УДК 659.1
DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-6-890-899
EDN: VGLTGZ
Научная статья

ЦИФРОВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ ТРАСОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ AGISOFT METASHAPE И БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

А. И. Недобитков
Восточно-Казахстанский технический университет,
г.Усть-Каменогорск, Республика Казахстан
a.nedobitkov@mail.ru, http://orcid.org/0000-0003-4605-9668

АННОТАЦИЯ

Введение. *Транспортно-трасологическая экспертиза – один из наиболее востребованных видов экспертиз по делам о дорожно-транспортных происшествиях в рамках уголовных дел. Основные методические положения транспортно-трасологической экспертизы были разработаны в прошлом веке, тогда как в современном мире набирает силу четвертая индустриальная (промышленная) революция, базирующаяся на компьютерных и информационных технологиях, различных программно-аппаратных средствах. Возникает насущная необходимость адаптации методического аппарата транспортно-трасологической экспертизы к современным реалиям.*

Материалы и методы. *На примере конкретных дорожно-транспортных происшествий представлены результаты использования беспилотного летательного аппарата и программного обеспечения Agisoft Metashape. Наглядно продемонстрировано, что применение данного метода, во-первых, значительно сокращает время фиксации объектов улично-дорожной сети, транспортных средств и следов их движения на проезжей части дороги, во-вторых, повышает точность фиксации, в-третьих, позволяет устанавливать всю полноту фактических обстоятельств, необходимых для анализа механизма дорожно-транспортного происшествия. Цифровые модели транспортных средств, полученные с применением данного метода, могут быть использованы для трехмерного моделирования, что предоставляет возможность более точно определять характер и угол сближения транспортных средств перед столкновением, при значительном сокращении финансовых и временных затрат.*

Результаты. *Показано, что цифровые модели участка ДТП и транспортных средств могут быть приобщены как к материалам дела в целом, так и к заключению эксперта в частности, что позволит повысить объективность и достоверность проведенного исследования. Цифровая модель участка дорожно-транспортного происшествия (цифровой двойник) может храниться неограниченно долго и содержит всю полноту информации о вещной обстановке места происшествия, что делает ее ценной при проведении дополнительных или повторных экспертиз.*

Заключение. *Предложенный метод создания цифровой модели транспортного средства или участка дорожно-транспортного происшествия может быть использован в цифровой транспортной трасологии.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *цифровая модель, беспилотный летательный аппарат, транспортно-трасологическая экспертиза, механизм дорожно-транспортного происшествия, цифровая трасология.*

Статья поступила в редакцию 05.10.2022; одобрена после рецензирования 05.12.2022; принята к публикации 19.12.2022.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Для цитирования: Недобитков А. И. Цифровая транспортная трасология на основе agisoft metashape и беспилотного летательного аппарата // Вестник СибАДИ. 2022. Т.19, № 6 (88). С. 890-899. https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-6-890-899

Original article
DOI: https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-6-890-899
EDN: VGLTGZ

DIGITAL TRANSPORT TRASEOLOGY BASED ON AGISOFT METASHAPE AND UNMANNED AERIAL VEHICLE

Alexander I. Nedobitkov
East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan
a.nedobitkov@mail.ru, http:/orcid.org/0000-0003-4605-9668

ABSTRACT

Introduction. *A vehicle and trace evidence analysis is one of the most requested types of examinations performed within the framework of criminal cases on road traffic accidents. The main methodical guidelines for traffic and trace evidence analyses were developed in the past century, while nowadays the fourth industrial revolution is on the rise. The industrial revolution is based on computer and information technologies, various software and hardware tools. Hence there is a vital necessity in update of the vehicle and trace evidence analysis methodology in order to conform to current-day realities.*

Materials and methods. *Results of use of the unmanned aerial vehicle and Agisoft Metashape software are presented in the article in the context of specific road traffic accidents. It was made clear that application of this method has the following advantages: firstly, time of fixation of objects of the roadway network, vehicles and their traces on traffic ways is significantly reduced; secondly, fixation accuracy is improved; thirdly, use of the method makes it possible to establish all actual facts needed to perform analysis of the mechanism of a road traffic accident. Digital models obtained using this method could be used for 3D modeling, what offers an opportunity for more accurate determination of a mode and an angle of approach of vehicles before an accident with significant reduction of financial and time expenditures.*

Results. *It was shown that digital models of road traffic accident sites and vehicles could be entered into the case file in general as well as into an expert's statement in particular. Such entering will improve objectivity and believability of the conducted examination. Digital models of road traffic accident sites (digital twins) could be stored for an indefinitely long time and could contain the entire information on physical accident scene. Therefore such digital models are considered as valuable information while performing additional or repeated examinations.*

Conclusion. *The proposed method for creating a digital model of a vehicle or a site of a traffic accident can be used in digital transport traceology.*

KEYWORDS: *digital model, unmanned aerial vehicle, vehicle and trace evidence analysis, mechanism of a road traffic accident, digital traceology.*

The article was submitted 05.10.2022; approved after reviewing 05.12.2022; accepted for publication 19.12.2022.

The authors have read and approved the final manuscript.

