМУЮЧОГО ПРЕДМЕТА В СУДОВІЙ МЕДИЦИНІ

П.Я. Кишкан, І.Г. Савка

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна

Ключові слова:

гострий травмуючий предмет, тривимірне просторове моделювання, судова медицина.

Буковинський медичний вісник. Т.23, № 2 (90). С. 88-93.

DOI:

10.24061/2413-0737.XXIII.2.90.2019.40

E-mail: Pavlokichkan@ukr.net

Резюме. Тілесні ушкодження, заподіяні гострими предметами, посідають друге місце в структурі смертності населення України, більшість серед яких складають травми, спричинені колюче-ріжущими знаряддями. І в кожному конкретному випадку перед судово-медичним експертом постає питання стосовно встановлення індивідуальних ідентифікуючих параметрів гострого травмуючого предмета.

Мета дослідження — вивчення можливості використання фотограмметрії та сучасних комп'ютерних технологій для розробки методу тривимірного просторового моделювання гострого травмуючого предмета при колото-різаних ушкодженнях м'яких тканин і паренхіматозних органів.

Матеріал і методи. За допомогою фотограмметрії та комп'ютерних програм для тривимірного просторового моделювання досліджено експериментальні моделі ушкоджень, спричинених колюче-ріжущим предметом та відтворено форму клинка експериментального ножа.

Результати. У статті висвітлено можливості використання фотограмметрії та сучасних комп'ютерних технологій для розробки методу тривимірного просторового моделювання гострого травмуючого предмета на моделі ранового каналу, спричиненого колюче-ріжущим знаряддям. Представлено алгоритм створення тривимірної комп'ютерної моделі гострого травмуючого предмета, показано переваги та перспективи подальшого використання 3D технологій у судово-медичній практиці.

Висновок. Отримано модель знаряддя травми, яку можна досліджувати у трьох площинах під різними кутами, зберігати в електронному вигляді й друкувати на 3D принтері.

Ключевые слова:

острый травмирующий предмет, трехмерное пространственное моделирование, судебная медицина.

Буковинский медицинский вестник. Т.23, № 2 (90). С. 88-93.

ТРЕХМЕРНОЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСТРОГО ТРАВМИРУЮЩЕГО ПРЕДМЕТА В СУДЕБНОЙ МЕДИЦИНЕ

П.Я. Кишкан, И.Г. Савка

Резюме. Телесные повреждения, причиненные острыми предметами, занимают второе место в структуре смертности населения Украины, большинство среди которых составляют травмы от воздействия колюще-режущими орудиями. И в каждом конкретном случае перед судебно-медицинским экспертом встает вопрос относительно определения индивидуальных идентифицирующих параметров острого травмирующего предмета.

Цель исследования — изучение возможности использования фотограмметрии и современных компьютерных технологий для разработки метода трехмерного пространственного моделирования острого травмирующего предмета при колото-резанных повреждениях мягких тканей и паренхиматозных органов.

Материал и методы. С помощью фотограмметрии и компьютерных программ для трехмерного пространственного моделирования

исследовано експериментальні моделі пошкоджень, причинених колюще-режущим предметом і воспроизведено форму клинка експериментального ножа.

Результати. В статті зображено можливості використання фотограмметрії і сучасних комп'ютерних технологій для розробки методу тривимірного просторового моделювання гострого травмуючого предмета на моделі раневого каналу, причиненого колюще-режущим орудієм. Представлено алгоритм створення тривимірної комп'ютерної моделі гострого травмуючого предмета, показано переваги і перспективи подальшого використання 3D технологій в судово-медичній практиці.

Висновок. Отримано модель орудія травми, яку можна дослідити в трьох площинах під різними кутами, зберегти в електронному вигляді і друкувати на 3D принтері.

Keywords: sharp traumatic object, three-dimensional spatial modeling, forensic medicine.

