

## Методика определения временных интервалов по видеозаписям

А.Г. Бояров<sup>1</sup>,  О.О. Власов<sup>1</sup>, И.С. Сипаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы при Министерстве юстиции Российской Федерации, Москва 109028, Россия

<sup>2</sup> Федеральное бюджетное учреждение Северо-Западный региональный центр судебной экспертизы Министерства юстиции Российской Федерации, Санкт-Петербург 191014, Россия

**Аннотация.** Видеозапись как продукт системы информационных и коммуникационных технологий занимает определенное место в развитии общества. Проблема криминалистического исследования видеозаписей существует давно, трансформируясь вместе с развитием технических средств. Видеозаписи являются источниками фактических данных в делах, связанных с дорожно-транспортными происшествиями, когда помимо описания содержательной стороны дела необходимы вычисления и расчеты временных и пространственных характеристик.

Статья направлена на формирование единого методического подхода к установлению временных характеристик событий, зафиксированных на видеоизображениях, в рамках производства криминалистических экспертиз видеозаписей. Представлена схема выбора корректного источника данных при определении временных интервалов, описаны пошаговая последовательность действий эксперта для решения поставленного перед ним вопроса и методы определения временных интервалов.

**Ключевые слова:** видеозапись, видеोगрамма, эксперт, исследуемый объект, методы и методика экспертного исследования видеозаписей, временные и пространственные характеристики, кадр видеозаписи, частота кадров, межкадровый интервал, счетчик времени устройства записи, гребенка

**Для цитирования:** Бояров А.Г., Власов О.О., Сипаров И.С. Методика определения временных интервалов по видеозаписям // Теория и практика судебной экспертизы. 2022. Т. 17. № 2. С. 58–69. <https://doi.org/10.30764/1819-2785-2022-2-58-69>

### Введение

Видеозаписи являются объективным способом фиксации криминалистически значимой информации: действий людей, состояния объектов и различных процессов в реальном масштабе времени. Они используются при расследовании преступлений и установлении обстоятельств происшествий, часто дорожно-транспортных, когда возникает необходимость определения временных интервалов между событиями, в том числе в качестве исходных данных для определения скорости и ускорения движения транспортных средств.

В экспертной практике встречаются устройства с определенными особенностями формирования видеोगрамм, стандартами и кодеками цифровой видеозаписи, иногда с некорректными данными о времени фиксации отдельных кадров, сбоями в работе часов устройства записи, с повторами и пропусками кадров. Это необходимо учи-

тывать при определении временных интервалов, чтобы избежать ошибок и повысить достоверность результатов исследований.

Значительное количество научных работ по различным аспектам криминалистического исследования видеозаписей посвящено поиску признаков монтажа [1–5]; определению размеров и расстояний [6–7], скорости транспортных средств [8–11]. При этом вопрос определения временных интервалов по видеозаписи освещается редко [12–14].

В методических рекомендациях ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России 2016 года [12] описаны основные проблемы определения временных интервалов и предложены подходы к их решению, однако экспертная практика показала необходимость их дальнейшего развития.

В настоящей работе представлена схема выбора корректного источника данных при определении временных интервалов, опи-

саны пошаговая последовательность действий эксперта для решения поставленного перед ним вопроса и методы определения временных интервалов.

### Термины

*Видеозапись (видеограмма)* – сигналы видеоизображения, записанные на носителе.

*Кадр видеозаписи* – единичное изображение из последовательности изображений, содержащихся в видеозаписи.

*PTS* (от англ. *presentation timestamp*) – момент начала отображения конкретного кадра видеозаписи на экране. Обычно отсчитывается от момента начала воспроизведения первого кадра видеозаписи.

*ЧУЗ (часы устройства записи)* – счетчик времени устройства записи, значения которого могут отображаться на кадрах видеозаписи, используются для датировки создания и изменения файлов видеозаписей.

*Межкадровый временной интервал (межкадровый интервал)* – время, прошедшее с момента фиксации одного кадра до момента фиксации следующего кадра.

*Гребенка* – набор маркеров (например, линий), отображающий изменение положения объекта в каждом кадре из исследуемой последовательности кадров.

### Область применения

Методика может применяться при исследовании любых видеозаписей (видеограмм) для определения временных интервалов между событиями. Она предназначена для использования экспертами (специалистами), обладающими специальными знаниями в области экспертизы видеозаписей.

### Источники данных для определения временных интервалов по видеозаписи

Существует четыре независимых источника данных для определения временных интервалов по видеограмме:

- значения PTS;
- показания ЧУЗ;
- величина смещения изображения объектов в соседних кадрах;
- события известной длительности, зафиксированные на видеограмме.

PTS извлекается кодеком из файла видеозаписи и задается разными способами в зависимости от формата. Например, в файлах формата RIFF/AVI задается только частота кадров, а увеличение длительно-

сти показа кадра возможно лишь кратно (за счет дублирования кадров или индексов). В формате MPEG-4/QTFF предусмотрено хранение длительности отображения для каждого кадра видеозаписи, которая может быть задана произвольно.

ЧУЗ предназначены для отображения на видеозаписи даты и времени фиксируемых событий. Они не всегда синхронизированы с источниками реального времени, в связи с чем их показания могут отличаться (иногда значительно) от фактического момента съемки. Смена показаний ЧУЗ может происходить со значительными нарушениями (нарушение последовательности значений, увеличенные или уменьшенные интервалы времени смены значений), поэтому временной интервал между фиксацией кадров, содержащих, например смену последовательных секундных показаний ЧУЗ, может не соответствовать длительности в 1 секунду.

