

Алгоритм автоматического выбора кодеков обработки информации для повышения эффективности передачи видеопотока

Н.С. Мальцева, А.Е. Алишева, Т.В. Ведерникова

Астраханский государственный технический университет

Аннотация: Разработка систем видеонаблюдения на сегодняшний момент времени является актуальной и востребованной темой. Возрастающие требования к безопасности ведут к увеличению числа камер в системе и создают большую нагрузку, что побуждает на пересмотр методик построения систем видеонаблюдения. Данная статья раскрывает разработанный авторами алгоритм автоматического выбора кодека обработки видеопотока в системах видеонаблюдения. Современные системы видеонаблюдения генерируют огромные объемы данных, что требует эффективных методов сжатия для хранения, передачи и обработки видеопотоков. Выбор нужного кодека влияет на качество изображения, нагрузку на сеть и вычислительные ресурсы, что особенно важно в условиях роста разрешения камер (4К, 8К) и развития интеллектуальной видеоаналитики. В связи с этим в статье рассматривается подход к повышению эффективности передачи видеопотока, основанный на автоматическом выборе кодеков обработки информации. Предлагаемый алгоритм ориентирован на адаптацию параметров сжатия к текущему состоянию сцены, уровню освещенности и динамике объектов в кадре. Использование подобного подхода позволяет снизить требования к пропускной способности каналов связи и объему хранилищ без существенного ухудшения качества изображения, что особенно важно для распределенных систем видеонаблюдения.

Ключевые слова: видеонаблюдение, кодек сжатия, видеопоток, алгоритм автоматического выбора кодека обработки видеопотока, разностный метод кадров, сигнал-шум, видеокодирование, адаптивное кодирование.

Введение

Системы видеонаблюдения в настоящее время являются неотъемлемой частью комплексных средств обеспечения безопасности. Они широко применяются для охраны объектов, контроля технологических процессов, мониторинга общественных пространств и анализа поведения людей. Ключевым преимуществом видеонаблюдения является возможность оперативного получения визуальной информации, обладающей высокой информативностью и позволяющей принимать обоснованные управленческие решения в режиме, близком к реальному времени.

Особое значение системы видеонаблюдения приобретают в рамках государственных и региональных программ обеспечения безопасности. В

Российской Федерации данное направление активно развивается в контексте реализации проекта «Безопасный город», целью которого является создание единой аппаратно-программной среды для мониторинга и реагирования на инциденты [1]. Развитие подобных комплексов сопровождается существенным ростом числа видеокамер и увеличением требований к качеству передаваемого видеопотока.

Одновременно с этим наблюдается устойчивый рост объёмов видеоданных, формируемых современными системами видеонаблюдения. Использование камер высокого и сверхвысокого разрешения, увеличение частоты кадров и внедрение интеллектуальной видеоаналитики приводят к значительной нагрузке на каналы связи и системы хранения. Передача несжатого видеопотока в подобных условиях становится практически невозможной из-за ограничений пропускной способности сетей и высокой стоимости хранения данных [2].

Применение традиционных методов видеосжатия, таких как H.264 и H.265, позволяет существенно снизить объём передаваемой информации, однако при масштабировании систем видеонаблюдения и росте требований к качеству изображения их возможностей зачастую оказывается недостаточно. По данным ряда публикаций, использование фиксированного кодека без адаптации к условиям съёмки может приводить к дефициту пропускной способности сетей и потере значительной части видеопотоков в пиковые периоды нагрузки [3]. В этих условиях актуальной становится задача совершенствования передачи видеоданных за счёт интеллектуального выбора алгоритмов кодирования.

Использование алгоритма позволит в существенной мере снизить требования к объёму памяти и каналам передачи данных.

Анализ кодеков

Необходимость сжатия видеоданных стала очевидной с момента перехода к цифровым методам хранения и передачи визуальной информации.

В системах видеонаблюдения формируются непрерывные видеопотоки, объём которых определяется разрешением матрицы, частотой кадров и особенностями сцены. При отсутствии эффективных механизмов сжатия такие потоки создают чрезмерную нагрузку на сетевую инфраструктуру и системы хранения, что делает эксплуатацию видеосистем экономически и технически нецелесообразной [4].

Кодек представляет собой совокупность алгоритмов кодирования и декодирования видеоданных, направленных на сокращение объёма информации за счёт устранения пространственной и временной избыточности. Эффективность кодека определяется степенью сжатия, устойчивостью к шумам, задержкой обработки и вычислительной сложностью.

