

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ,
АВТОМАТИКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 004.93

DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_233

*А. Е. Колоденкова, М. О. Бочкарев*РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОРЕЖИВАНИЯ ВИДЕОПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ
НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ СХОДСТВА ЧЕРНО-БЕЛЫХ КАДРОВ

Аннотация. В настоящее время прореживание видеопоследовательностей играет важную роль в различных приложениях предварительной обработки видеоизображений, связанных с классификацией видеоизображений, обнаружением различных изменений и распознаванием объектов (дефектов, неисправностей, действий людей и т. п.). В работе предложен метод прореживания видеопоследовательностей, основанный на оценивании сходства двух последовательных черно-белых кадров с применением знаковой корреляционной функции вида «знак-знак» и коэффициентов ассоциативности, проверке соответствия рассчитанных значений метрик предельным интервалам и принятии решений относительно удаления кадров. Рассмотрена обобщенная схема предложенного метода с подробным описанием этапов, описан алгоритм поиска сходства и различий между двумя последовательными черно-белыми кадрами видеопоследовательностей. Метод позволяет уменьшить размер видеопоследовательностей за счет удаления избыточных или повторяющихся кадров, тем самым сокращая объем хранимой информации и повышая эффективность обнаружения ключевых моментов на видеоизображениях, полученных в условиях неконтролируемой среды. Представлены результаты исследований, которые показали, что предложенный метод позволяет сократить избыточность кадров в два раза без потери важной информации и качества видеопоследовательностей.

Ключевые слова: прореживание кадров, сходство кадров, видеопоследовательность, знаковая корреляционная функция вида «знак-знак», коэффициенты ассоциативности.

Для цитирования: Колоденкова, А. Е. Разработка метода прореживания видеопоследовательностей на основе оценки сходства черно-белых кадров / А. Е. Колоденкова, М. О. Бочкарев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 233–242. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_233.

Введение

В настоящее время предварительная обработка видеоизображений является критически важным этапом при подготовке данных для применения моделей, основанных на искусственных нейронных сетях при распознавании образов [1–3]. Одним из сложнейших этапов предварительной обработки видеоизображений является прореживание видеопоследовательностей, полученных в условиях неконтролируемой среды. Его сложность обусловлена нарастанием объемов видеоизображений вследствие постоянного увеличения числа видеокамер, устанавливаемых на объектах, засорением необходимых данных избыточными кадрами видеопоследовательностей, а также большим перекрытием соседними кадрами видеоизображений друг друга. Все это приводит к увеличению объема памяти и нагрузки на обработку видеопоследовательностей, а также к проблеме извлечения важной информации из различных фрагментов видеопоследовательностей.

Для решения данной проблемы необходимо применять современные эффективные методы и алгоритмы, которые позволят удалять избыточные кадры из видеопоследовательностей, оставляя лишь те кадры, которые наилучшим образом отражают ключевые моменты на видеозаписи.

Например, в работе [4] рассматривается подход для прореживания видеопоследовательностей, основанный на равномерной выборке с корректировкой шага и адаптивной выборке кадров с использованием визуальных (оптический поток, индекс структурного сходства) или семантических (представления признаков) различий. Для обучения и тестирования использовался набор данных *BDD100K*.

В работе [5] предлагается новый метод извлечения ключевых кадров, заключающийся в определении информативной области каждого кадра и выборе ключевых кадров на основе сходства между этими областями. Эксперименты проводились с использованием наборов данных *KTH* и *UCF-101* с

видеоклассификаторами на базе *ConvLSTM* (*Convolutional Long Short-Term Memory*). Результаты экспериментов показали эффективность предложенного метода, который позволяет надежно выбирать информативные кадры, тем самым повышая эффективность архитектур глубоких нейронных сетей для классификации видеоизображений.

В работе [6] предлагается метод извлечения ключевых кадров путем анализа масштаба и направления траектории движения на пространственно-временном срезе. В качестве показателя для извлечения ключевых кадров используются локальные и глобальные изменения состояния движения объекта. Кадры с отклонениями масштаба и направления траектории движения извлекаются в качестве ключевых кадров. Результаты экспериментов показали, что предложенный метод превосходит существующие современные методы с точки зрения точности для различных видеозаписей, требуя при этом меньше времени для вычислений.

Авторы работы [7] для измерения сходства изображений использовали алгоритм *ORB* (*Oriented Fast Rotated Brief*), индекс структурного сходства (*Structural Similarity Index, SSIM*), сходство пикселей, а также расстояние Левенштейна. Исследования показали, что алгоритм *ORB* работает быстрее по сравнению с другими метриками.