Bukovinian Medical Herald. V.23, № 2 (90). P. 88-93.

THREE-DIMENSIONAL SPATIAL MODELING OF ACUTE TRAUMATIC OBJECT IN FORENSIC MEDICINE

P.Ya. Kyshkan, I.G. Savka

Bodily injuries caused by sharp tools rank second in the structure of population mortality rate. The majority of injuries are caused by piercing-cutting tools. In every particular case a forensic expert faces the question concerning identification of individual parameters of a sharp traumatic object.

The purpose of the study: to investigate the possibility to use photogrammetry and up-to-date computer technologies in order to develop the method of three-dimensional spatial modeling of a sharp traumatic object in case of stab-cutting injuries of the soft tissues and parenchymal organs.

Material and methods. Experimental models of injuries caused by piercing-cutting tools are examined by means of photogrammetry and computer programs for three-dimensional spatial modeling; the shape of the blade of the experimental knife is reproduced.

Results. The article deals with possibilities to apply photogrammetry and up-to-date computer technologies in order to develop the method of three-dimensional spatial modeling of sharp traumatic objects on the pattern of a wound tract caused by piercing-cutting tools. The algorithm of making a three-dimensional computer model of acute traumatic object is presented; advantages and perspectives of further application of 3D technologies in forensic medical practice are indicated.

Conclusion. The model of the injury-causing object is obtained which can be examined in three planes at different angles, reserved in electron data base and printed on 3D printer.

Вступ. Тілесні ушкодження, заподіяні гострими предметами, посідають друге місце зпоміж інших травматичних випадків у структурі смертності населення України. Більшість із них складають травми, спричинені колюще-ріжущими знаряддями [1]. Найбільш частою причиною смертельних випадків від колото-різаних ран є злочинний напад чи вбивство. У кожному конкретному випадку перед судово-медичним експертом постає питання стосовно встановлення травмуючого предмета, яким було заподіяно тілесне ушкодження. Існуючі загальноприйняті класичні методики не завжди можуть забезпечити повноцінне

об'єктивне встановлення індивідуальних ідентифікуючих параметрів гострого травмуючого предмета [2].

У наш час у медицину та судово-медичну практику активно впроваджуються сучасні комп'ютерні програми та 3D технології. Це розширює можливості щодо пошуку нових і вдосконалення відомих методів візуалізації тілесних ушкоджень із метою ідентифікації знаряддя травми [3-5]. Більшість наукових розробок у галузі судової медицини з використанням елементів 3D моделювання спрямовані на відтворення місця злочину й обставин пригоди [6, 7], створення тривимірних моделей переломів кісток для дистанцій-

Актуальні питання судово-медичної експертизи

ного фрактологічного дослідження [8], просторової реконструкції площини перелому трубчастих кісток [9] тощо. Водночас, нез'ясованими на сьогодні залишаються питання щодо можливостей використання 3D технологій для ідентифікації знаряддя травми за морфологічними особливостями ушкоджень м'яких тканин і ранового каналу, спричинених колюче-ріжучими предметами.

Мета роботи. Вивчення можливості використання фотограмметрії та сучасних комп'ютерних технологій для розробки методу тривимірного просторового моделювання гострого травмуючого предмета при колото-різаних ушкодженнях м'яких тканин і паренхіматозних органів.

Матеріал і методи. Дослідження проведено на експериментальних моделях ушкоджень, які максимально повторюють і відтворюють властивості м'яких тканин організму людини. Для виготовлення експериментальних моделей ушкоджень використовували альгінатну відбиткову масу з гумоподібним ефектом «Hydrogum 5» (фірма «Zhermack», Італія), яка швидко твердне, після полімеризації залишається еластичною і дозволяє отримувати відбитки з надзвичайно гладенькою поверхнею. Маючи високі тиксотропні властивості, зазначена альгінатна маса ковзає лише при натисканні під час зняття відбитка гострого травмуючого предмета й найбільш точно зберігає та відтворює властивості зануреного в неї клинка експериментального ножа.