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

For citation: Nedobitkov Al. I. Digital transport traseology based on agisoft metashape and unmanned aerial vehicle. The Russian Automobile and Highway Industry Journal. 2022; 19 (6): 890-899. https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-6-890-899

ВВЕДЕНИЕ

Рост автомобилизации, сопряженный с недостатками в организации дорожного движения, приводит к увеличению числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Кроме того, как показано в работе [1], имеют место инсценировки и фальсификации дорожно-транспортных происшествий в целях страхового мошенничества. Перечисленные обстоятельства приводят к росту осмотров мест происшествий по делам о ДТП, что ведёт к увеличению объёма и трудоёмкости экспертных исследований [2]. Автором статьи [3] отмечено, что механизм ДТП часто носит сложный и неочевидный характер, кроме того, часто представленные первичные материалы для производства экспертизы недостаточны для решения диагностических задач. Данное обстоятельство затрудняет решение проведения экспертиз по делам о ДТП, в том числе транспортно-трасологических.

Авторами работ [4, 5, 6, 7] проанализированы различные инновационные методы проведения осмотра места ДТП, например, такие как фотограмметрические методы, лазерное сканирование, применение беспилотных летательных аппаратов.

Необходимо отметить, что автором [8] указано, что такой вид запечатления вещной обстановки на месте происшествия как лазерное сканирование не может являться объективным. Проблема состоит в том, что сканер, как и любое техническое средство, может использоваться не корректно, а вещная обстановка для повторного сканирования уже может и не сохраниться [8]. В связи с этим специалист при осмотре места ДТП не может отказаться от производства и создания классических фототаблиц [8]. В качестве альтернативы авторы [7, 8] указывают на весьма перспективный способ съемки с использованием беспилотного летального аппарата, поскольку применение современных криминалистических технических средств позволяет оперативно получить наилучшие результаты. Опыт применения БПЛА в обеспечении безопасности дорожного движения, анализе механизма ДТП показан в работах [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17].

В работах[1] [18] продемонстрировано успешное применение беспилотного летательного аппарата и программного комплекса Agisoft Metashape при исследовании обстоятельств ДТП и построении схемы ДТП. Авторы работы[1] показали, что съемка с БПЛА и автоматизированная обработка полученных материалов в настоящее время в ряде случаев имеют безусловное преимущество перед другими методами дистанционного зондирования Земли. При этом экспериментальные исследования показали, что при фотограмметрической обработке материалов, полученных с БПЛА средствами программного обеспечения Agisoft Metashape, наряду с центрами проектирования снимков, для повышения точности трехмерной модели геопространства необходимо использовать наземные опорные точки [19]. В статье [19] подчеркнуто, что точность измерения соответствует существующим на данный момент в Российской Федерации нормативным документам.

В работе [20] проиллюстрировано, что, во-первых, видеозапись с камеры, в том числе установленной на БПЛА, является доказательством по административному делу, а во-вторых, существующие подходы к исследованию видеорегистраторов сводятся лишь к извлечению информации средствами самих видеорегистраторов или их программного обеспечения, что не вызывает особых затруднений у экспертов.

Целью данной работы является анализ метода построения и использования цифровой модели на основе съемки с беспилотного летательного аппарата и обработки в программном комплексе Agisoft Metashape для проведения транспортно-трасологической экспертизы.

Исходя из этого, были поставлены следующие задачи исследования:

- экспериментально подтвердить, что точность цифровой модели полностью соответствует фактическим размерам;
- показать, что цифровая модель участка ДТП или транспортного средства является не просто иллюстрацией, а основой для формирования выводов, поскольку ее можно приобщить к заключению эксперта с целью возможности воспроизведения и верификации (условие проверяемости и достоверности);
- наглядно проиллюстрировать, что цифровая модель может храниться без изменений

[1] Недобитков А. И., Охотенко А. И. Фиксация обстановки места дорожно-транспортного происшествия с помощью беспилотного летательного аппарата // Международный научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2020». Сборник материалов IV национальной научно-практической конференции с международным участием. 2020. http://nir.sgugit.ru/wp-content/uploads/2020/11/Nedobitkov-Ohotenko-FIKSATSIYA-OBSTANOVKI-MESTA-DOROZHNO-TRANSPORTNOGO-PROISSHESTVIYA.pdf

неограниченно долго, в отличие от следов на месте происшествия и транспортных средств;

- подтвердить, что транспортно-трасологическое исследование на основе цифровой модели не требует больших организационных и временных затрат, что сокращает сроки и стоимость проведения экспертизы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в Центре превосходства Veritas Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева.

Для исследования следов на месте происшествия с помощью метода трехмерного компьютерного моделирования используется программное обеспечение Agisoft Metashape, установленное на ноутбук (Core I7 8-9 поколения, DDR4 16 Гб 2400 МГц, видеокарта не ниже GeForce GTX 1050, SSD 1 Тб), БПЛА с возможностью проведения фотосъёмки и пространственной привязки фотоснимков с помощью спутников глобального позиционирования, такой как DJI Mavic 2 Pro.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В работе[2] отмечается, что в криминалистике и судебной экспертизе большие перспективы имеют растровые электронные микроскопы. Следует напомнить, что принципиальная схема построения электронного микроскопа была предложена в 1935 г. и заключалась в формировании изображения объекта последовательно по точкам в результате отражения электронов с поверхности исследуемого образца[2]. В растровой микроскопии фактически исследуется не сам образец, а его изображение или модель, построенные на ответных сигналах различной физической природы (отраженные и вторичные электроны, рентгеновское излучение, свет, поглощенный ток и пр.), от облучения исследуемой поверхности электронным пучком[2]. Необходимо подчеркнуть, что замена реального образца его моделью (изображением) в растровой микроскопии не только не снижает точности исследования, но и открывает новые возможности.