Смещение изображений объектов в соседних кадрах позволяет оценить равномерность временных интервалов между ними. Для этого отмечаются положения перемещающегося объекта в последовательности кадров – производится построение гребенки.

Для видеозаписей со стационарных камер в качестве объекта может служить любой перемещающийся предмет, как правило, это движущийся автомобиль. Для видеозаписей, снятых нестационарными камерами (переносными, автомобильными видеорегистраторами и т. п.), допускается использование любых объектов, перемещающихся в плоскости кадра, элементы которого хорошо дифференцируются. При этом для анализа используются лишь фрагменты видеозаписей, на которых направление съемки (направление оптической оси устройства видеозаписи) изменяется незначительно или равномерно, а фокусное расстояние неизменно.

Для проверки корректности временных значений, определяемых по видеозаписи, допустимо использование информации о продолжительности событий известной продолжительности, зафиксированных в кадре. В ходе проверки реальная (известная) длительность таких событий сравнивается с их длительностью, определенной по видеозаписи. К примеру, реальная длительность сигналов светофорного объекта фиксируется в схемах его работы и может быть использована для сравнения с длительностью, определенной по видеозаписи.

### Выбор корректного источника данных для определения временных интервалов по видеозаписи

Одним из удобных источников данных при определении временных интервалов между событиями являются значения PTS. Они позволяют определять интервал времени между любыми кадрами видеозаписи с точностью до тысячных долей секунды. Однако в экспертной практике встречаются видеозаписи, временные интервалы между кадрами которых по PTS не всегда совпадают с интервалами времени между фиксацией этих кадров. Использование PTS с таких видеозаписей приводит к серьезным ошибкам.

Во избежание ошибок разработан метод выбора корректного источника данных о времени на видеозаписи. Блок-схема с условиями, определяющими последовательность действий эксперта, приведена на рис. 1.

Первым шагом выполняется блок 1, уточняется наличие ЧУЗ на изображении: если да, переходим к блоку 2; если нет – к блоку 4.

В блоке 2 проверяется соответствие показаний ЧУЗ показаниям PTS на длительном интервале. Для этого необходимо уточнить, совпадает ли продолжительность «длительного» временного интервала (рекомендуется не менее 5 сек.), определенная по ЧУЗ (между моментами смены значений секунд ЧУЗ), с длительностью этих интервалов по PTS: если совпадает, переходим к блоку 3; если длительность различается значительно (может повлиять на окончательные выводы)

ды) – к блоку 4. Проверку соответствия требуется провести вручную с использованием видеоплеера, который позволяет производить покадровый просмотр и отображает PTS кадров, либо с использованием специального программного обеспечения, которое позволяет проводить распознавание показаний ЧУЗ видеогаммы (например, СПО «DTP-Expert»).

В блоке 3 сопоставляется пропорциональность величины смещения изображений объектов от кадра к кадру к величине межкадрового интервала по PTS. Для этого строится гребенка – маркерами отмечается положение объекта в последовательности кадров. Если межкадровый интервал постоянный, то и смещения объектов должны быть одинаковыми (с учетом перспективных искажений и изменений скорости объекта). Если межкадровый интервал по PTS для кадров различается, то пропорционально должны отличаться и смещения объекта в плоскости кадра.

Например, если интервал по PTS между первым и вторым кадром видеогаммы в два раза меньше, чем между вторым и третьим, то и перемещение объекта от первого ко второму кадру должно быть в два раза меньше, чем перемещение от второго к третьему. Таким образом, если смещения объектов в кадре пропорционально межкадровым интервалам по PTS, переходим к блоку 9, если непропорционально – к блоку 6.

В блоке 4 проверяется наличие на видеозаписи изображения событий, временной интервал между которыми доподлинно известен (например, переключения сигналов

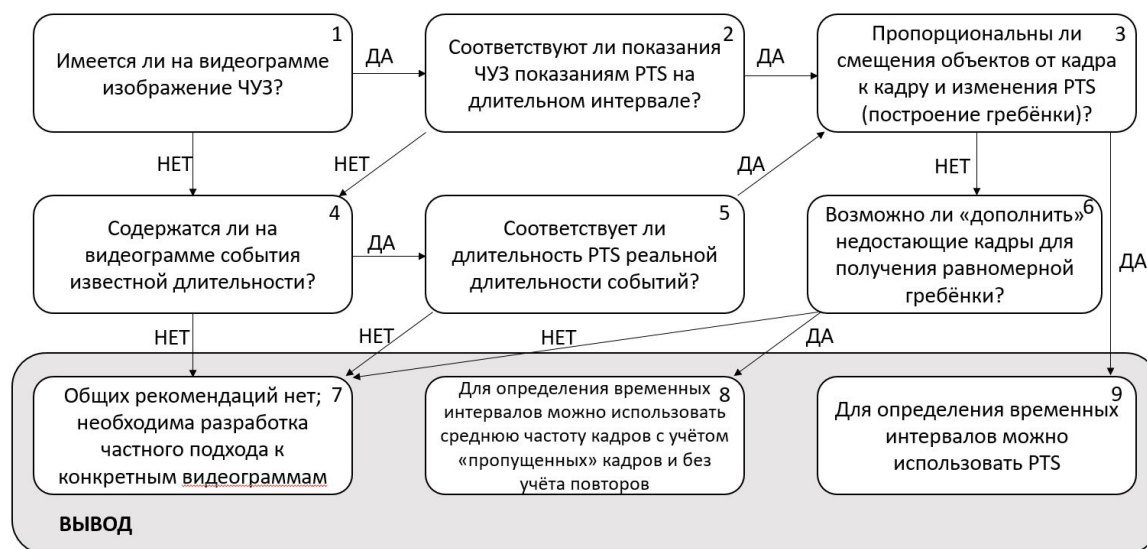


Рис. 1. Схема выбора корректного источника данных при определении временных интервалов по видеозаписи

на светофорных объектах) или может быть определен по экспериментальной видеозаписи: если события, интервал времени между которыми известен, имеются на видеозаписи, переходим к блоку 5; если нет – к блоку 7.