Робочу відбиткову масу готували таким чином: після відкриття пакета із сухим дрібнодисперсним порошком набирали його мірною ложкою в посуд для замішування в кількості 17 мірних ложок, що відповідає 119 грамам сухого порошку. Після чого додавали дистильовану воду з розрахунку 15 мл на одну мірну ложку порошку, тобто, загальним об'ємом 255 мл, і проводили замішування маси впродовж 30 секунд. Здійснювали обробку отриманої альгінатної маси (не більше 1 хвилини 5 секунд) із подальшим формуванням експериментального ранового каналу та перебуванням клинка ножа в цій масі впродовж 45 секунд. Таким чином, загальний час обробки матеріалу для дослідження становить 1 хвилину 40 секунд.

Для нанесення експериментального пошкодження використовували колюче-ріжучий засіб – ніж з однією заточкою леза, довжиною клинка 9,5 см, шириною в місці найбільшого потовщення клинка 1,9 см, товщиною обухка 0,1 см. Ніж занурювали в альгінатну масу під прямим кутом до поверхні на всю довжину клинка ножа. У подальшому отриманий експериментальний рановий канал розкривали під прямим кутом до його поздовжньої осі з кроком приблизно 3,5 см, послідовно отримуючи три його складові фрагменти. Потім проводили фотографування кожного окремого фрагмента з дотриманням вимог до масштабної фотографії та подальшим отриманням комп'ютерного калібрувального маркера (масштабу).

Після цього кожен фрагмент ранового каналу контрастували барвником, використовуючи 1% спиртовий розчин діамантового зеленого. Усі три фрагменти експериментального ранового каналу відкривали паралельно його довжині й поміщали на обертальний столик, який, у свою чергу, знаходився під світловим кубом для забезпечення достатнього освітлення і проводили фотозйомку. Для фотографування використовували цифрову камеру марки SONY RX 10 II, яка повністю відповідає вимогам сучасної фотограмметрії з можливістю подальшого отримання якісних 3D моделей досліджуваних об'єктів. Об'єкт зйомки розміщували в центрі обертального столика й безпосередньо на нього ставили номерок та фрагмент масштабної лінійки довжиною 1 см для проведення подальшого масштабування та контролю розмірів досліджуваного об'єкта в комп'ютерних програмах.

Фотоапарат установлювали на штатив і проводили фотографування фрагмента ранового каналу спершу під кутом 30°, повертали обертальний столик із кроком зміщення 30°, у результаті чого отримували 15 фотографій. Наступним етапом було зміщення фотоапарата по відношенню до об'єкта дослідження під кутом, який відповідає 60° і кроком зміщення 40°, що дозволило отримати 9 фотографій відповідно. На кінцевому етапі фотографування виконували один знімок об'єкта дослідження під кутом 90°. Отримані фотографії у форматі JPEG завантажували в комп'ютерну програму «Agisoft Photoscan» [8], в якій створювали 3D текстуровані моделі фрагмента ранового каналу. Отриману модель і текстуру експортували у форматі «OBJ». Дану процедуру виконували з кожним отриманим фрагментом експериментального ушкодження.

Наступним етапом роботи було переміщення отриманих 3D моделей у графічний простір програми «3ds max», що дозволяє провести калібрування масштабу моделі, оскільки експортований «OBJ» файл із програми «Agisoft Photoscan» не відповідає масштабу реального об'єкта, однак чітко зберігає форму та пропорції оригіналу. Після масштабування моделей у програмі «3ds max» можливе переміщення та обертання даних моделей у всіх осях координат, що дозволяє уже в графічному редакторі скласти отримані фрагменти експериментального ранового каналу в єдине ціле та повністю відтворити форму клинка ножа, яким нанесено ушкодження.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті проведених досліджень складено алгоритм виготовлення тривимірної комп'ютерної моделі гострого травмуючого предмета за допомогою фотограмметрії експериментального ранового каналу, який має таку послідовність:

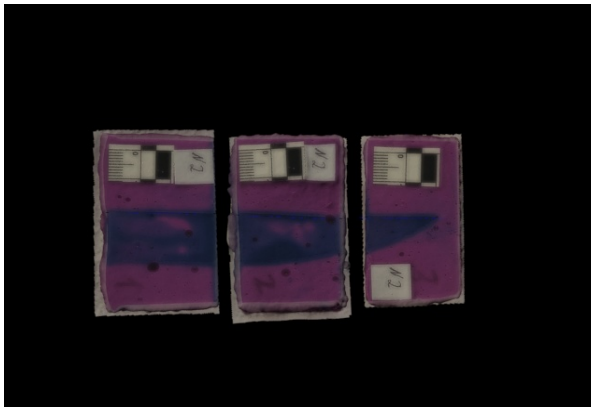
- приготування робочої відбиткової маси з альгінатної суміші;
- формування експериментального ранового каналу ножем із відомими метричними характеристиками;
- отримання окремих фрагментів експерименталь-

Topical issues of Forensic Medical Examination

ного ушкодження та їх контрастування барвником;

- фотографування усіх розкритих фрагментів ранового каналу цифровою камерою;
- завантаження фотографій у відповідному форматі в комп'ютерну програму для створення 3D текстурованої моделі фрагмента ранового каналу та її наступне експортування в оптимальному форматі;
- переміщення отриманих 3D моделей у графічний простір програми просторового моделювання, калібрування масштабу моделей, їх зіставлення та відтворення форми клинка експериментального ножа.

Важливе судово-медичне значення в ідентифікації знаряддя травми при колото-різаних ушкодженнях має дослідження ранового каналу за допомогою пошарових зрізів, що дозволяє визначити напрямок ранового каналу, розміри і форму клинка ножа, яким заподіяно травму. Тому проводили детальне вивчення кожного з трьох отриманих комп'ютерних маркерів досліджува-



них фрагментів експериментального ранового каналу. Зіставлення окремих фрагментів експериментального ушкодження в один суцільний рановий канал дозволяє проводити його вимірювання в будь-якій заданій точці (рис. 1). При цьому сучасні комп'ютерні програми дозволяють фіксувати розміри ушкоджень м'яких тканин та ранового каналу безконтактним методом із високою точністю – до 0,0001 см.

Розміри, отримані нами в результаті програмного вимірювання (рис. 2), практично не відрізнялися від реальних (похибка не більше 0,01 см) і були на порядок більш точними, ніж при вимірюванні класичними методами. Такі результати корелюють із даними закордонних авторів [10], які порівнювали фотограмметричні вимірювання, зроблені у тривимірному просторі з криміналістичними фотографіями.

У випадку, якщо рановий канал сліпо закінчується в паренхіматозному органі, наприклад, у печінці,

Рис. 1. Тривимірна просторова модель експериментального ранового каналу у просторі графічного редактора «3ds max» (1:1)

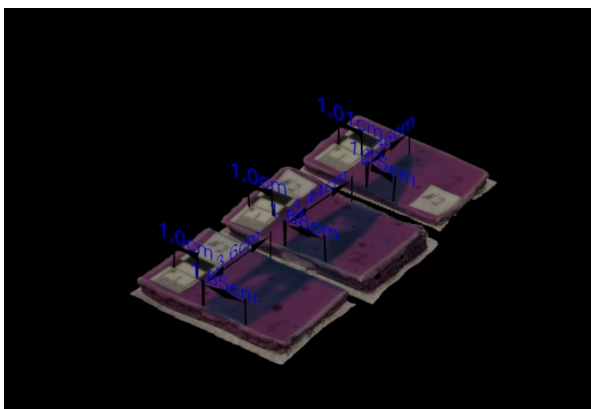


Рис. 2. Розміри експериментального ранового каналу при комп'ютерному вимірюванні (1:1)