Автор [21] указывает, что в судебной экспертизе на современном уровне научного и технического развития выделяются такие виды моделирования, используемые при решении отдельных задач, как мысленные и материальные (физические) модели.

При этом в работе [21] подчеркивается, что при раскрытии преступлений, особый акцент следует сделать на цифровой фотографии. С ее помощью рамки моделирования значительно расширяются, так как цифровые изображения позволяют преобразовать снимаемый объект для компьютерной обработки.

Авторами[3] показано, что эффективным методом, определяющим механизм образования повреждений транспортных средств, является моделирование или реконструкция. По данным работы[3], материальное моделирование подразделяется на макетирование и натурное моделирование. Необходимо отметить, что на современном уровне развития науки и техники на ведущее место в реконструкции механизма ДТП выходит компьютерное моделирование (программы SMAC, PC-Crash, Carat-3 и т.п.) [8].

В свою очередь, С. С. Евтюков в диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук «Методология оценки и повышения эффективности дорожно-транспортных экспертиз» дал описание метода модельно-ориентированной реконструкции (МОР). К сожалению, в статьях данного автора этот метод практически не приводится.

Более того, Н. П. Майлис обосновала и ввела термин «цифровая трасология» [22]. По мнению автора [22], формирование нового раздела «цифровой трасологии» обусловлено, в том числе появлением новых видов цифровых следов, при исследовании которых используются информационные технологии. Для их изучения требуется разработка подходов, отличающихся от исследования традиционных следов [22].

Общеизвестно, что при проведении натурной реконструкции в рамках транспортно-трасологического исследования имеются следующие существенные недостатки [3, 4]:

- не всегда имеется возможность присутствия обоих транспортных средств по ряду причин;
- натурная реконструкция требует больших временных и организационных затрат.

---

[2] Криминалистическая техника : учебник / под ред. К. Е. Дёмина. М. : Юридический институт МИИТ, 2017. 426 с.

[3] Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях (диагностические исследования): (методическое пособие для экспертов, следователей и судей). / под. ред. Ю. Г. Корухова. М.: ИПК РФЦСЭ, 2006. 144 с.

Необходимо отметить, что современное состояние науки и техники позволяет создавать цифровые модели как участка местности, так и любого объекта, например, транспортного средства [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. В целях наглядного подтверждения точности цифровой модели на рисунке 1 приведен пример измерения колесной базы цифровой модели автомобиля ГАЗ-3102. Полученный результат полностью соответствует технической характеристике данного транспортного средства.

Следует указать, что Agisoft Metashape полностью соответствует требованиям п.8.1.3 ГОСТ Р 58854-2020 «Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомоделей застроенных территорий», а по ряду параметров и превосходит требования п.8.2.2. В частности, в Agisoft Metashape все связующие точки выбираются, отождествляются и измеряются на всех перекрывающихся снимках автоматически при равномерном их расположении, что существенно увеличивает качество уравнивания фотограмметрической сети.

На рисунке 2 приведена цифровая модель участка ДТП. Размеры на рисунке 2 нанесены для удобства визуального восприятия, фактически эти размеры определяются так же, как на рисунке 1. В работах[1] [6, 18] показано, что непосредственно сама съемка с БПЛА требует 5-7 мин времени.

По созданной цифровой модели можно определить локализацию повреждений транспортных средств, а также осыпи осколков (рисунок 3). Важным преимуществом цифровой модели является то обстоятельство, что на ней может быть зафиксирована вся следовая обстановка, включая месторасположение, размеры и цвет различных осколков (рисунок 3, *б*). Это позволяет в случае возникновения необходимости применять метод установления целого по частям (идентификация фрагментов по принадлежности)[3]. Следует отметить, что при обычном способе составления схемы ДТП, такая возможность полностью исключена. Более того, имеются многочисленные случаи отказов от проведения транспортно-трасологической экспертизы по причине отсутствия достоверной информации о следах на месте происшествия.

В качестве наглядного примера обратимся к еще одному реальному ДТП. В рамках уголовного дела, связанного со столкновением автомобиля ВАЗ-2112 с прицепом ГКБ -8350, целый ряд судебных экспертов пришли к выводу, что определить место столкновения не представляется возможным по причине противоречивости первичной информации, но это не помешало привлечь к уголовной ответственности водителя автомобиля КамАЗ-5320. Положение транспортных средств в момент столкновения показано на рисунке 4, *а*.