Более совершенные алгоритмы, как правило, обеспечивают лучшее качество при меньшем битрейте, однако требуют значительных вычислительных ресурсов [5].

В системах видеонаблюдения характер видеопотока может существенно изменяться. Статичные сцены, интенсивное движение объектов или съёмка в условиях недостаточной освещённости предъявляют различные требования к алгоритмам кодирования. По этой причине выбор кодека целесообразно рассматривать с учётом конкретных условий эксплуатации, а не как универсальное решение [6].

Наибольшее распространение в IP-видеонаблюдении получил стандарт H.264, который долгое время являлся базовым благодаря компромиссу между качеством изображения и вычислительной сложностью. Однако с ростом разрешения камер и числа видеопотоков его эффективность стала

ограничивающим фактором, что обусловило переход к более современным стандартам.

Стандарт H.265 (HEVC) обеспечивает примерно двукратное сокращение битрейта по сравнению с H.264 при сопоставимом визуальном качестве. Это достигается за счёт более сложных механизмов предсказания движения, адаптивного разбиения блоков и усовершенствованных методов энтропийного кодирования [7]. Вместе с тем повышение степени сжатия сопровождается ростом вычислительной нагрузки, что особенно заметно при декодировании видеопотоков в реальном времени.

Для систем видеонаблюдения получили развитие модифицированные версии H.265, включая H.265+ и решения с использованием областей интереса (ROI). Эти технологии позволяют дополнительно снизить битрейт за счёт подавления избыточных деталей фона и концентрации ресурсов кодирования на значимых областях изображения.

Наибольшую эффективность такие подходы демонстрируют при статичной съёмке, однако при высокой динамике сцены возможно появление визуальных артефактов [8].

Отдельного внимания заслуживает кодек AV1, разработанный альянсом AOMedia. Он использует современные методы адаптивного кодирования и сложные схемы межкадрового анализа, что позволяет добиться высокой степени сжатия при сохранении качества изображения. По данным сравнительных оценок, AV1 способен снизить битрейт на десятки процентов по сравнению с H.265 [9]. Основным ограничением его применения остаётся высокая вычислительная сложность и ограниченная аппаратная поддержка.

Анализ показывает, что при статичной сцене наибольший выигрыш по объёму данных обеспечивает AV1, тогда как модификации H.265 позволяют гибко балансировать между качеством и вычислительными затратами.

Таблица 1

Сравнительная характеристика кодеков сжатия для статичной съёмки.

Параметр	H.265 (HEVC)	H.265+	AV1	H.265+ROI	H.265+AI
Степень сжатия	Высокая	Очень высокая	Максимальная	Зависит от ROI	Оптимизированная
Качество изображения	Хорошее	Умеренное	Лучшее	Хорошее	Лучшее
Вычислительная сложность	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая	Максимальная
Задержка	Средняя	Средняя/высокая	Низкая	Средняя	Высокая

Во втором сценарии рассматривалась динамичная видеосъёмка с частым перемещением объектов. Здесь ключевыми факторами становятся устойчивость к размытию и способность кодека адаптироваться к резким изменениям сцены. Сравнительный анализ продемонстрирован в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика кодеков сжатия для динамичной съёмки

Параметр	H.265	H.265+	AV1	H.265+ROI	H.265+AI
Качество при динамике	Хорошее	Среднее	Лучшее	Зависит от ROI	Отличное
Размытие и артефакты	Умеренные	Заметные	Минимальные	Локальные	Почти отсутствуют
Задержка кодирования	Средняя	Высокая	Очень высокая	Средняя	Высокая

В условиях активного движения наиболее стабильные результаты демонстрируют AV1 и решения с использованием интеллектуального

анализа сцены, однако их применение связано с ростом вычислительной нагрузки.

Третий сценарий связан со съёмкой при низкой освещённости, где основную проблему представляет усиление шумов и потеря деталей в тенях. Анализ кодеков сжатия показан в таблице 3.

Таблица 3

Сравнительная характеристика кодеков сжатия для условий низкой освещённости

Параметр	H.265	H.265+	AV1	H.265+ROI	H.265+AI
Шумоподавление	Среднее	Слабое	Хорошее	Среднее	Отличное
Детализация	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя	Очень высокая
Эффективность передачи	Базовая	Повышенная	Высокая	Средняя	Повышенная

В итоге наиболее рациональным подходом становится адаптивный выбор кодека и параметров кодирования в зависимости от текущих характеристик видеопотока. Такой подход позволяет рационализировать использование сетевых и вычислительных ресурсов, сохраняя информативность видеоданных, что особенно важно для задач безопасности и мониторинга.