В работе [8] рассматривается подход к определению сходства набора данных с помощью векторных представлений на примере набора данных с изображениями лиц людей. Для получения векторных представлений использовалась сеть *ResNet18* без слоя классификации. Предлагается эффективная метрика сходства наборов данных, которая позволяет определять меру их сходства и выбирать набор данных, наиболее близкий к образцу.

Несмотря на большое количество публикаций по данной теме, прореживание видеопоследовательностей до сих пор является актуальной задачей, поскольку существующие методы имеют недостатки. Во-первых, большинство методов работают только со статичным видеоизображением; во-вторых, при выборе ключевых кадров не учитывается информация о движении объекта, что может привести к потере важной информации; в-третьих, методы, основанные на применении искусственных нейронных сетей, требуют значительных вычислительных ресурсов.

В связи с этим предлагается метод прореживания видеопоследовательностей, основанный на оценивании сходства двух последовательных черно-белых кадров с применением знаковой корреляционной функции вида «знак-знак» и коэффициентов ассоциативности, позволяющий свести избыточность кадров к минимуму за счет исключения дублирующих и повторяющихся кадров.

1 Обобщенная схема метода прореживания видеопоследовательностей

Обобщенная схема реализации метода прореживания видеопоследовательностей, состоящего из семи этапов, представлена на рис. 1.



Рис. 1. Обобщенная схема метода прореживания видеопоследовательностей

Этап 1. Формирование кадров. На данном этапе каждое исходное видеоизображение преобразуются в упорядоченную видеопоследовательность кадров V с использованием библиотеки *OpenCV* и декодера *FFmpeg*

$$V = \{f_1, f_2, \dots, f_k\},$$

где k – число кадров; f_i – текущий кадр; $i = k$, $H \times W \times C$ – размерность кадра; H – высота изображения в пикселях; W – ширина изображения в пикселях; C – количество каналов.

Этап 2. Представление кадров в матричной форме. Пусть текущий кадр $f_i(x, y)$ содержит H строк и W столбцов, тогда значения координат (позиции) (x, y) становятся дискретными величинами, для которых для большей наглядности и удобства записи используются целые значения (рис. 2).

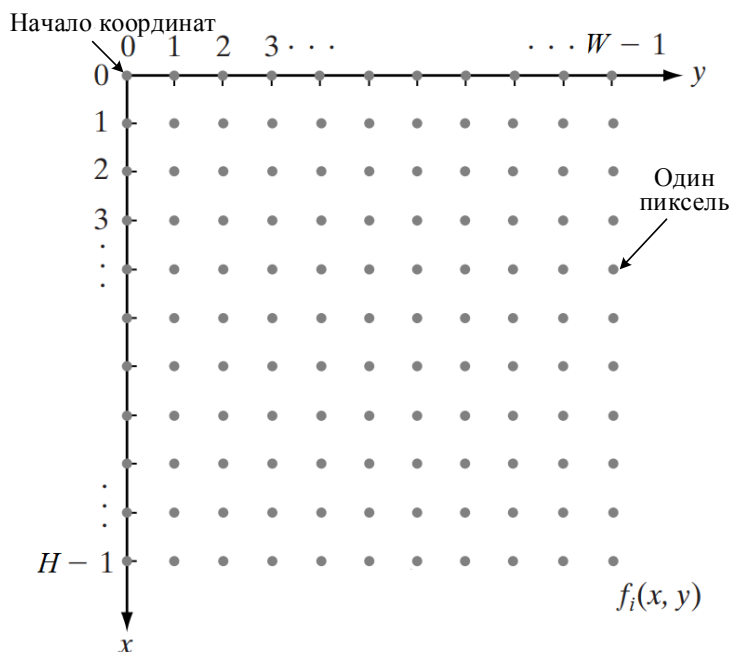


Рис. 2. Представление кадра

Таким образом, значения координат в начале системы координат равны $(x, y) = (0, 0)$. Следующие значения координат в первой строке кадра представлены в виде $(x, y) = (0, 1)$.

Следовательно, текущий кадр $f_i(x, y)$ размером $H \times W$, $C = 1$ можно представить в компактной матричной форме [9]:

$$f_i(x, y) = \begin{bmatrix} a(0, 0) & a(0, 1) & \dots & a(0, W-1) \\ a(1, 0) & a(1, 1) & \dots & a(1, W-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a(H-1, 0) & a(H-1, 1) & \dots & a(H-1, W-1) \end{bmatrix},$$

где a – значение интенсивности пикселя от 0 до 255 с координатами (x, y) .

Отметим, что сравнение двух кадров может выполняться по пикселям и по окнам. Размер окна был выбран от 8 до 34 пикселей с шагом 2.

Этап 3. Бинаризация кадров. На данном этапе осуществляется переход к черно-белым кадрам путем применения пороговой бинаризации с двойным условием:

$$f_i^*(x, y) = \begin{cases} 0, & a(x, y) \leq T, \\ 1, & a(x, y) > T, \end{cases}$$

где $f_i^*(x, y)$ – функция классификации пикселей (результат бинаризации); T – пороговое значение, которое подбирается экспериментально.