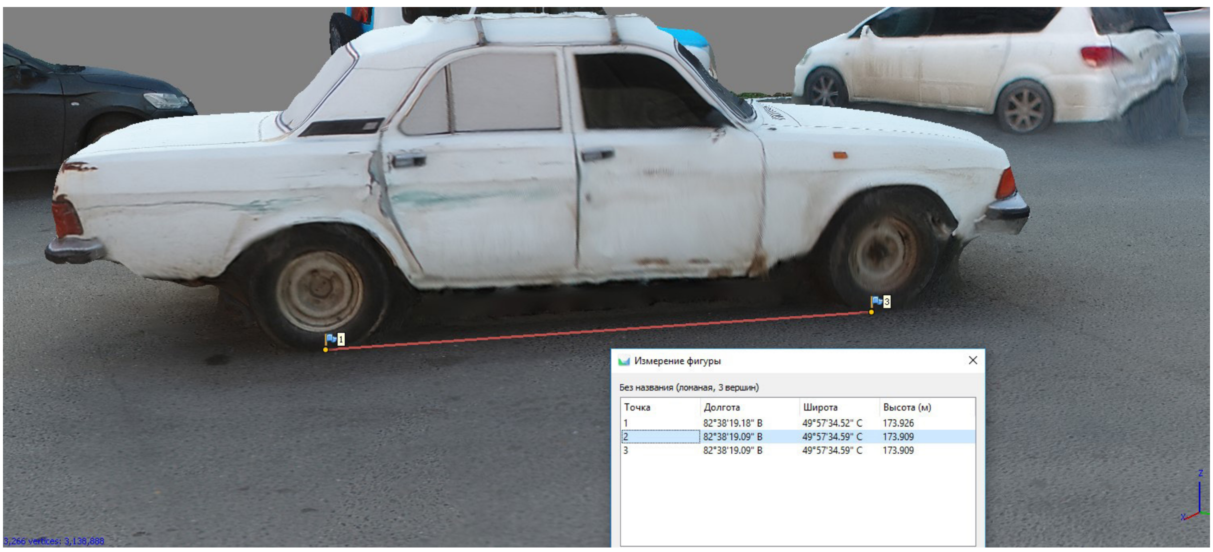


Рисунок 1 – Измерение колесной базы цифровой модели автомобиля ГАЗ-3102
Источник: составлено автором.

Figure 1 – Measurement of the wheelbase of the digital model of the GAZ-3102 car
Source: compiled by the author.

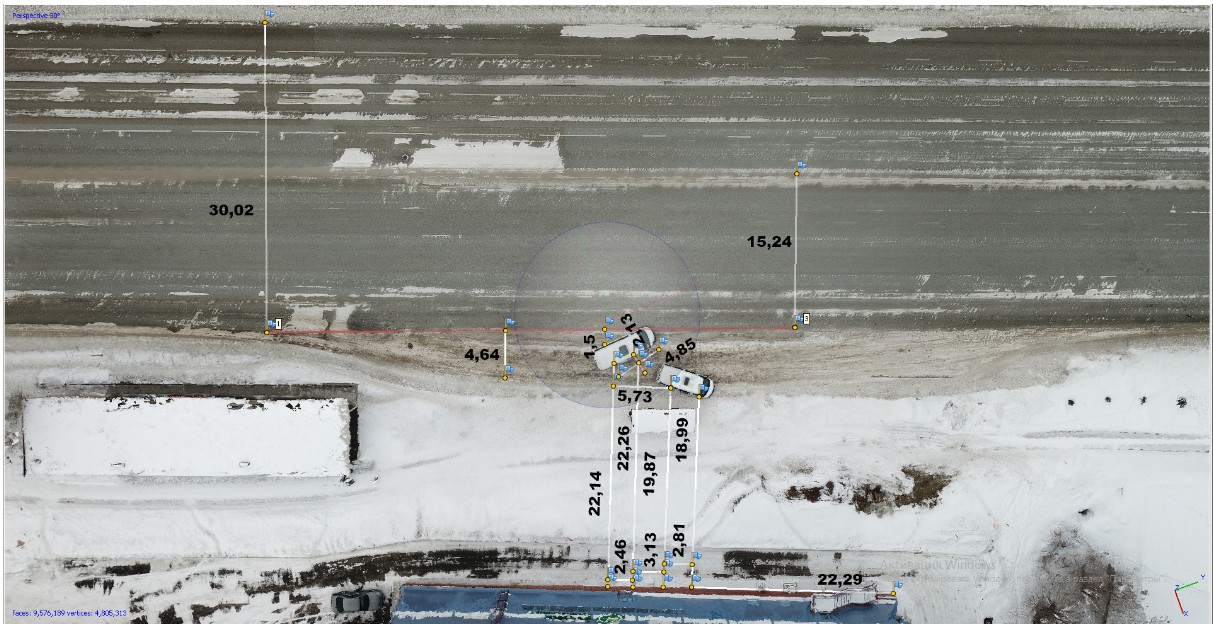


Рисунок 2 – Цифровая модель участка дорожно-транспортного происшествия
Источник: составлено автором.

Figure 2 – Digital model of the road accident site
Source: compiled by the author.

а б


Рисунок 3 – Определение необходимых параметров по цифровой модели:
а – локализация повреждений транспортного средства; б – определение области россыпи осколков
Источник: составлено автором.

Figure 3 – Determination of the required parameters using a digital model,
a – localization of vehicle damage; b - determination of the area of the placer of fragments.
Source: compiled by the author.