Разработка алгоритма автоматического выбора кодека обработки видеопотока

Для повышения эффективности передачи видеоданных предлагается алгоритм автоматического выбора кодека обработки видеопотока. Алгоритм основан на анализе параметров сцены и условий съёмки, что позволяет динамически адаптировать процесс кодирования.

Представлен алгоритм автоматического выбора кодека сжатия (рис. 1).

Предлагаемый алгоритм объединяет адаптивное кодирование, динамическое управление скоростью передачи данных и AI-анализ сцены для минимизации нагрузки на сеть при сохранении критически важных деталей изображения.

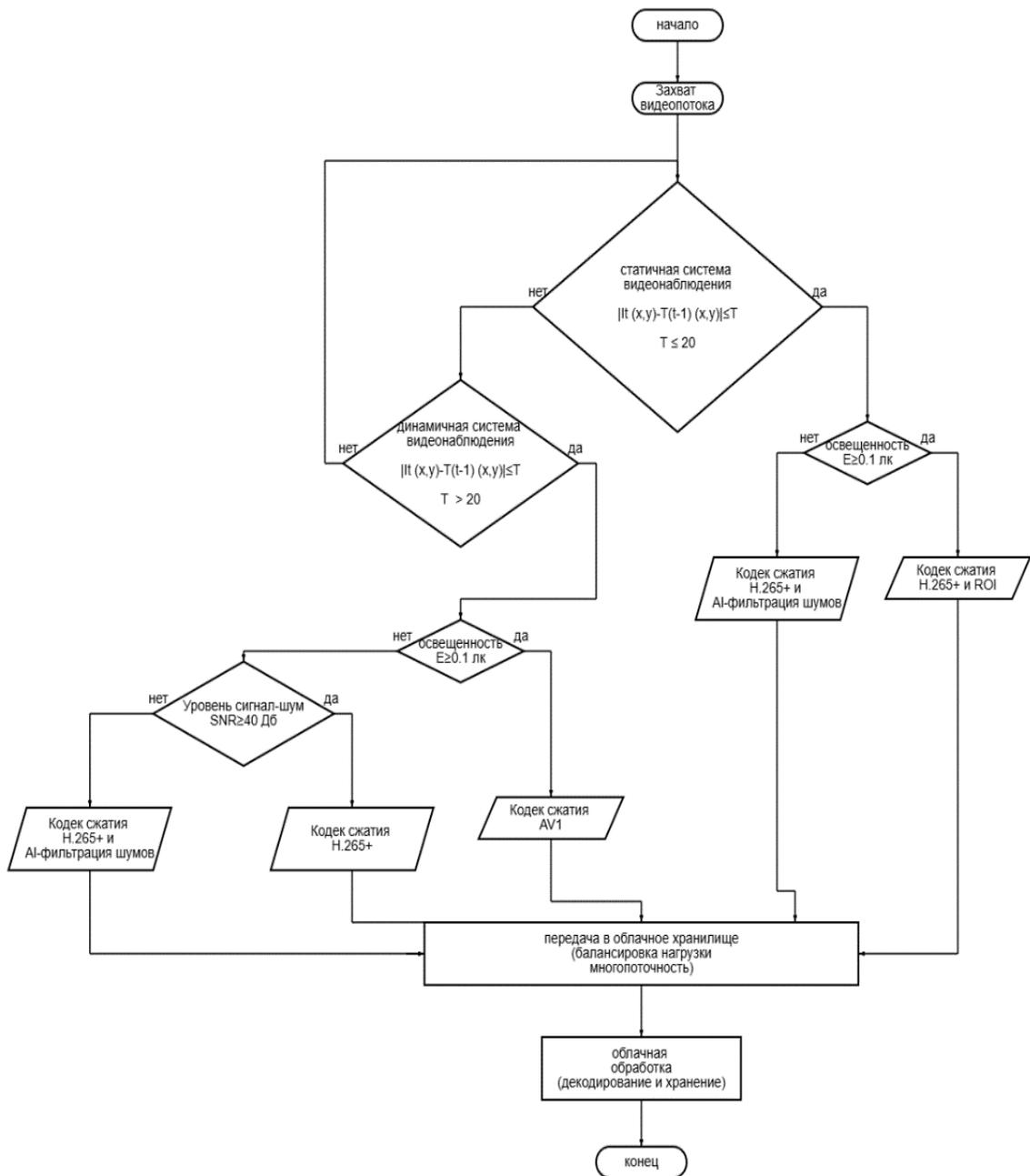


Рис.1. – Алгоритм автоматического выбора кодека обработки видеопотока

Алгоритм базируется на выборе критериев, таких как статичность и динамичность объекта, основываясь на «Разностный метод» (техника

обработки видео, основанная на анализе различий между последовательными кадрами), уровень освещенности и понятия «Уровень сигнал-шум» (SNR).