С учетом пороговой бинаризации текущий кадр $f_i(x, y)$ можно представить в следующей матричной форме:

$$f_i^*(x, y) = \begin{bmatrix} a^*(0, 0) & a^*(0, 1) & \dots & a^*(0, W-1) \\ a^*(1, 0) & a^*(1, 1) & \dots & a^*(1, W-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a^*(H-1, 0) & a^*(H-1, 1) & \dots & a^*(H-1, W-1) \end{bmatrix}.$$

Этап 4. Вычисление метрик. На данном этапе осуществляется сходство между двумя последовательными черно-белыми кадрами f_i f_{i+1} с применением коэффициентов ассоциативности [10]:

$$S_1 = \frac{p_{11}}{p_{10} + p_{11} + p_{01}}, S_2 = \frac{p_{11} + p_{00}}{p}, S_3 = \frac{p_{11}}{p},$$

и знаковой корреляционной функцией вида «знак-знак» [11]:

$$S_4 = \frac{2p_{11}}{2p_{11} + p_{10} + p_{01}}, S_5 = \frac{2(p_{11} + p_{01})}{p + p_{11} + p_{00}}, S_6 = \frac{p_{11}}{p_{11} + 2(p_{10} + p_{01})}, S_7 = \frac{p_{11} + p_{00}}{p_{11} + 2(p_{10} + p_{01})},$$

где $p = p_{00} + p_{01} + p_{10} + p_{11}$, p_{00} – частота, с которой приращения пикселей на первом и втором кадрах одновременно принимают черный цвет; p_{01} – частота, с которой приращение пикселя на первом бинарном кадре принимает черный цвет, а на втором бинарном кадре принимает белый цвет; p_{10} – частота, с которой приращение пикселя на первом бинарном кадре принимает белый цвет, а на втором бинарном кадре принимает черный цвет; p_{11} – частота, с которой приращения пикселей на первом и втором кадрах одновременно принимают белый цвет.

Значения метрик находятся в диапазоне $[0; 1]$, где 1 – указывает на сходство между кадрами видеопоследовательности, 0 – различие между кадрами.

Этап 5. Проверка соответствия значений метрик предельному интервалу. Оценивание сходства двух последовательных черно-белых кадров сводилось к проверке соответствия вычисленных метрик предельному интервалу, который задается на основе проведенных исследований.

По результатам проведенных исследований было установлено следующее:

1) *коэффициенты ассоциативности:*

– коэффициент S_1 чувствителен к явным отличиям. Рекомендуется использовать в качестве основного коэффициента для оценки общего сходства двух черно-белых кадров;

– коэффициент S_2 устойчив к явным отличиям, чувствителен к незначительным отличиям. Рекомендуется использовать в качестве основного коэффициента для оценки изменения фона;

– коэффициент S_3 чувствителен к изменениям освещения, а также к незначительным изменениям на кадре. При этом коэффициент устойчив к явным отличиям на кадрах. Не рекомендуется использовать в качестве основного коэффициента для обнаружения движения объекта;

2) *знаковая корреляционная функция вида «знак-знак»:*

– коэффициент S_4 устойчив к незначительным изменениям, чувствителен к явным отличиям.

При этом слабо реагирует на незначительные отличия и почти неотличимые кадры;

– коэффициент S_6 устойчив к явным отличиям, чувствителен к незначительным изменениям.

Показывает стабильные результаты при явных отличиях между кадрами;

– коэффициенты S_5 и S_7 показывают нестабильные результаты, поэтому их не рекомендуется использовать.

На основе проведенных авторами исследований предлагаются следующие шкалы для оценки сходства двух черно-белых кадров по пикселям с применением метрик S_1, S_2, S_3, S_4, S_6 (табл. 1).

Таблица 1

Оценки сходства черно-белых кадров по пикселям

Метрики	Численные значения	Вербальное описание
1	2	3
S_1	$[0, 0,7)$	Явные отличия
	$[0,7, 0,9)$	Незначительные отличия
	$[0,9, 1]$	Почти неотличимы
S_2	$[0, 0,9)$	Явные отличия
	$[0,9, 0,98)$	Незначительные отличия
	$[0,98, 1]$	Почти неотличимы

Окончание табл. 1

1	2	3
S_3	[0, 0,3)	Явные отличия
	[0,3, 0,6)	Незначительные отличия
	[0,6, 1]	Почти неотличимы
S_4	[0, 0,8)	Явные отличия
	[0,8, 0,95)	Незначительные отличия
	[0,95, 1]	Почти неотличимы
S_6	[0, 0,6)	Явные отличия
	[0,6, 0,83)	Незначительные отличия
	[0,83, 1]	Почти неотличимы

Шкалы для оценки сходства двух черно-белых кадров по окнам размера $N \times N$ пикселей с применением метрик S_1, S_2, S_3, S_4, S_6 приведены в табл. 2.