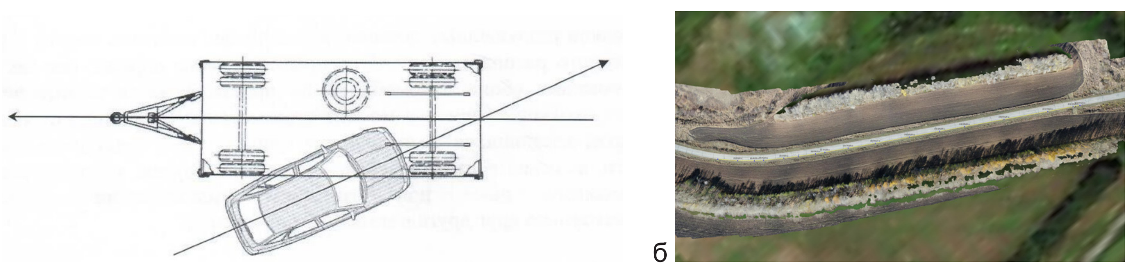
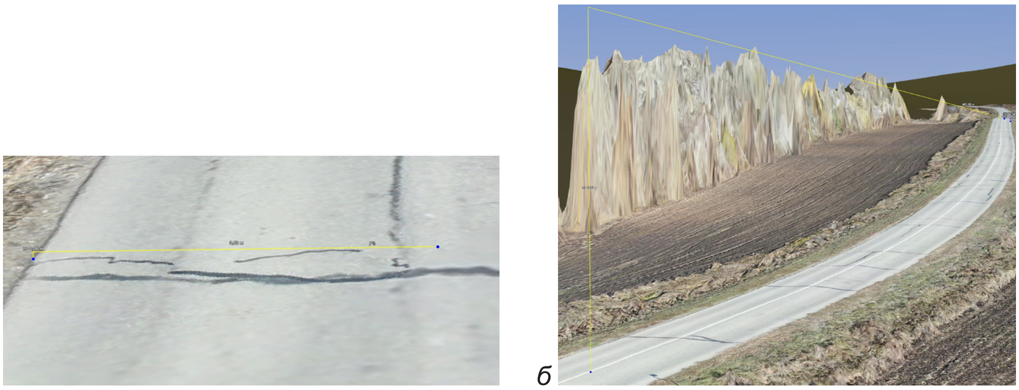
а б


Рисунок 4 – Фактические обстоятельства дорожно-транспортного происшествия:
а – положение транспортных средств в момент столкновения;
б – цифровая модель участка дорожно-транспортного происшествия
Источник: составлено автором.

Figure 4 – The actual circumstances of the road traffic accident,
a -position of vehicles at the time of the collision, b- digital model of the road accident site
Source: compiled by the author.



а б

Рисунок 5 – Параметры, определенные по цифровой модели:
а – поперечный профиль проезжей части дороги; б – продольный уклон дороги
Источник: составлено автором.

Figure 5 – Parameters determined from the digital model,
a - transverse profile of the carriageway, b - longitudinal slope of the road
Source: compiled by the author.

Одним из оснований для привлечения водителя автомобиля КамАЗ-5320 к ответственности послужило наличие пятна розлива охлаждающей жидкости на полосе движения автомобиля ВАЗ-2112. Для анализа механизма происшествия была составлена цифровая модель участка ДТП или, другими словами, цифровой двойник дороги (см. рисунок 4, *б*). Следует указать, что время съемки одного километра дороги с БПЛА составило 10 мин, время обработки данных в программном комплексе Agisoft Metashape – около 1 ч. Необходимо повторить, что на цифровой модели отображается вся полнота данных, имеющихся на момент проведения осмотра. Например, если следы движения транспортного средства после ДТП будут припорошены снегом и визуально трудно различимы, то на карте высот цифровой модели они видны (см. https://youtu.be/weLBGr8_t0s). В частности, на рисунке 5, *а* показано, что поперечный уклон двускатной дороги составляет 6 см на ширину полосы 3,5 м, а на рисунке 5, *б* видно, что продольный уклон равен 17,37 м на длине участка 481,38 м. Таким образом, цифровая модель наглядно показывает, в каком направлении будет течь охлаждающая жидкость после разгерметизации системы охлаждения автомобиля, а именно от середины проезжей части дороги к обочине, и вниз по уклону, то есть на полосу движения легкового автомобиля. Необходимо подчеркнуть, что в материалах дела рассматривается ровный и горизонтальный участок дороги, поскольку замеры поперечного и продольного уклона дороги не производились.

Также следует отметить, что при проведении по данному ДТП транспортно-трасологической экспертизы потребовалось доставить поврежденные транспортные средства на ровную горизонтальную площадку и совмещать парные участки с помощью автомобильного крана. Вполне очевидно, что данная процедура потребовала не только значительных финансовых, но и временных затрат. В случае если бы при осмотре места происшествия была сформирована цифровая модель участка ДТП, включающая и цифровые модели транспортных средств, то при проведении транспортно-трасологической экспертизы эксперт мог получить всю полноту информации о следах на месте происшествия и о взаимных повреждениях транспортных средств. Более того, полностью отсутствует необходимость транспортировки поврежденных транспортных средств для проведения исследования. На рисунках 1 и 3, *а* наглядно продемонстрировано, что по цифровой модели транспортного средства можно получить всю полноту информации о любом из повреждений (размеры, форма и т.п.) и сопоставить их между собой по форме, размерам и в конечном счете механизму образования (см. https://youtu.be/weLBGr8_t0s).

Важным обстоятельством является то, что цифровая модель участка ДТП и транспортных средств может быть приобщена как к материалам дела в целом, так и к заключению эксперта в частности, что позволит повысить достоверность проведенного исследования.