то за допомогою просторової тривимірної моделі експериментального ушкодження можна визначити форму вістря леза ножа, а за глибиною ранового каналу – довжину клинка, яким нанесено ушкодження. Тому, ми виділяємо ще декілька вагомих переваг запропонованого нами методу, а саме: можливість створення 3D моделі фрагмента ранового каналу в паренхіматозному органі з контрастом, подальшим її друком на 3D принтері, яка на відміну від м'яких тканин організму не піддається впливу зовнішніх чинників і не змінює своїх розмірів, що дозволить

найбільш точно ідентифікувати знаряддя вбивства.

Отже, основною перевагою запропонованого нами методу, перш за все, є отримання лінійних розмірів ушкодження в електронному форматі, що дозволяє зберігати його на необмежений термін, направляти електронною поштою для незалежної дистанційної медико-криміналістичної експертизи, а також завдяки розподілу експериментального ранового каналу на окремі фрагменти відтворювати реальні експертні випадки з ушкодженням шкіри, підшкірно-жирової клітковини, очеревини та паренхіматозних органів.

Актуальні питання судово-медичної експертизи

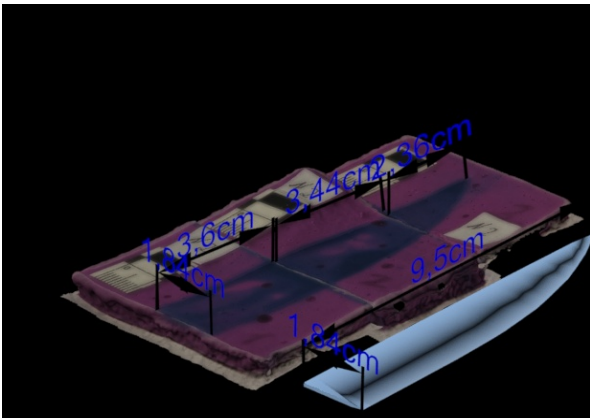


Рис. 3а. Тривимірна просторова модель експериментального ножа (під кутом 450), яким нанесено ушкодження, у просторі графічного редактора «3ds max» (1:1)

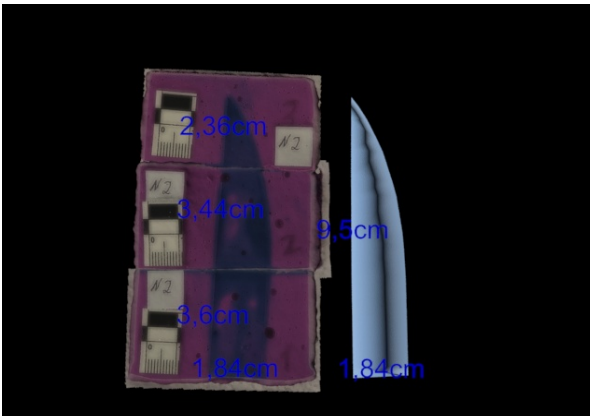


Рис. 3б. Тривимірна просторова модель експериментального ножа (під кутом 900), яким нанесено ушкодження, у просторі графічного редактора «3ds max» (1:1)

Також, на основі 3D моделей формату «OBJ», поміщених у простір «3ds max» після їх масштабування та вирівнювання за осями координат, можна отримати матрицю для подальшого відтворення (моделювання) знаряддя травми зі збереженням його індивідуальних характеристик, а саме: довжини клинка, його ширини та найбільш інформативної частини клинка – вістря і зони скоусу леза ножа (рис. 3а, 3б).