Таблица 2

Оценки сходства черно-белых кадров по окнам

Метрики	Численные значения	Вербальное описание
1	2	3
S_1	[0, 0,3)	Явные отличия
	[0,3, 0,8)	Незначительные отличия
	[0,8, 1]	Почти неотличимы
S_2	[0, 0,7)	Явные отличия
	[0,7, 0,9)	Незначительные отличия
	[0,9, 1]	Почти неотличимы
S_3	[0, 0,2)	Явные отличия
	[0,2, 0,7)	Незначительные отличия
	[0,7, 1]	Почти неотличимы
S_4	[0, 0,2)	Явные отличия
	[0,2, 0,65)	Незначительные отличия
	[0,65, 1]	Почти неотличимы
S_6	[0, 0,15)	Явные отличия
	[0,15, 0,72)	Незначительные отличия
	[0,72, 1]	Почти неотличимы

Этап 6. Формирование таблицы вычисленных метрик. На данном этапе для наглядности и удобства принятия решений относительно удаления избыточных кадров формируется таблица вычисленных метрик, где на пересечении столбца и строки находится вербальное описание, которое соответствует сравниваемым кадрам f_i и f_{i+1} .

Этап 7. Принятие решения относительно удаления кадров. На данном этапе рассматриваются условия принятия решения относительно удаления кадров:

1) если два последовательных кадра f_i и f_{i+1} почти неотличимы друг от друга, то один из двух кадров удаляется из видеопоследовательностей как избыточный;

2) если два последовательных кадра f_i и f_{i+1} имеют явные или незначительные отличия друг от друга, то кадры не удаляются из видеопоследовательностей.

Далее на рис. 3 представлен алгоритм, реализующий процедуру поиска сходства и различий между двумя последовательными черно-белыми кадрами по пикселям.

Новизна предложенного метода прореживания видеопоследовательностей заключается как в оценивании сходства двух последовательных черно-белых кадров на основе знаковой корреляционной функции вида «знак-знак» и коэффициентов ассоциативности, так и в проверке соответствия рассчитанных значений метрик предельным интервалам. Это позволяет принимать научно обоснованные решения относительно удаления избыточных кадров без риска потери важной информации и качества видеопоследовательностей, тем самым уменьшая объем памяти и сложность вычислений.