В блоке 5 сопоставляется известная длительность интервала между событиями, зафиксированными на видеограмме, с определяемой по PTS длительностью интервала между кадрами, фиксирующими эти события: если известная длительность соответствует длительности, определенной по PTS, переходим к блоку 3; если не соответствует – к блоку 7.

В блоке 6 анализируются интервалы гребенки, построенные в блоке 3. Если интервалы одинаковы (с учетом перспективных искажений и изменений скорости), переходим к блоку 8. Если интервалы различны, производится попытка их дробить, добавляя линии гребенки так, чтобы интервалы между ними стали одинаковыми (рекомендуется добавлять не более двух дополнительных линий между существующими). Если дополнительные линии, соответствующие пропущенным кадрам, могут быть добавлены так, что интервалы гребенки становятся одинаковыми, переходим к блоку 8; иначе – к блоку 7.

Блоки 7–9 содержат выводы о том, какие данные о времени могут быть использованы для определения длительности интервалов времени по исследуемой видеозаписи.

Переход по схеме в блок 9 означает, что по исследуемой видеозаписи определение значений временных интервалов, используя данные PTS, возможно.

Переход по схеме в блок 8 означает, что при использовании PTS для определения длительности временных интервалов для данной видеозаписи возможна ошибка, поэтому для определения временных интервалов необходимо использовать среднюю частоту кадров с учетом «пропущенных», и без учета повторов (по гребенке). Средняя частота кадров должна считаться на интервалах времени не менее 5 сек. Если на исследуемой видеозаписи нельзя построить гребенку на интервале длительностью не менее 5 сек., рекомендуется для определения временных характеристик использовать экспериментальную видеозапись.

Переход по схеме в блок 7 означает, что общих рекомендаций нет; требуется разработка частного подхода к конкретным виде-

озаписям с использованием экспериментальных записей, и др.

### **Определение интервалов времени между событиями**

Любая видеозапись содержит последовательность кадров. Для определения момента возникновения события необходимо выявить кадр  $N$ , в котором данное событие еще не произошло, и кадр  $P$ , в котором событие уже произошло. Следовательно, принимается, что событие произошло в момент времени между фиксацией кадров  $N$  и  $P$ .

При необходимости определения времени между двумя событиями используется следующая последовательность действий:

- для первого события определить  $N_1$  (кадр, в котором событие 1 еще не произошло) и  $P_1$  (кадр, в котором событие 1 уже произошло);
- для второго события определить  $N_2$  (кадр, в котором событие 2 еще не произошло) и  $P_2$  (кадр, в котором событие 2 уже произошло);
- определить минимальный интервал времени  $t_{\min}$  между событиями, равный интервалу времени между кадрами  $N_2 - P_1$ ;
- определить максимальный интервал времени  $t_{\max}$  между событиями, равный интервалу времени между кадрами  $P_2 - N_1$ .

Если в результате определения корректного источника данных по видеозаписи выявлено, что определение временных интервалов по PTS возможно (блок 9), то:

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \text{PTS}(N_2) - \text{PTS}(P_1); \\ t_{\max} &= \text{PTS}(P_2) - \text{PTS}(N_1). \end{aligned}$$

Если в результате определения корректного источника данных для определения временных интервалов по видеозаписи выявлена необходимость использования средней частоты кадров  $F$  с учетом пропущенных кадров и без учета повторяющихся (блок 8), необходимо:

- построить гребенку минимум на пятисекундном интервале для определения средней частоты кадров ( $F$ );
- построить гребенку для анализируемого интервала, если интересующие события не попали в вышеуказанный интервал;
- дополнить гребенку, поставив маркеры для пропущенных кадров;
- по построенной гребенке определить количество межкадровых интервалов между кадрами  $N_2$  и  $P_1$  (обозначим вычисление количества кадров, как  $K(N_2, P_1)$ );



- по построенной гребенке определить количество межкадровых интервалов между кадрами  $N_1$  и  $P_2$  ( $K(P_2, N_1)$ );

- $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  рассчитываются по формулам:

$$t_{\min} = K(N_2, P_1)/F;$$

$$t_{\max} = K(P_2, N_1)/F.$$

Таким образом, момент возникновения события определяется с минимальным интервалом в один кадр. Если качество изображения не позволяет определить момент возникновения события с точностью до кадра, интервал может быть увеличен до нескольких кадров.

В некоторых случаях, когда событие связано с движением объекта, допускается уточнение момента возникновения события по местоположению перемещающихся объектов. Например, если необходимо определить момент времени, в который транспортное средство передними колесами пересекает стоп-линию (рис. 2, 3), и четкость изображения достаточна для более точного позиционирования, то интервал может быть уточнен по положению объекта в кадрах.

Для данного примера утверждается, что пересечение стоп-линии происходит в момент времени не ранее, чем  $t_N$  – момент времени (от начала видеозаписи) формирования кадра  $N$  и не позднее, чем  $t_{N+1}$  – момент времени формирования кадра  $N+1$ , таким образом, автомобиль пересек стоп-линию во временном интервале  $[t_N, t_{N+1}]$ .

Если автомобиль двигался с незначительным изменением скорости, то с учетом его перемещения можно сузить временной интервал. Принимая во внимание положение автомобиля в кадрах  $N$  и  $N+1$ , начало интервала уточняется делением его пополам. В результате момент пересечения произошел не ранее, чем в момент времени  $t_N + (t_{N+1} - t_N)/2$ . Тем самым вдвое сужается временной интервал  $[t_N + (t_{N+1} - t_N)/2, t_{N+1}]$ .