Подальший друк на 3D принтері знаряддя травми, відтвореного запропонованим способом, дозволить із підвищеною точністю провести ідентифікацію знаряддя травми чи вибрати конкретне знаряддя злочину з-поміж імовірних кількох інших, виявлених у процесі слідства та проведення оперативно-розшукових заходів.

Висновки

1. Експериментально обґрунтовано й показано доцільність використання 3D технологій для моделювання гострого травмуючого предмета на підставі моделі ранового каналу, спричиненого колоче-ріжучим знаряддям.

2. Розроблено алгоритм створення текстурованої моделі фрагмента ранового каналу та гострого травмуючого предмета з використанням методу фотogramметрії.

3. Отримано модель знаряддя травми, яку можна досліджувати у трьох площинах під різними кутами, зберігати в електронному вигляді й друкувати на 3D принтері, що значно розширює експертні можливості, підвищує об'єктивність, наочність та аргументованість

судово-медичних експертиз.

Перспективи подальших досліджень. Результати проведеного дослідження дозволять за вказаними методиками відтворювати реальні експертні випадки, підтверджуючи ефективність та перспективи подальшого використання 3D технологій у судово-медичній практиці. Перспективними також можуть бути дослідження щодо визначення ідентифікуючих параметрів гострого травмуючого предмета шляхом тривимірної просторової реконструкції ранового каналу й окремих морфологічних елементів тілесних ушкоджень у тілі потерпілого.

Список літератури

1. Коробко ІС, Бабкіна ОП, Калашніков ДА. Аналіз летальних ушкоджень у випадках смерті від механічної травми у м. Донецьк за 2011-2013 рр. Вісник проблем біології і медицини. 2014;2(110):177-9.
2. Шадымов АБ, Шепелев ОА. Судебно-медицинская оценка колото-резаных ранений груди. Вестник судебной медицины. 2012;1(3):24-9.
3. Шакирьянова ЮП, Леонов СВ, Пинчук ПВ. Возможности создания трехмерных виртуальных копий объектов и последующая экспертная работа с ними. Избранные вопросы судебно-медицинской экспертизы. 2017;16:93-6.
4. Urbanová P, Hejna P, Jurda M. Testing photogrammetry-based techniques for three-dimensional surface documentation in forensic pathology. Forensic science international. 2015;250:77-86. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.03.005.
5. Leipner A, Baumeister R, Thali MJ, Braun M, Dobler E, Ebert LC. Multi-camera system for 3D forensic documentation. Forensic science international. 2016;261:123-8. doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.003.