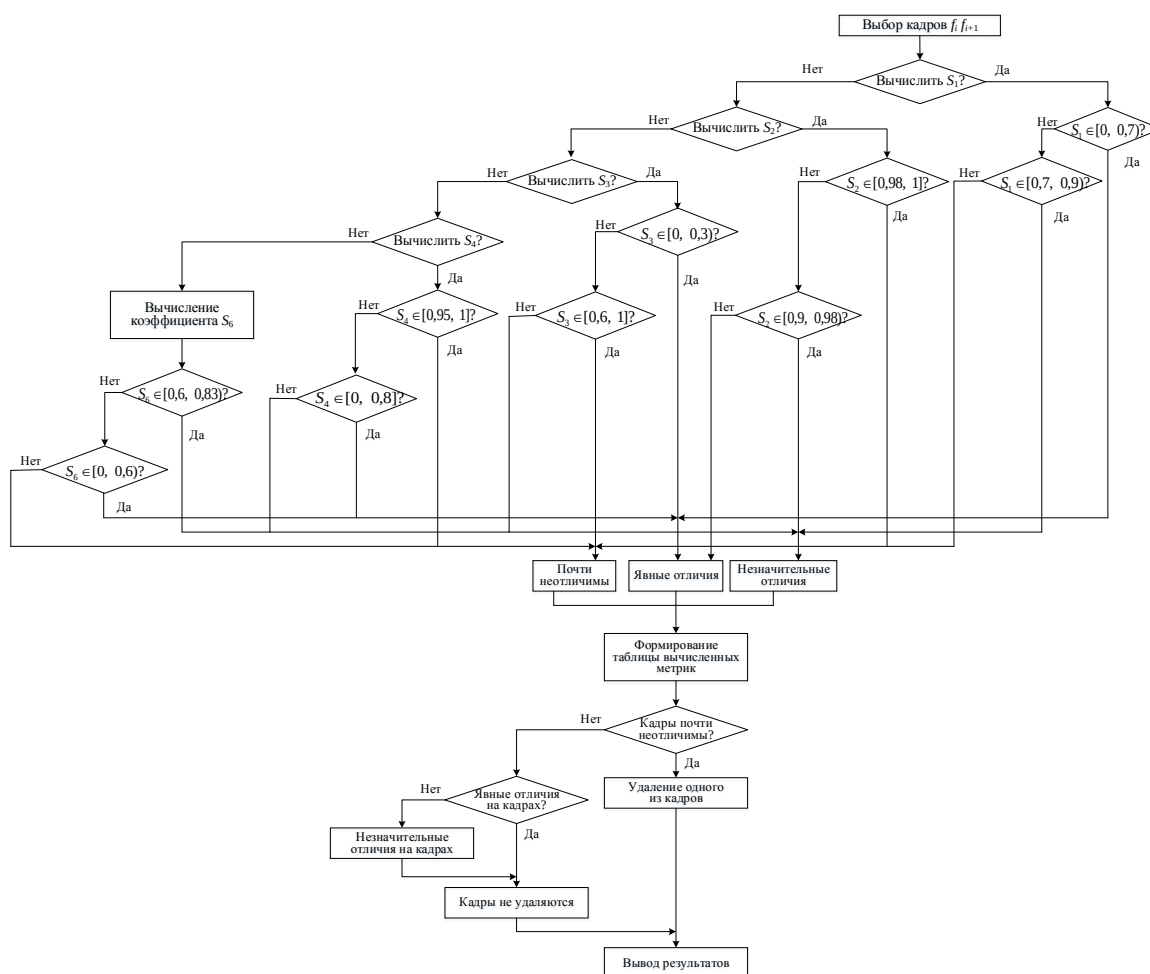


Рис. 3. Алгоритм поиска сходства и различий между черно-белыми кадрами по пикселям

2 Результаты исследования

Для оценивания сходства между двумя последовательными черно-белыми кадрами было взято 300 видеопоследовательностей (180 000 кадров) длиной 20 секунд и частотой кадров 30 кадров в секунду из набора данных *Intruder Recognition Dataset (IRD)*, который был разработан авторами. Данный набор содержит 300 различных действий людей, реальные нарушения и нештатные ситуации. В качестве порогового значения на этапе бинаризации кадров было выбрано $T = 126$.

Далее в качестве примера рассмотрены фрагменты исследований по оцениванию сходства двух последовательных черно-белых кадров с применением рассмотренных выше метрик.

На рис. 4 представлены кадры для эксперимента 1.

Фрагмент результатов сравнения двух черно-белых кадров для эксперимента 1 показан ниже:

- сравнение по окнам размером 8×8 : $S_1 = 0,66$, $S_2 = 0,77$, $S_3 = 0,47$, $S_4 = 0,8$, $S_6 = 0,42$;
- сравнение по окнам размером 14×14 : $S_1 = 0,49$, $S_2 = 0,78$, $S_3 = 0,45$, $S_4 = 0,56$, $S_6 = 0,4$;
- сравнение по окнам размером 22×22 : $S_1 = 0,47$, $S_2 = 0,78$, $S_3 = 0,44$, $S_4 = 0,56$, $S_6 = 0,39$;
- сравнение по окнам размером 28×28 : $S_1 = 0,45$, $S_2 = 0,79$, $S_3 = 0,41$, $S_4 = 0,53$, $S_6 = 0,36$;
- сравнение по окнам размером 34×34 : $S_1 = 0,5$, $S_2 = 0,79$, $S_3 = 0,42$, $S_4 = 0,6$, $S_6 = 0,39$;
- сравнение по пикселям: $S_1 = 0,66$, $S_2 = 0,77$, $S_3 = 0,47$, $S_4 = 0,8$, $S_6 = 0,5$.

Из результатов видно, что кадры, представленные на рис. 4, имеют явные отличия, следовательно, сравниваемые кадры не удаляются из видеопоследовательности.

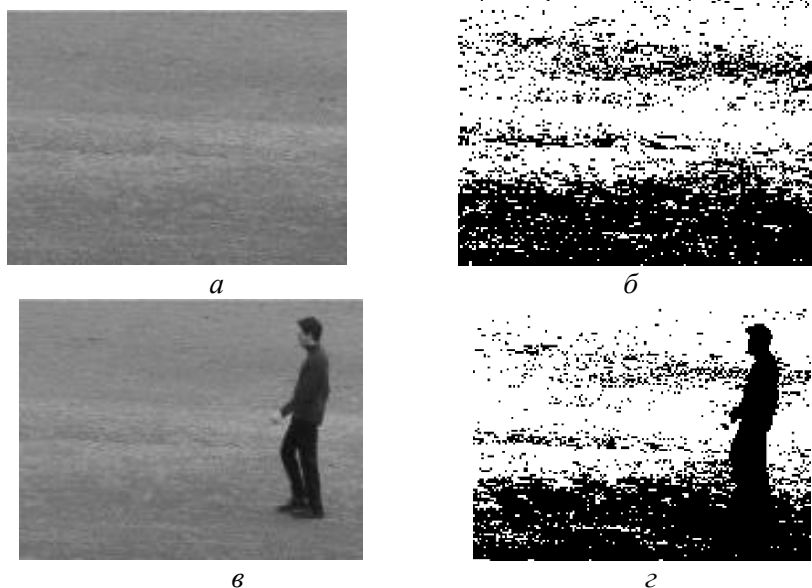


Рис. 4. Кадры для эксперимента 1:

а – исходный кадр № 1; *б* – бинарное представление кадра № 1;
в – исходный кадр № 2; *г* – бинарное представление кадра № 2

На рис. 5 представлены кадры для эксперимента 2.



Рис. 5. Кадры для эксперимента 2:

а – исходный кадр № 1; *б* – бинарное представление кадра № 1;
в – исходный кадр № 2; *г* – бинарное представление кадра № 2

Фрагмент результатов сравнения двух черно-белых кадров для эксперимента 2 показан ниже:

- сравнение по окнам размером 8×8 : $S_1 = 0,36$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,27$, $S_4 = 0,39$, $S_6 = 0,32$;
- сравнение по окнам размером 14×14 : $S_1 = 0,42$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,27$, $S_4 = 0,47$, $S_6 = 0,37$;
- сравнение по окнам размером 22×22 : $S_1 = 0,49$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,26$, $S_4 = 0,55$, $S_6 = 0,42$;
- сравнение по окнам размером 28×28 : $S_1 = 0,54$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,25$, $S_4 = 0,6$, $S_6 = 0,46$;
- сравнение по окнам размером 34×34 : $S_1 = 0,58$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,25$, $S_4 = 0,65$, $S_6 = 0,49$;
- сравнение по пикселям: $S_1 = 0,87$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,27$, $S_4 = 0,93$, $S_6 = 0,77$.

Из результатов видно, что кадры, представленные на рис. 5, имеют незначительные отличия, следовательно, сравниваемые кадры не удаляются из видеопоследовательности.

На рис. 6 представлены кадры для эксперимента 3.

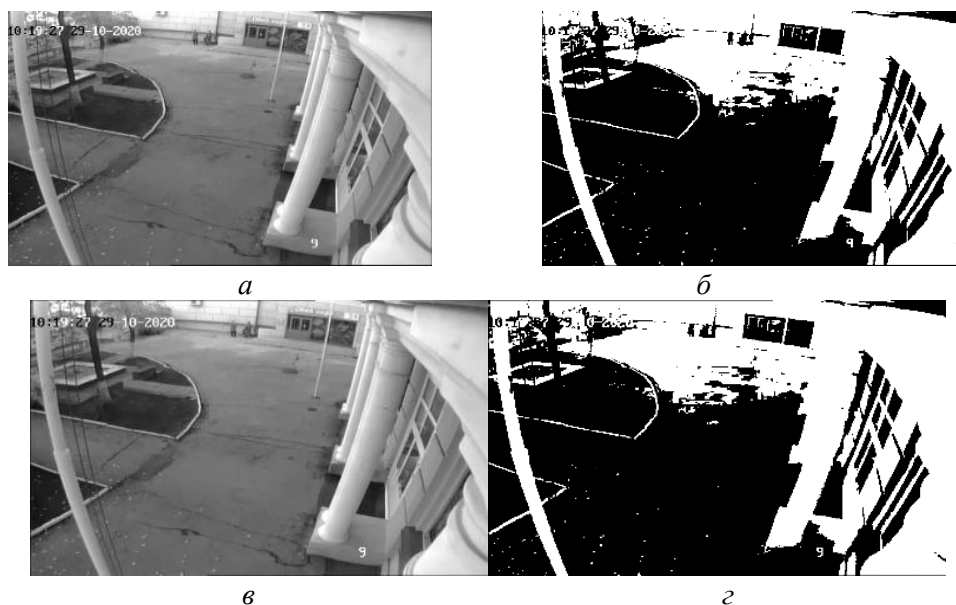


Рис. 6. Кадры для эксперимента 3:

а – исходный кадр № 1; *б* – бинарное представление кадра № 1;
в – исходный кадр № 2; *г* – бинарное представление кадра № 2

Фрагмент результатов сравнения двух черно-белых кадров для эксперимента 3 показан ниже:

- сравнение по окнам размером 8×8 : $S_1 = 0,46$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,41$, $S_4 = 0,49$, $S_6 = 0,43$;
- сравнение по окнам размером 14×14 : $S_1 = 0,49$, $S_2 = 0,95$, $S_3 = 0,4$, $S_4 = 0,53$, $S_6 = 0,45$;
- сравнение по окнам размером 22×22 : $S_1 = 0,54$, $S_2 = 0,95$, $S_3 = 0,4$, $S_4 = 0,59$, $S_6 = 0,48$;
- сравнение по окнам размером 28×28 : $S_1 = 0,55$, $S_2 = 0,95$, $S_3 = 0,38$, $S_4 = 0,6$, $S_6 = 0,49$;
- сравнение по окнам размером 34×34 : $S_1 = 0,56$, $S_2 = 0,94$, $S_3 = 0,38$, $S_4 = 0,62$, $S_6 = 0,49$;
- сравнение по пикселям: $S_1 = 0,91$, $S_2 = 0,96$, $S_3 = 0,41$, $S_4 = 0,95$, $S_6 = 0,84$.