Определение момента возникновения таких событий, как переключение сигналов светофора или включение световых сигналов транспортных средств с точностью более одного межкадрового интервала невозможно даже для видеозаписей высокого качества. Для видеозаписей низкого качества точность может снижаться, а момент возникновения события определяться лишь в диапазоне, равном нескольким межкадровым интервалам.

Иногда определяется интервал времени, прошедший между фиксацией конкретных кадров, а не между какими-либо событиями. Тогда по вышеуказанной схеме определяется корректный источник времени, и по нему определяется временной интервал. Если этот определенный интервал времени используется для вычисления скорости, то расстояние, пройденное объектом, скорость которого вычисляется, необходимо определять с погрешностью. В этом случае погрешность определения времени незначительна по сравнению с погрешностью определения расстояния, и ею можно пренебречь.

В результате применения разных методов определения времени между событиями (или в результате использования разных объектов исследования) могут получиться различные временные интервалы. Если полученные интервалы пересекаются, то результаты не противоречат друг другу. Пересечение интервалов полагается общим результатом применения методов. Результаты считаются расходящимися, если полученные интервалы не пересекаются.

### Заключение

Определение временных интервалов по видеозаписи производит впечатление довольно простой задачи, однако ее решение без учета особенностей видеозаписей



**Рис. 2.** Кадр  $N$ . Автомобиль не доехал до стоп-линии



**Рис. 3.** Кадр  $N+1$ . Автомобиль переехал стоп-линию

может приводить к серьезным ошибкам. Например, неправильный расчет скорости движения транспортных средств по видеозаписям ведет к ошибочным выводам в автотехнических экспертизах, которые используют результаты экспертизы видеозаписей в качестве исходных данных.

Применение представленной методики, основанной на обобщении многолетней экспертной практики, позволит избежать ошибок при определении временных интервалов по видеозаписям и тем самым будет способствовать повышению обоснованности и достоверности выводов экспертов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Haji Ali N., Harun F. Video Forgery Detection Based-on Passive (Blind) Approach // Journal of Advances in Technology and Engineering Research. 2019. Vol. 5. No. 5. P. 199–206. <http://doi.org/10.20474/jater-5.5.2>
- Yao Y, Cheng Y, Li X. Video Objects Removal Forgery Detection and Localization // Nicograph International. 2016. P. 137. <http://doi.org/10.1109/nicoint.2016.30>
- Bozkurt I., Bozkurt M.H., Uluta G. A New Video Forgery Detection Approach Based on Forgery Line // Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences. 2017. Vol. 25. No. 6. P. 4558–4574. <http://doi.org/10.3906/elk-1703-125>
- Ravi H., Subramanyam A.V, Gupta G., Kumar B.A. Compression Noise Based Video Forgery Detection / 2014 IEEE International Conference on Image Processing (Paris, October 27–30, 2014). IEEE, 2014. P. 5352–5356. <http://doi.org/10.1109/icip.2014.7026083>
- Rangnath M.K.S., Borse M.S. Detection of Forgery Part in Forgery Image Using Color Intensity // International Journal of Emerging Trends in Science and Technology. 2016. Vol. 3. No. 2. P. 3512–3518. <https://ijetst.in/index.php/ijetst/article/view/974>
- Olver A.M., Guryn H., Liscio E. The Effects of Camera Resolution and Distance on Suspect Height Analysis Using PhotoModeler // Forensic Science International. 2021. Vol. 318. P. 110601. <http://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110601>
- Valock F., Draho P., Haffner O. Measure Distance between Camera and Object Using Camera Sensor // Cybernetics & Informatics. 2020. P. 1–4. <http://doi.org/10.1109/ki48306.2020.9039879>
- Javadi S., Dahl M., Pettersson M.I. Vehicle Speed Measurement Model for Video-based Systems // Computers & Electrical Engineering. 2019. Vol. 76. P. 238–248. <http://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.04.001>
- Nguyen T.T., Pham X.D., Song J.H., Jin S., Kim D., Jeon J.W. Compensating Background for Noise due to Camera Vibration in Uncalibrated-Camera-Based Vehicle Speed Measurement System // Transactions on Vehicular Technology. 2011. Vol. 60. No. 1. P. 30–43. <http://doi.org/10.1109/tvt.2010.2096832>
- Dehghani A., Parsayan A. Single Camera Vehicles Speed Measurement / 2013 8<sup>th</sup> Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing (Zanjan, September 10–12, 2013). IEEE, 2013. P. 190–193. <http://doi.org/10.1109/iranianmvip.2013.6779976>
- Czapla Z. Vehicle Speed Estimation with the Use of Gradient-based Image Conversion into Binary Form / 2017 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (Poznan, September 20–22, 2017). IEEE, 2017. P. 213–216. <http://doi.org/10.23919/spa.2017.8166866>
- Петров С.М., Бояров А.Г., Власов О.О., Кривошеков С.А., Шавыкина С.Б., Амелин В.А. Определение по видеозаписям, фиксирующим событие дорожно-транспортного происшествия, положения и параметров движения его участников. Метод. рекомендации для экспертов. М.: ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России, 2016. 88 с.
- Власов О.О., Бояров А.Г. Определение временного интервала между кадрами видеозаписи в экспертной практике / Актуальные вопросы экспертизы видеозаписей: материалы всероссийского семинара (г. Нижний Новгород, 13–17 мая 2013 г.). Н. Новгород, 2014. С. 230–241.
- Considerations for the Use of Time-Based Analysis of Digital Video for Court. Version: 1.0 (September 17, 2020). Scientific Working Group on Digital Evidence (SWGDE). 2020. 7 p. <https://drive.google.com/file/d/1GGRTevQMhEHpv6XWQmO-jEJs2FUE2ds/view>