Таким образом, на конкретном примере с учетом рекомендаций[3] [21,22] показано, что транспортно-трасологическое исследование на базе цифровой модели участка ДТП и транспортных средств может обладать большей полнотой, обоснованностью, проверяемостью, категоричностью и наглядностью выводов по сравнению с традициоными методами.

Также необходимо отметить, что цифровая модель может неограниченно долго храниться, что делает возможным успешное проведение дополнительных и повторных экспертиз. Стоит напомнить, что в настоящее время имеют место многочисленные случаи, когда, в связи с изменением дорожной обстановки или утратой транспортных средств, проведение дополнительных или повторных экспертиз зачастую невозможно.

В работах [23, 24, 25] показано, что в связи с четвертой индустриальной революцией, заключающейся в переходе на полностью автоматизированное цифровое производство, насущной необходимостью является использование новых технологий в судебной экспертизе, и в транспортной трасологии в частности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментально доказано, что точность цифровой модели полностью соответствует фактическим размерам.

Наглядно показано, что цифровая модель участка ДТП или транспортного средства является не просто иллюстрацией, а основой для формирования выводов, поскольку ее можно приобщить как к заключению эксперта с целью возможности воспроизведения и верификации (условие проверяемости и достоверности), так и к материалам административного или уголовного дела, в случае, если она выполнялась на этапе осмотра места происшествия.

Подтверждено, что цифровая модель может храниться без изменений неограниченно долго, в отличие от следов на месте происшествия и транспортных средств.

Продемонстрировано, что транспортно-трасологическое исследование на основе цифровой модели не требует больших организационных и временных затрат, что сокращает сроки и стоимость проведения экспертизы.

Настоящим исследованием подтверждено, что использование данного метода позволяет получать исходные данные, наиболее полно описывающие вещную обстановку места происшествия.

Установлено, что предлагаемый метод соответствует как в целом цифровой трасологии, так и современной классификации диагностических задач судебных транспортно-технических экспертиз и позволяет проводить транспортно-трасологические экспертизы на высоком научно-техническом уровне.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кулагин А. Д. Возможности и проблемы автотехнической и транспортно-трасологической экспертизы при расследовании преступлений, связанных с инсценировкой или фальсификацией дорожно-транспортных происшествий // Интеграция наук. 2018. Т.23, № 8. С. 336–340.

2. Беляев М. В., Четвергов М. А. К вопросу о современных способах моделирования дорожно-транспортных происшествий // Вестник Московского университета МВД России. 2018. № 4. С. 5–11.

3. Беляев М. В. К вопросу о методических положениях транспортно-трасологической экспертизы // Вестник Московского университета МВД России. 2019. № 1. С. 9–12.

4. Демидова Т. В., Беляев М. В. Применение инновационных технологий при осмотре мест дорожно-транспортных происшествий // Вестник Академии экономической безопасности МВД России. 2015. № 2. С. 72–76.

5. Бондаренко А. А. Применение фотограмметрических методов для фиксации обстановки дорожно-транспортного происшествия // Судебная экспертиза: научно-практический журнал. 2005. № 3. С 36–38.

6. Добромиров В. Н., Евтюков С. С. Голов Е. В. Современные технологии первичного осмотра места дорожно-транспортного происшествия // Вестник гражданских инженеров. 2017. Т. 61, № 2. С. 232–239.

7. Сараев А. В., Данец С.В. Методы исследования дорожно-транспортных происшествий с использованием современных автоматизированных средств // Наука и техника. 2019. Т. 18, № 3. С. 256–264. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-264

8. Думнов С. Н. К вопросу о применении метода лазерного 3D-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2019. Т. 90, № 3. С.133–145. DOI: 10.24411/2312-3184-2019-00037

9. Graça N., Mitishita E., Gonçalves J. Photogrammetric mapping using unmanned aerialvehicle // ISPRS Technical Commission I Symposium: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (17–20 November 2014). Denver, Colorado, USA, 2014. Vol. XL–1. P. 129–133.

10. Gandor F., Rehak M., Skaloud J. Photogrammetric mission planner for RPAS // 2015 International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30 Aug–02 Sep 2015). Toronto, Canada, 2015. Vol. XL–1/W4. P. 61–65.

11. Mah S. B., Cryderman C. S. Implementation of an unmanned aerial vehicle system for large scale mapping // International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30 Aug–02 Sep 2015). Toronto, Canada, 2015. Vol. XL–1/W4. – P. 47–54.

12. Digital elevation model from non-metric camera in UAS compared with lidar technology/ O. M. Dayamit, M. F. Pedro, R. R. Ernestoa, B. L. Fernandoa // International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30 Aug–02 Sep 2015). – Toronto, Canada, 2015. Vol. XL–1/W4. – P. 411–413.

13. Ardestani S.M., Jin, P.J., Volkmann, O., Gong, J., Zhou, Z., Feeley, C., 2016. 3D Accident Site Reconstruction Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV). In: Presented in 95th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington DC, USA. Paper No. 16-5703.

14. Liu X.; Guan, Z.; Fan, Q.; Chen, Q.; Gao, T. Remote Sensing and Scene Reconstruction of Traffic Accident Based on Unmanned Aerial Vehicle Platform. In Proceedings of the 19th COTA International Conference of Transportation Professionals, Nanjing, China, 6–8 July 2019; pp. 3331–3342

15. Liu, X., Zou, H., Niu, W., Song, Y., He, W., 2019b. An approach of traffic accident scene reconstruction using unmanned aerial vehicle photogrammetry. In: Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Sensors, Signal and Image Processing, pp. 31–34

16. Škorput, P.; Mandžuka, S.; Greguri´c, M.; Vranˇci´c, M.T. Applying Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in Traffic Investigation. Process. Lect. Notes. Netw. Syst. 2020, 76, 401–405.