Из результатов видно, что кадры, представленные на рис. 6, почти неотличимы, следовательно, один из кадров может быть удален из видеопоследовательности как избыточный.

Таким образом, с помощью предлагаемого метода из 180 000 кадров было удалено 95 580 кадров (53,1 %) без потери важной информации, что позволило значительно сократить объем хранимой информации.

Заключение

В настоящей работе для оптимизации видеопоследовательностей предлагается метод прореживания, основанный на оценке сходства двух последовательных черно-белых кадров с применением знаковой корреляционной функции вида «знак-знак» и коэффициентов ассоциативности. Данный метод позволяет сократить количество избыточных кадров в два раза без потери важной информации, тем самым обеспечивая содержательное представление видеопоследовательностей за счет оставшихся значимых кадров, которые получают более компактными.

Список литературы

1 Quality-guided key frames selection from video stream based on object detection / Chen Mingju, Xiaofeng Han, Hua Zhang [et al.] // Journal of Visual Communication

References

1 Quality-guided key frames selection from video stream based on object detection / Chen Mingju, Xiaofeng Han, Hua Zhang [et al.] // Journal of Visual Communication and Image Representation. – 2019.

and Image Representation. – 2019. – Vol. 65 (24). – Article no. 102678. – DOI 10.1016/j.jvcir.2019.102678.

2 Best frame selection to enhance training step efficiency in video-based human action recognition / A. A. Gharabagh, V. Hajhashemi, M. C. Ferreira [et al.] // *Applied Sciences*. – 2022. – Vol. 12 (4). – Article No. 1830. – DOI 10.3390/app12041830.

3 Too many frames, not all useful: efficient strategies for long-form video QA / J. Park, K. Ranasinghe, K. Kahatapitiya [et al.] // *Proceedings of the 19th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. – 2024. – P. 3569–3588. – DOI 10.48550/arXiv.2406.09396.

4 **Yoon, J.** Exploring video frame redundancies for efficient data sampling and annotation in instance segmentation / J. Yoon, M.-K. Choi // *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. – 2023. – P. 3308–3317. – DOI 10.1109/CVPRW59228.2023.00333.

5 **Kızıltepe, R. S.** A novel keyframe extraction method for video classification using deep neural networks / R. S. Kızıltepe, J. Q. Gan, J. J. Escobar // *Neural Computing and Applications*. – 2023. – Vol. 35. – P. 24513–24524. – DOI 10.1007/s00521-021-06322-x.

6 Similarity score of two images using different measures / V. Appana, T. M. Guttikonda, D. Shree [et al.] // *6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*. – 2021. – P. 741–746. – DOI 10.1109/ICICT50816.2021.9358789.

7 Video key frame extraction based on scale and direction analysis / Y. Dong, Y. Zhang, J. Zhang, X. Zhang // *The Journal of Engineering*. – 2022. – P. 910–918. – DOI 10.1049/tje2.12173.

8 **Усатов, А. А.** Оценка сходства между наборами данных с помощью векторных представлений / А. А. Усатов, А. М. Недзведь, Го Цзижань // *Доклады БГУИР*. – 2025. – Т. 23, № 3. – С. 70–76. – DOI 10.35596/1729-7648-2025-23-3-70-76.

9 **Narasimharao, J.** Digital image processing / J. Narasimharao. – AGPH Books (Academic Guru Publishing House), 2023. – 201 p. – ISBN 978-93-95468-31-2.

10 **Пугачев, В. С.** Основы статистической теории автоматических систем / В. С. Пугачев, И. Е. Казаков, Л. Г. Евланов. – Москва : Машиностроение, 1974. – 400 с.

11 Оптимизация структур распределенных баз данных в АСУ / А. Г. Мамиконов, В. В. Кульба, С. А. Косяченков, И. А. Ужастов. – Москва : Наука, 1990. – 240 с. – ISBN 5-02-014389-8.

– Vol. 65 (24). – Article no. 102678. – DOI 10.1016/j.jvcir.2019.102678.