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бояров Александр Григорьевич** – ведущий государственный судебный эксперт лаборатории судебных экспертиз видео- и звукозаписей ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: sass2002@yandex.ru

**Власов Олег Олегович** – заведующий лабораторией судебных экспертиз видео- и звукозаписей ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России; e-mail: lseviz@mail.ru

**Сипаров Иван Сергеевич** – старший государственный судебный эксперт отдела исследования экстремистских материалов, видео- и звукозаписей ФБУ Северо-Западный РЦСЭ Минюста России; e-mail: info@forensic-experts.ru

*Статья поступила: 14.03.2022*

*После доработки: 13.04.2022*

*Принята к печати: 30.05.2022*

## Methodology for Determining Time Intervals by Video Recordings

Alexander G. Boyarov<sup>1</sup>,  Oleg O. Vlasov<sup>1</sup>, Ivan S. Siparov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Russian Federal Centre of Forensic Science of Ministry of Justice of the Russian Federation, Moscow 109028, Russia

<sup>2</sup>The North-Western Regional Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation, St. Petersburg 191014, Russia

**Abstract.** Video recording as a product of informational and communication technologies has a specific place in the development of the society. The problem of forensic analysis of video recordings has a long history and transforms along with the development of technical means. Video recordings are a valuable source of factual data on cases involving traffic accidents, when in addition to describing the content-related side of the case, it is necessary to make certain calculations of temporal and spatial characteristics. The paper aims to form a unified methodological approach to establishing the temporal characteristics of events recorded on a video as part of forensic analysis of video footage. The authors present a framework for selecting a correct source of data when determining time intervals, describe a step-by-step sequence of actions for an expert to solve the question put to him, and the methods to determine time intervals.

**Keywords:** *video recording, videogram, expert, object under study, methods and techniques for expert analysis of video recordings, temporal and spatial characteristics, video recording frame, frame rate, frame interval, recorder time counter, grid*

**For citation:** Boyarov A.G., Vlasov O.O., Siparov I.S. Methodology for Determining Time Intervals by Video Recordings. *Theory and Practice of Forensic Science*. 2022. Vol. 17. No. 2. P. 58–69.

<https://doi.org/10.30764/1819-2785-2022-2-58-69>

### Introduction

Video footage is an objective way to record forensically significant information: people's actions, the state of objects and various processes in real time. They are widely used in crime investigations and for establishing the circumstances of incidents, often traffic accidents, when there is a need to determine time intervals between events, including as input data for determining the speed and acceleration of vehicles.

In expert practice there are many devices with some peculiarities of the recording process, standards and codecs of digital video recording. Also sometimes there is incorrect time data for particular frames, malfunctions of the inner clock of the recording device, with repetitions and frame drops. These features must be considered when establishing time intervals to avoid errors and increase the reliability of research results.

Many scientific papers on various aspects of forensic analysis of video recordings are devoted to the search of signs of editing [1–5], establishing the sizes and distances [6–7], as well as to determining the speed of vehicles

[8–11]. At the same time, the issue of assessing time intervals by video recording is rarely covered in scientific papers [12–14].

The methodological recommendations of the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation of 2016 [12] describe the main problems of determining time intervals and suggest approaches to solving them, however expert practice has shown the need for their further development.

This paper presents a scheme for selecting the correct data source when establishing time intervals, describes a step-by-step sequence of actions for an expert to solve the question put to him, and the methods to determine time intervals.

### Terms

*Video recording (videogram)* – video signals recorded on a media storage.

*Video frame* is a single image from a sequence of images contained in a video recording.

*PTS (presentation timestamp)* – the moment when a specific video frame starts to be

displayed on the screen. Usually counted from the moment the first frame of the video starts playing.

*Recorder Clock Timestamp (RCT)* is a recorder timer that can be displayed on video frames and is used to assign date and time of creation and modification of video files.

*Interframe time interval (interframe interval)* is the time elapsed from the moment of fixing one frame to the moment of fixing the next frame.

*Grid* is a set of markers (for example, lines) that refer to the position of an object in each frame of the sequence.

### Methodology application

The proposed methodology can be used in the study of any video recordings for which it is necessary to determine the time intervals between events. The technique is intended to be used by forensic video experts or any other specialists in the field of forensic video recordings examination.

### Data sources for determining time intervals by video recordings

There are four independent time data sources for time intervals determination from a video recording:

- PTS values;
- indications of timestamp;
- value of the object image movement in a set of frames;
- events of known duration recorded on the video.

PTS is extracted by the codec from the video file properties. PTS is set in different ways depending on the file format. For instance, in RIFF AVI file format, the only parameter is the frame rate, and frame display duration can be only multiplied due to duplication of frames or indexes. In MPEG4/QTFF there is a storage of the display duration for each frame of the video recording which can be assigned randomly.

Recorder Clock is designed to display the date and time of the recorded events on the video. RCT is not always synchronized with the real time, that is why the date- and timestamp value can differ from the real date and time of the recording (sometimes significantly). Timestamp value change displayed on the frame can occur with significant violations (violation of the sequence of RCT values, increased or decreased time intervals for changing of the RCT values), therefore, the time interval between fixed frames containing, for example, a

change in successive second values of RCT, may not be equal to the duration of 1 second.

Object's images shifts in consequent frames allow to evaluate the equality of time intervals between them. To do this, the positions of the moving object in the sequence of frames are marked – a grid is built.