Ключевыми критериями выбора кодека являются степень динамичности сцены, уровень освещённости и отношение сигнал–шум. Для оценки динамики используется разностный метод кадров, основанный на анализе изменений между последовательными изображениями. Разность между текущим и предыдущим кадрами вычисляется по выражению. Для двух последовательных кадров I_t (текущий кадр) и $I_{(t-1)}$ (предыдущий кадр) разница вычисляется согласно формуле (1).

$$D(x, y) = |I_t(x, y) - I_{t-1}(x - y)| \quad (1)$$

где $D(x, y)$ – разностное изображение; $I_t(x, y)$ – интенсивность пикселя в координатах (x, y) на кадре t .

Для выделения значимых изменений применяется пороговая обработка:

$$B(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{если } D(x, y) > T \\ 0, & \text{если } D(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

где T – пороговое значение (20); $B(x, y)$ – бинарная маска движущихся объектов.

Разностный метод кадров – это быстрый и простой способ обнаружение движения.

Оценка качества изображения выполняется с использованием отношения сигнал–шум (SNR), которое характеризует степень зашумлённости видеопотока формула (3).

$$SNR = \frac{P_{\text{сигнал}}}{P_{\text{шум}}} \quad (3)$$

где $P_{\text{сигнал}}$ – мощность полезного сигнала; $P_{\text{шум}}$ – мощность шумового сигнала.

Выразим формулу (3) в децибелах (дБ). Тогда получим формулу (4).

$$SNR_{\text{дБ}} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{\text{сигнал}}}{P_{\text{шум}}} \right) \quad (4)$$

Поддержание высокого значения SNR (40 дБ) особенно важно при съёмке в условиях недостаточной освещённости, где возрастает вероятность потери деталей изображения [11].

Уровень освещенности для систем видеонаблюдения. Данный метод помогает определить минимально допустимый порог освещения, при котором можно получить оптимально качественную съёмку сетевыми видеоустройствами. Их работа регламентируется стандартом ГОСТ Р 51558-2014 (Средства и системы охранные телевизионные. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний).

Минимальная освещенность определяется через отношение сигнал/шум (SNR) и чувствительность (формула 5).

$$E_{min} = \frac{N \cdot k \cdot S_{min}}{A \cdot t} \quad (5)$$

где E_{min} – минимальная освещенность (лк); N - уровень шума; k - постоянная, зависящая от оптики; S_{min} - минимальный полезный сигнал; A - площадь пикселя; t – выдержка;

На основе полученных оценок алгоритм выбирает кодек сжатия и параметры кодирования. В ряде сценариев дополнительно применяется интеллектуальная фильтрация шумов с использованием методов искусственного интеллекта. Завершающим этапом является передача сжатого видеопотока в облачную или локальную систему хранения для последующей обработки.

Заключение

В работе рассмотрена задача повышения эффективности передачи и хранения видеопотоков в современных системах видеонаблюдения, актуальность которой обусловлена ростом разрешения камер, увеличением числа источников видео и расширением масштабов распределённых систем безопасности. Анализ современных стандартов видеосжатия показал, что их

эффективность существенно зависит от условий съёмки и характеристик сцены.

Проведённый сравнительный анализ подтвердил отсутствие универсального кодека, одинаково эффективно работающего во всех сценариях. Это обосновывает целесообразность перехода от статического выбора алгоритма сжатия к адаптивному подходу.

Разработанный алгоритм автоматического выбора кодека позволяет учитывать динамику сцены, уровень освещённости и качество сигнала, что обеспечивает более рациональное использование сетевых и вычислительных ресурсов. Вследствие этого достигается снижение нагрузки на каналы связи и системы хранения без существенного ухудшения визуального качества видеопотока.

Предложенный подход может быть использован при проектировании и модернизации систем видеонаблюдения различного масштаба и назначения.