2 Best frame selection to enhance training step efficiency in video-based human action recognition / A. A. Gharabagh, V. Hajhashemi, M. C. Ferreira [et al.] // *Applied Sciences*. – 2022. – Vol. 12 (4). – Article No. 1830. – DOI 10.3390/app12041830.

3 Too many frames, not all useful : efficient strategies for long-form video QA / J. Park, K. Ranasinghe, K. Kahatapitiya [et al.] // *Proceedings of the 19th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. – 2024. – P. 3569–3588. – DOI 10.48550/arXiv.2406.09396.

4 **Yoon, J.** Exploring video frame redundancies for efficient data sampling and annotation in instance segmentation / J. Yoon, M.-K. Choi // *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*. – 2023. – P. 3308–3317. – DOI 10.1109/CVPRW59228.2023.00333.

5 **Kızıltepe, R. S.** A novel keyframe extraction method for video classification using deep neural networks / R. S. Kızıltepe, J. Q. Gan, J. J. Escobar // *Neural Computing and Applications*. – 2023. – Vol. 35. – P. 24513–24524. – DOI 10.1007/s00521-021-06322-x.

6 Similarity score of two images using different measures / V. Appana, T. M. Guttikonda, D. Shree [et al.] // *6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*. – 2021. – P. 741–746. – DOI 10.1109/ICICT50816.2021.9358789.

7 Video key frame extraction based on scale and direction analysis / Y. Dong, Y. Zhang, J. Zhang, X. Zhang // *The Journal of Engineering*. – 2022. – P. 910–918. – DOI 10.1049/tje2.12173.

8 **Usatov, A. A.** Assessing similarity between data sets using vector representations / A. A. Usatov, A. M. Nedzved, Guo Jizhan // *BSUIR Proceedings*. – 2025. – Vol. 23, No. 3. – P. 70–76. – DOI 10.35596/1729-7648-2025-23-3-70-76.

9 **Narasimharao, J.** Digital image processing / J. Narasimharao. – AGPH Books (Academic Guru Publishing House), 2023. – 201 p. – ISBN 978-93-95468-31-2.

10 **Pugachev, V. S.** Fundamentals of the statistical theory of automatic systems / V. S. Pugachev, I. E. Kazakov, L. G. Evlanov. – Moscow : Mashinostroenie, 1974. – 400 p.

11 Optimization of distributed database structures in automated control systems / A. G. Mamikonov, V. V. Kulba, S. A. Kosyachenkov, I. A. Uzhastov. – Moscow : Nauka, 1990. – 240 p. – ISBN 5-02-014389-8.

A. E. Kolodenkova, M. O. Bochkarev

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR REDUNDANT FRAME REMOVAL
IN VIDEO SEQUENCES BASED ON ASSESSMENT
OF THE BLACK-AND-WHITE FRAMES SIMILARITY**

Abstract. Video sequences redundant frame removal currently plays an important role in various video preprocessing applications related to video classification, change detection, and object recognition (e.g., defects, faults, human actions, etc.). This paper proposes a video sequence subsampling method based on estimating the similarity of two consecutive black-and-white frames using a "sign-sign" correlation function and associativity coefficients, verifying the compliance of the calculated metric values with threshold intervals, and making decisions regarding frame removal. A generalized scheme of the proposed method is considered with a detailed description of the stages, and an algorithm for finding similarities and differences between two consecutive black-and-white frames of video sequences is described. This method reduces the size of video sequences by removing redundant or repeated frames, thereby reducing the amount of stored information and increasing the efficiency of detecting key moments in video images obtained in uncontrolled environments. Research results are presented, demonstrating that the proposed method can halve frame redundancy without losing important information or improving the quality of video sequences.

Keywords: frame subsampling, frame similarity, video sequence, sign-sign correlation function, associativity coefficients.

For citation: Kolodenkova, A. E. Development of a method for redundant frame removal in video sequences based on assessment of the black-and-white frames similarity / A. E. Kolodenkova, M. O. Bochkarev // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2026 – No. 2. – P. 233–242. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_233.

Сведения об авторах

Колоденкова Анна Евгеньевна

Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С. П. Королева (Самарский университет),
кафедра «Информационные системы и технологии»,
доктор технических наук, доцент,
e-mail: anna82_42@mail.ru

Бочкарев Михаил Олегович

Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С. П. Королева (Самарский университет),
кафедра «Информационные системы и технологии»,
ассистент,
mixail19997@gmail.com

Information about the authors

Kolodenkova Anna Evgenievna

Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev (Samara University),
Chair "Information Systems and Technologies",
Doctor of Engineering Sciences,
Associated Professor,
e-mail: anna82_42@mail.ru

Bochkarev Mikhail Olegovich

Samara National Research University named after Academician S. P. Korolev (Samara University),
Chair "Information Systems and Technologies",
Assistant,
e-mail: mixail19997@gmail.com