Topical issues of Forensic Medical Examination

6. Пиголкин ЮИ, Леонов СВ, Леонова ЕН, Нагорнов МН. Метод трехмерного моделирования при реконструкции обстоятельств происшествия с учетом следов крови. Судебно-медицинская экспертиза. 2014;5:4-6.
 7. Buck U, Silvio R, BeatJa, Christian T, Michael J. Accident or homicide – Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. Forensic science international. 2013;225:75-84. doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.015.
 8. Шакирьянова ЮП. Применение трехмерных объектов для консультативно-диагностической помощи в режиме «реального времени». Вестник судебной медицины. 2017;6(4):49-51.
 9. Бачинский ВТ, Михайличенко БВ, Савка ИГ. Пространственная реконструкция плоскости излома трубчатой кости с использованием современных компьютерных технологий. Вестник судебной медицины. 2013;2(2):6-9.
 10. Michienzi R, Meier S, Ebert LC, Martinez RM, Sieberth T. Comparison of forensic photo-documentation to a photogrammetric solution using the multi-camera system «Botscan». Forensic science international. 2018;288:46-52. doi: 10.1016/j.forsciint.2018.04.012.
- References**
1. Korobko IS, Babkina OP, Kalashnikov DA. Analiz letal'nih ushkozhen' u vipadkah smerti vid mehanichnoї travmi u m. Donec'k za 2011-2013 r.r. [Analysis of fatal injuries in cases of death from mechanical injury in Donetsk city for 2011-2013]. Visnik problem biologii i medicini. 2014;2(110):177-9. (in Ukrainian).
 2. Shadymov AB, Shepelev OA. Sudebno-medicinskaja ocenka koloto-rezanyh ranenij grudi [Forensic medical evaluation of stab-cutting breast wounds]. Vestnik sudebnoj mediciny. 2012;1(3):24-9. (in Russian).
 3. Shakir'janova JuP, Leonov SV, Pinchuk PV. Vozmozhnosti sozdaniya trehmernyh virtual'nyh kopij ob#ektov i posledujushhaja jekspertnaja rabota s nimi [Possibilities of creating three-dimensional virtual copies of objects and subsequent expert work with them]. Izbrannye voprosy sudebno-medicinskoj jekspertizy. 2017;16:93-6. (in Russian).
 4. Urbanová P, Hejna P, Jurda M. Testing photogrammetry-based techniques for three-dimensional surface documentation in forensic pathology [Testing photogrammetry-based techniques for three-dimensional surface documentation in forensic pathology]. Forensic science international. 2015;250:77-86. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.03.005.
 5. Leipner A, Baumeister R, Thali MJ, Braun M, Dobler E, Ebert LC. Multi-camera system for 3D forensic documentation. Forensic science international. 2016;261:123-8. doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.02.003.
 6. Pigołkin Jul, Leonov SV, Leonova EN, Nagornov MN. Metod trehmernogo modelirovaniya pri rekonstrukcii ob#ostojatel'stv proisshestvija s uchetoм sledov krovi [The method of three-dimensional modeling in the reconstruction of the circumstances of the incident, taking into account the traces of blood]. Sudebno-medicinskaja jekspertiza. 2014;5:4-6. (in Russian).
 7. Buck U, Silvio R, BeatJa, Christian T, Michael J. Accident or homicide – Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. Forensic science international. 2013;225:75-84. doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.015.
 8. Shakir'janova JuP. Primenenie trehmernyh ob#ektov dlja konsul'tativno-diaagnosticheskoj pomoshhi v rezhime «real'nogo vremeni» [Application of 3D objects for consulting and diagnostic help in real time mode]. Vestnik sudebnoj mediciny. 2017;6(4):49-51. (in Russian).
 9. Bachinskij VT, Mihajlichenko BV, Savka IG. Prostranstvennaja rekonstrukcija ploskosti izloma trubchatoj kosti s ispol'zovaniem sovremennyh komp'juternyh tehnologij [Spatial reconstruction of the plane of a tubular bone fracture using modern computer technologies]. Vestnik sudebnoj mediciny. 2013;2(2):6-9. (in Russian).
 10. Michienzi R, Meier S, Ebert LC, Martinez RM, Sieberth T. Comparison of forensic photo-documentation to a photogrammetric solution using the multi-camera system «Botscan». Forensic science international. 2018;288:46-52. doi:10.1016/j.forsciint.2018.04.012.

Відомості про авторів:

Кишкан Павло Ярославович — аспірант кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м.Чернівці, Україна.

Савка Іван Григорович — професор кафедри судової медицини та медичного правознавства Буковинського державного медичного університету, м.Чернівці, Україна.

Сведения об авторах:

Кишкан Павел Ярославович — аспирант кафедры судебной медицины и медицинского правоведения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина.

Савка Иван Григорьевич — профессор кафедры судебной медицины и медицинского правоведения Буковинского государственного медицинского университета, г. Черновцы, Украина.

Information about the authors:

Kyshkan Pavlo Yaroslavovych — postgraduate student of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine. tel. +380505372615 pavlokichkan@ukr.net

Savka Ivan Grygorovych — professor of the Department of Forensic Medicine and Medical Law of Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

*Надійшла до редакції 10.04.2019
Рецензент — проф. Бачинський В.Т.
© П.Я. Кишкан, І.Г. Савка, 2019*