For video recordings shot with stationary cameras any moving object can be such an object, usually, it is a moving car. For video recordings shot with a moving camera (car DVR, portable cameras, etc.), any object moving in the frame plane with well differentiated elements can be used to build a grid. In this case only those fragments of video recordings can be used that contain the scene with stable shooting direction (direction of the optical axis of the video recording device) where the shooting direction changes slightly or evenly, and focal length does not change.

To check the correctness of the time values established from the video recording, events of known duration captured on the video recording can be used. During the test, the real (known) duration of events must be compared with their duration determined from the video. It could be the signals of a traffic light: their real duration is recorded in the operation schemes of the traffic light station and can be used for comparison with the duration determined from the video recording.

### Selection of the correct data source for determining time intervals by a video recording

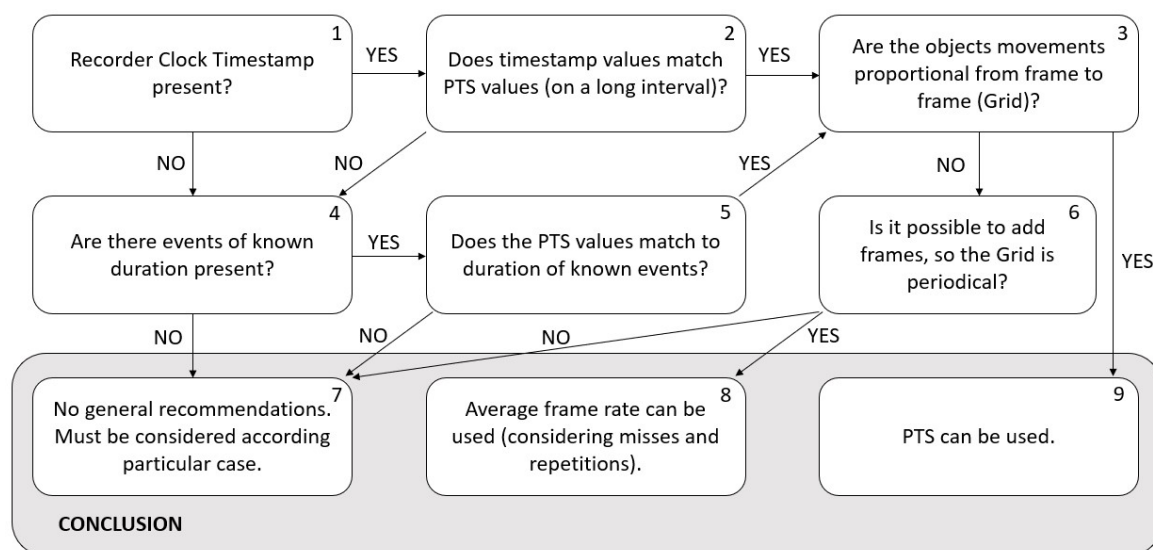
One of the most convenient sources of data for determining time intervals between events are PTS values. They allow to determine a time interval between any frames of a video recording with an accuracy of thousandths of a second. However, as expert practice shows, there are such video recordings that the time intervals between frames with known PTS do not match to the time intervals between shooting of these frames. Thus, the usage of PTS to determine the time intervals between events in such cases leads to significant errors.

To avoid such errors, there was developed a method to select the correct source of time data in a video recording. The block diagram describing the sequence of expert's actions is shown in Fig. 1.

The first step is block 1: to check for the RC Timestamp present on the frame. If the answer is "Yes" move on to block 2; if "No" – to block 4.

In block 2 it is required to check that the RC Timestamp values match the PTS values on a





**Fig. 1.** Correct time data source selection scheme during determining time intervals on a video recording

long interval of the video recording. To do that one needs to establish whether the duration of a “long” time interval (at least 5 seconds is recommended), determined by the RCT (between the moments of changing the values of the seconds of the RCT), coincides with the duration of these intervals by PTS: if the RCT and PTS values match, move on to block 3, if the duration differs significantly (may affect the final conclusions) – to block 4. The compliance can be checked manually using a video player that allows frame-by-frame viewing and displays PTS frames or using special software that allows reading the RCT of the videogram (for example, “DTP-Expert”).

In block 3 the expert compares the proportionality of the value of object image shift from frame to frame to the value of the interframe interval according to PTS. To do this, one must build a Grid – markers point the position of the object in the sequence of frames. If the interframe interval is constant, then the displacements of objects should be the same (considering perspective distortions and changes in the speed of the object). If the interframe interval given in PTS differs, then the displacements of the object in the plane of the frame should also differ proportionally.

For example, if the PTS interval between the first and second frames of a video recording is two times less than between the second and third, then the movement of the object from the first to the second frame should be two times less than the movement from the second to the third. Thus, if the displacements of objects in the frame are proportional to the interframe

intervals according to PTS, then move on to block 9, if not proportional, then go to block 6.

In block 4 the video is checked for presence of events with known duration, for instance, the lights switching at traffic lights, or the duration of which can be established from experimental videos. Thus, if events of known duration are present in the video, move on to block 5, if not – to block 7.

In block 5 the length of events with known duration are compared with the duration coming from PTS. If the known duration of the events corresponds to the PTS duration, then the scheme brings block 3, if not, then – block 7.

In block 6 the Grid intervals built in block 3 are analyzed. If the intervals are of the same length (considering perspective distortions and speed changes), then the next block is 8. If the intervals are different, then the expert must try to split them by adding more Grid lines, so that the intervals between them become the same (it is recommended to add no more than two additional lines between the existing ones). If additional lines that correspond to missed frames can be added in such a way that the Grid intervals become the same, then move on to block 8, otherwise – to block 7.