17. Pérez, J.A.; Gonçalves, G.R.; Rangel, J.M.G.; Ortega, P.F. Accuracy and Effectiveness of Orthophotos Obtained from Low Cost UASs Video Imagery for Traffic Accident Scenes Documentation. Adv. Eng. Softw. 2019, 132, 47–54. [CrossRef]

18. Недобитков А. И., Охотенко А. И. Использование Agisoft PhotoScan и беспилотного летательного аппарата в целях установления обстоятельств дорожно-транспортных происшествий // Вестник КазГЮИУ. 2020. Т.45, № 1. С.130–134.

19. Хлебникова Т. А., Опритова О. А. Экспериментальные исследования точности построения плотной цифровой модели по материалам беспилотной авиационной системы // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23, № 2. С.119–129.

20. Крутов С. А. Видеорегистратор как объект исследования судебных экспертиз // Теория и практика судебной экспертизы. 2021. Т. 16, № 1. С. 114–123.https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-1-114-123

21. Майлис Н. П. Методы моделирования при производстве судебных экспертиз как эффективное средство в доказывании // Вестник Московского университета МВД России. 2018. № 4. С.71–73.

22. Майлис Н. П. Роль инновационных технологий в развитии цифровой трасологии // Теория и практика судебной экспертизы. 2022. Т. 17, № 2. С. 18–22. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2022-2-18-22

23. Григорян В. Г. Новые объекты исследования судебных автотехнических экспертиз // Теория и практика судебной экспертизы. 2019. Т. 14, № 2. С. 84–91. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-84-91

24.Ильин Н. Н. Задачи судебных транспортно-технических экспертиз // Теория и практика судебной экспертизы. 2019. Т. 14, № 2. С. 35–42. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-35-42

25. Кокин А. В. Судебная экспертиза в эпоху четвертой индустриальной революции (Индустрии 4.0) // Теория и практика судебной экспертизы. 2021. Т. 16, № 2. С. 29–36. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-2-29-36

REFERENCES

1. Kulagin A. D. Vozmozhnosti i problemy avtotehnicheskoj i transportno-trasologicheskoj jekspertizy pri rassledovanii prestuplenij, svjazannyh s inscenirovkoj ili fal'sifikaciej dorozhno-transportnyh proisshestvij [Opportunities and Problems of Autotechnical and Transport-traceological Expertise in the Investigation of Crimes Related to Staging or Falsification of Road Traffic Accidents]. *Integracija nauk.* 2018; T. 23. no 8: 336-340. (in Russ.)

2. Beljaev M. V., Chetvergov M. A. K voprosu o sovremennyh sposobah modelirovanija dorozhno-trans¬portnyh proisshestvij [On the Question of Modern Modeling Methods Road Traffic Accidents]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii*. 2018; 4: 5-11. (in Russ.)

3. Beljaev M. V. K voprosu o metodicheskih polozhenijah transportno-trasologicheskoj jekspertizy [To the Question About the Methodological Provisions of the Transport -Technical Expertise.]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii.* 2019; 1:9-12. (in Russ.)

4. Demidova T. V., Beljaev M. V. Primenenie innovacionnyh tehnologij pri osmotre mest dorozhno-transportnyh proisshestvij [Application of Innovative Technologies When Inspecting Places of Road Traffic Accidents]. *Vestnik Akademii jekonomicheskoj bezopasnosti MVD Rossii*. 2015; 2: 72-76. (in Russ.)

5. Bondarenko A. A. Primenenie fotogrammetricheskih metodov dlja fiksacii obstanovki dorozhno-transportnogo proisshestvija [Application of Photogrammetric Methods for Recording the Situation of a Road Traffic Accident]. *Sudebnaja jekspertiza: nauchno-prakticheskij zhurnal.* 2005; 3: 36-38. (in Russ.)

6. Dobromirov V. N., Evtjukov S. S. Golov E. V. Sovremennye tehnologii pervichnogo osmotra mesta dorozhno-transportnogo proisshestvija [Modern Technologies of the Primary Inspection of the Road Accident Place]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2017; T. 61. № 2: 232-239. (in Russ.)

7. Saraev A. V., Danec S. V. Metody issledovanija dorozhno-transportnyh proisshestvij s ispol'zovaniem sovremennyh avtomatizirovannyh sredstv [Methods for Investigating Road Traffic Accidents Using Modern

Automated Means]. *Nauka i tehnika.* 2019; T. 18. no. 3: 256–264. https://doi.org/10.21122/2227-1031-2019-18-3-256-264 (in Russ.)

8. Dumnov S.N. K voprosu o primenenii metoda lazernogo 3D-skanirovanija pri proizvodstve sudebnoj avtotehnicheskoj jekspertizy [To the Question of the Application of the Method of Laser 3D Scanning in the Manufacture of Judicial Auto-Technical Examination]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii*. 2019; T. 90. no. 3: 133-145. DOI: 10.24411/2312-3184-2019-00037 (in Russ.)