Литература

1. Распоряжение Губернатора Астраханской области от 09.10.2023 № 752-р. URL: publication.pravo.gov.ru/document/3000202310110001.
2. Андрейко Д. Н., Комаров П. Ю., Игнатов Ф. М. Основные методы сжатия данных в передаче цифровых видеоизображений // Т-Comm, 2013. №9. URL: cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-metody-szhatiya-dannyh-v-peredache-tsifrovyyh-videoizobrazheniy.
3. Marpe D., Wiegand T., Sullivan G. J. The H.264/MPEG-4 AVC standard // IEEE Communications Magazine. 2006, Vol. 44 №8, pp. 134 – 143
4. Кузнецов А. Л. Сжатие видеoinформации по рекомендации H. 264 // Т-Comm. 2012, №9. URL: cyberleninka.ru/article/n/szhatie-videoinformatsii-po-rekomendatsii-h-264.

5. Кулешов С. В., Зайцева А. А. Временной анализ кодеков H. 264 // Приборостроение. 2017. №11. URL: cyberleninka.ru/article/n/vremennoy-analiz-kodekov-h-264
6. Багдасарян В. А. Сравнительный анализ стандартов видеосжатия // Инженерный вестник Дона, 2018. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5035.
7. Черняк Р.И. Экспериментальный анализ внутрикадрового предсказания в h. 265/HEVC // ПДМ. 2014. №4 (26). URL: cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnyy-analiz-vnutrikadrovogo-predskazaniya-v-h-265-hevc
8. Катунин Г. П., Черепанова А.В., Артамонов И.Ю. Исследование видеокодеков. Новосибирск, 2011. СибГУТИ. 2011. 168 с.
9. He Z. et al. Power-rate-distortion analysis // IEEE TCSVT. 2005. Vol. 15. № 11. pp. 1346-1356
10. Гадасин Д. В. и др. Выбор кодека для видеокодирования цифрового контента // Инженерный вестник Дона, 2025. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2025/10534
11. Ярышев С. Н. Цифровые методы обработки видеоинформации. Санкт-Петербург. НИУ ИТМО. 2012. — Р. 86.
12. Алишева А.Е., Ведерников Д.В., Мальцева Н.С. Сравнительный анализ методов сжатия видеопотока. 75-ая Международная студенческая научно-техническая конференция. Секция «Инфокоммуникации». – 2025. С. 599-601

References

1. Rasporjazhenie Gubernatora Astrahanskoj oblasti ot 09.10.2023 № 752-r. [Order of the Governor of the Astrakhan Region dated 09.10.2023 No. 752-r.] URL: publication.pravo.gov.ru/document/3000202310110001.
-

2. Andrejko D. N., Komarov P. Ju., Ignatov F. M. T-Comm, 2013, №9. URL: cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-metody-szhatiya-dannyh-v-peredache-tsifrovyyh-videoizobrazheniy.
3. Marpe D., Wiegand T., Sullivan G. J. T. IEEE Communications Magazine, 2006, Vol. 44 №8, pp. 134 – 143.
4. Kuznecov A. L. T-Comm, 2012, №9. URL: cyberleninka.ru/article/n/szhatie-videoinformatsii-po-rekomendatsii-h-264.
5. Kuleshov S. V., Zajceva A. A. Priborostroenie, 2017, №11. URL: cyberleninka.ru/article/n/vremennoy-analiz-kodekov-h-264
6. Bagdasarjan V. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/5035.
7. Chernjak R. I. PDM, 2014, №4 (26). URL: cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnyy-analiz-vnutrikadrovogo-predskazaniya-v-h-265-hevc
8. Katunin G. P., Cherepanova A.V., Artamonov I.Ju. Issledovanie videokodekov [Research of video codecs]. Novosibirsk, SibGUTI Publ., 2011. 168 p.
9. He Z. et al.. IEEE TCSVT, 2005, Vol. 15. № 11. pp. 1346-1356.
10. Gadasin D. V. i dr. Inzhenernyj vestnik Dona, 2025. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2025/10534.
11. Yary`shev S. N. Cifrovyy`e metody` obrabotki videoinformacii [Digital methods of video information processing]. Sankt-Peterburg. NIU ITMO. 2012. P. 86.
12. Alisheva A.E., Vedernikov D.V., Mal'ceva N.S. 75-aja Mezhdunarodnaja studencheskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija. Sekcija «Infokommunikacii», 2025. pp. 599-601.

Авторы согласны на обработку и хранение персональных данных.

Дата поступления: 7.01.2026

Дата публикации: 3.03.2026