Blocks 7, 8, 9 contain conclusions about which time data source can be used to determine the duration of time intervals for the examined video evidence.

If the scheme brings the examiner to block 9, it means that it is possible to determine the values of time intervals using PTS data from the video recording.

If the block 8 is reached, then using PTS to determine the duration of time intervals for a given video recording can lead to an error. Therefore, to determine the time intervals, it is necessary to use the average frame rate, considering "missing" frames and without repetitions (by grid). The average frame rate should be calculated at time intervals of at least 5 seconds. If it is not possible to build a Grid at an interval of at least 5 seconds, it is recommended to use an experimental video recording to determine the time characteristics.

Reaching block 7 means that there are no general recommendations; it is necessary to develop a special approach to the particular video case. Experimental recordings can help a lot in this case.

### Determination of time intervals between events

Any video recording contains a sequence of frames. To determine the moment of occurrence of an event, it is necessary to identify frame N, in which this event has not yet occurred, and frame P, in which the event has already taken place. Then it is stated that the event occurred at the moment of time between the shooting of frames N and P.

If it is necessary to determine the time duration between two events, then the following sequence of actions must be carried out:

- for the first event, determine  $N_1$  (frame in which event 1 has not yet occurred) and  $P_1$  (frame in which event 1 has already happened);
- for the second event, determine  $N_2$  (frame in which event 2 has not yet occurred) and  $P_2$  (frame in which event 2 has already happened);
- determine the minimum time interval  $t_{\min}$  between events, equal to the time interval between frames  $N_2 - P_1$ ;
- determine the maximum time interval  $t_{\max}$  between events, equal to the time interval between frames  $P_2 - N_1$ .

If it is established after the scheme analysis that the time interval can be determined by PTS (Block 9), then:

$$\begin{aligned} t_{\min} &= \text{PTS}(N_2) - \text{PTS}(P_1); \\ t_{\max} &= \text{PTS}(P_2) - \text{PTS}(N_1). \end{aligned}$$

If it is established that the average frame rate (considering frame misses and repetitions) must be used (block 8), then:

- build a Grid on a five-second (at least) interval to determine the average frame rate (F);
- build a Grid for the analyzed interval, if the events did not fall into that interval;

- modify the Grid by placing markers for missed frames;

• using the Grid, determine the number of interframe intervals between frames  $N_2$  and  $P_1$  ( $K(N_2, P_1)$  as the function for number of frames calculation);

• using the Grid, determine the number of interframe intervals between frames  $N_1$  and  $P_2$  ( $K(P_2, N_1)$ );

•  $t_{\min}$  and  $t_{\max}$  are calculated according to the following equations:

$$\begin{aligned} t_{\min} &= K(N_2, P_1)/F; \\ t_{\max} &= K(P_2, N_1)/F. \end{aligned}$$

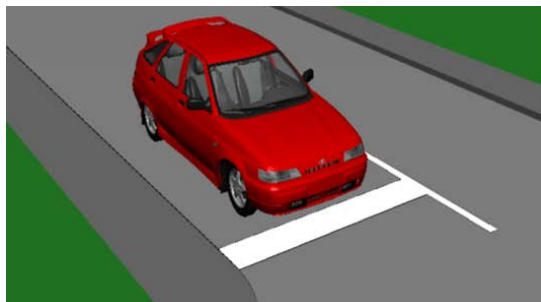
Thus, the moment of occurrence of the event is determined with a minimum interval of one frame. In cases where the image quality does not allow to determine the moment of occurrence of an event with an accuracy of one frame, the interval of occurrence of an event can be increased to several frames.

Sometimes, when the event is correlated with the movement of objects the moment of time can be established according to the movement of the object. For example, if it is required to determine the moment of time when the vehicle crosses the stop line with its front wheels (Fig. 2, 3) and the image quality is sufficient for more accurate positioning, then the interval can be refined by the position of the object in the frames.

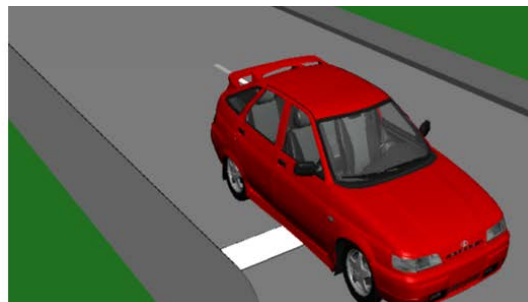
For this example, it cannot be argued that the stop line is crossed at a time not earlier than  $t_N$  – the time (from the beginning of the video recording) of the formation of frame N and not later than  $t_{N+1}$  of the time of formation of the frame N + 1, thus the car crossed the stop-line in the time interval  $[t_N, t_{N+1}]$ . If the car was moving with a slight change in speed, then the time interval can be narrowed down accordingly. Considering the position of the car in frames N and N + 1, it is possible to refine the beginning of the interval by splitting it in half. Consequently, it turns out that the moment of intersection occurred not earlier than at the time  $t_N + (t_{N+1} - t_N)/2$ . Thus, the time interval has been halved down  $[t_N + (t_{N+1} - t_N)/2, t_{N+1}]$ .

Determining the moment of occurrence of events such as switching traffic lights or turning on vehicle lights with an accuracy of more than one frame interval is impossible, even for high-quality video recordings. For low-quality video recordings, the accuracy may decrease, and the moment of occurrence of the event can be determined only in a range equal to several frame intervals.

In some cases, it is required to establish the time interval between particular frames, and



**Fig. 2.** Frame N. The car hasn't crossed the stop-line



**Fig. 3.** Frame N+1. The car has crossed the stop-line

not between events. Then, according to the above scheme, the correct time source is determined, and the time interval is established by it. If this specific time interval is used to calculate the speed of the vehicle, then the distance travelled by the object must be defined with a certain error. In this case the error in determining the time is insignificant compared to the error in determining the distance and can be neglected.