9. Graça N., Mitishita E., Gonçalves J. Photogrammetric Mapping Using Unmanned Aerialvehicle. ISPRS Technical Commission I Symposium: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (17–20 November 2014).* Denver, Colorado, USA, 2014; Vol. XL–1: P. 129–133.

10. Gandor F., Rehak M., Skaloud J. Photogrammetric Mission Planner for RPAS. *2015 International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30 Aug–02 Sep 2015).* Toronto, Canada, 2015; Vol. XL–1/W4: P. 61–65.

11. Mah S. B., Cryderman C. S. Implementation of an Unmanned Aerial Vehicle System for Large Scale Mapping. *International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30 Aug–02 Sep 2015).* Toronto, Canada, 2015; Vol. XL–1/W4: 47–54.

12. Digital Elevation Model from Non-metric Camera in UAS Compared with Lidar Technology/ O. M. Dayamit, M. F. Pedro, R. R. Ernestoa, B. L. Fernandoa. *International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics*: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (30 Aug–02 Sep 2015). Toronto, Canada, 2015; Vol. XL–1/W4: 411–413.

13. Ardestani S. M., Jin, P. J., Volkmann, O., Gong, J., Zhou, Z., Feeley, C., 2016. 3D Accident Site Reconstruction Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV). In: Presented in 95th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington DC, USA. Paper No. 16-5703.

14. Liu, X., Guan, Z., Fan, Q., Chen, Q., Gao T. Remote Sensing and Scene Reconstruction of Traffic Accident Based on Unmanned Aerial Vehicle Platform. In Proceedings of the 19th COTA International Conference of Transportation Professionals, Nanjing, China, 6–8 July 2019; 3331–3342

15. Liu X., Zou H., Niu W., Song Y., He, W., 2019b. An Approach of Traffic Accident Scene Reconstruction Using Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry. In: Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Sensors, Signal and Image Processing. 2019: 31–34

16. Škorput P., Mandžuka S., Greguri´c, M., Vranˇci´c, M.T. Applying Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in Traffic Investigation. Process. Lect. Notes. Netw. Syst. 2020. 76. 401–405.

17. Pérez J. A.; Gonçalves G. R.; Rangel J. M. G.; Ortega, P.F. Accuracy and Effectiveness of Orthophotos Obtained from Low Cost UASs Video Imagery for Traffic Accident Scenes Documentation. Adv. Eng. Softw. 2019, 132, 47–54.

18. Nedobitkov A. I., Ohotenko A. I. Ispol’zovanie Agisoft PhotoScan i bespilotnogo letatel’nogo apparata v celjah ustanovlenija obstojatel’stv dorozhno-transportnyh proisshestvij [Agisoft PhotoScan and Unmanned Aerial Vehicle Use for the Purposes of Establishment of Circumstances of a Traffic Accident.]. *Vestnik KazGJuIU.* 2020; 45. no. 1:130-134. (in Russ.)

19. Hlebnikova T. A., Opritova O. A. Jeksperimental’nye issledovanija tochnosti postroenija plotnoj cifrovoj modeli po materialam bespilotnoj aviacionnoj sistemy [Experimental Studies of the Dense Digital Model Accuracy by Using]. *Vestnik SGUGiT*. 2018; 23. no. 2:119-129. (in Russ.)

20. Krutov S. A. Videoregistrator kak ob’ekt issledovanija sudebnyh jekspertiz [Video Recorder as an Object of Forensic Expert Analysis]. *Teorija i praktika sudebnoj jekspertizy.* 2021; 16. № 1:114–123. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-1-114-123 (in Russ.)

21. Majlis N. P. Metody modelirovanija pri proizvodstve sudebnyh jekspertiz, kak jeffektivnoe sred¬stvo v dokazyvanii [Methods of Modeling in the Production of Forensic Examinations as an Effective Tool in Proving]. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii*. 2018; 4: 71-73. (in Russ.)

22. Majlis N. P. Rol’ innovacionnyh tehnologij v razvitii cifrovoj trasologii [The Role of Innovative Technologies in the Development of Digital Traceology]. *Teorija i praktika sudebnoj jekspertizy*. 2022; T. 17. no. 2:18–22. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2022-2-18-22 (in Russ.)

23. Grigorjan V. G. Novye ob’ekty issledovanija sudebnyh avtotehnicheskih jekspertiz [The New Objects of Forensic Vehicle Examinations]. *Teorija i praktika sudebnoj jekspertizy*. 2019; 14. no. 2: 84–91. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-84-91 (in Russ.)

24. Il’in N. N. Zadachi sudebnyh transportno-tehnicheskih jekspertiz. *Teorija i praktika sudebnoj jekspertizy.* 2019; t. no. 14. 2: 35–42. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2019-14-2-35-42 (in Russ.)

25. Kokin A. V. Sudebnaja jekspertiza v jepohu chetvertoj industrial’noj revoljucii (Industrii 4.0) [Forensic Expertise in the Era of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0)]. *Teorija i praktika sudebnoj jekspertizy.* 2021; 16. no. 2: 29–36. https://doi.org/10.30764/1819-2785-2021-2-29-36 (in Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Недобитков Александр Игнатьевич – канд. техн. наук, старший научный сотрудник Центра превосходства.

ABOUT THE AUTHOR

Alexander I. Nedobitkov – Cand. Sci., Senior Research at the Center of Excellence.