Application of different methods for determining the time between events (or using different objects of study) can result in different time intervals. If the obtained intervals intersect, then the results do not contradict each other. The intersection of intervals can be considered as a general result of the methods applied. The results are considered contradictory

if the obtained time intervals results do not intersect.

### Conclusion

Despite the task of time intervals determination seems to be simple, it is hard to resolve it without considering many features and details of video recordings which can lead to significant errors. For example, incorrect calculation of the speed of vehicles from video recordings leads to erroneous conclusions in vehicle examinations, which use the results of the analysis of video recordings as source data. The application of the described technique, based on the generalization of many years of expert practice, will allow avoiding errors in determining time intervals by video recordings and thereby will contribute to increasing the validity and reliability of expert conclusions.

### REFERENCES

1. Haji Ali N., Harun F. Video Forgery Detection Based-on Passive (Blind) Approach. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*. 2019. Vol. 5. No. 5. P. 199–206. <http://doi.org/10.20474/jater-5.5.2>
2. Yao Y, Cheng Y, Li X. Video Objects Removal Forgery Detection and Localization. *Nicograph International*. 2016. P. 137. <http://doi.org/10.1109/nicoint.2016.30>
3. Bozkurt I., Bozkurt M.H., Ulutaş G. A New Video Forgery Detection Approach Based on Forgery Line. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. 2017. Vol. 25. No. 6. P. 4558–4574. <http://doi.org/10.3906/elk-1703-125>
4. Ravi H., Subramanyam A.V, Gupta G., Kumar B.A. Compression Noise Based Video Forgery Detection. *2014 IEEE International Conference on Image Processing (Paris, October 27–30, 2014)*. IEEE, 2014. P. 5352–5356. <http://doi.org/10.1109/icip.2014.7026083>
5. Rangnath M.K.S., Borse M.S. Detection of Forgery Part in Forgery Image Using Color Intensity. *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*. 2016. Vol. 3. No. 2. P. 3512–3518. <https://ijetst.in/index.php/ijetst/article/view/974>
6. Olver A.M., Guryn H., Liscio E. The Effects of Camera Resolution and Distance on Suspect Height Analysis Using PhotoModeler. *Forensic Science International*. 2021. Vol. 318. 110601. <http://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110601>
7. Valocký F., Drahoš P., Haffner O. Measure Distance between Camera and Object Using Camera Sensor. *Cybernetics & Informatics*. 2020. P. 1–4. <http://doi.org/10.1109/ki48306.2020.9039879>
8. Javadi S., Dahl M., Pettersson M.I. Vehicle Speed Measurement Model for Video-based Systems. *Computers & Electrical Engineering*. 2019. Vol. 76. P. 238–248. <http://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.04.001>
9. Nguyen T.T., Pham X.D., Song J.H., Jin S., Kim D., Jeon J.W. Compensating Background for Noise due to Camera Vibration in Uncalibrated-Camera-Based Vehicle Speed Measurement System. *Transactions on Vehicular Technology*. 2011. Vol. 60. No. 1. P. 30–43. <http://doi.org/10.1109/tvt.2010.2096832>
10. Dehghani A., Parsayan A. Single Camera Vehicles Speed Measurement. *2013 8th Iranian Conference on Machine Vision and Image Processing (Zanjan, September 10–12, 2013)*. IEEE, 2013. P. 190–193. <http://doi.org/10.1109/iranianmvip.2013.6779976>

11. Czapla Z. Vehicle Speed Estimation with the Use of Gradient-based Image Conversion into Binary Form. *2017 Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications (Poznan, September 20–22, 2017)*. IEEE, 2017. P. 213–216.  
<http://doi.org/10.23919/spa.2017.8166866>
12. Petrov S.M., Boyarov A.G., Vlasov O.O., Krivoshechekov S.A., Shavykina S.B., Amelin V.A. *Determination from Video Recordings of the Event of a Traffic Accident, the Position and Parameters of the Movement of its Participants: Methodical Recommendations for Experts*. Moscow: RFCSC, 2016. 88 p. (In Russ.).
13. Vlasov O.O., Boyarov A.G. Determining the Time Interval between Video Frames in Expert Practice. In: *Actual Issues of Video Recording Examination: Materials of the Russian National Seminar (Nizhny Novgorod, May 13–17, 2013)*. N. Novgorod, 2014. P. 230–241. (In Russ.).
14. *Considerations for the Use of Time-Based Analysis of Digital Video for Court. Version: 1.0 (September 17, 2020)*. Scientific Working Group on Digital Evidence (SWGDE). 2020. 7 p. <https://drive.google.com/file/d/1GGRTevQMrhEHpv6XWQmO-jEJs2FUE2ds/view>

#### ABOUT THE AUTHORS

**Boyarov Alexander Grigorevich** — Leading State Forensic Expert of the Laboratory of Forensic Expertise of Video and Audio Recordings, the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation;  
e-mail: sass2002@yandex.ru

**Vlasov Oleg Olegovich** — Head of the Laboratory of Forensic Expertise of Video and Audio Recordings, the Russian Federal Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation; e-mail: lseviz@mail.ru

**Siparov Ivan Sergeevich** — Senior State Forensic Expert of the Department of Studies in Extremist Materials, Video and Audio Recordings of the North-Western Regional Centre of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation;  
e-mail: ivan@siparov.ru

*Received: March 14, 2022*

*Revised: April 13, 2022*

*Accepted: May 30, 2022*