



Столыпинский

вестник

Научная статья

Original article

УДК 004.921

**ЭРГОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ АПСКЕЙЛИНГА
ИЗОБРАЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ ИГРОВОЙ ИНДУСТРИИ**

**ERGONOMIC ANALYSIS OF IMAGE UPSCALING METHODS IN THE MODERN
GAMING INDUSTRY**

Горячкин Борис Сергеевич, кандидат технических наук, доцент; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1), тел. 8(499) 263-63-91, bsgor@mail.ru

Лосева Светлана Сергеевна, ассистент; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1), тел. 8(499) 263-63-91, sveta172010@gmail.com

Пименов Георгий Юрьевич, магистрант; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1), тел. 8(499) 263-63-91, symon.belmont2015@yandex.ru

Шевчук Михаил Сергеевич, магистрант; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1), тел. 8(499) 263-63-91, shevmichael17@gmail.com

Зозуля Ольга Андреевна, магистрант; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, с. 1), тел. 8(499) 263-63-91, flexx2412@gmail.com

Boris S. Goryachkin, candidate of technical sciences, associate professor; Moscow State Technical University named after. N.E. Bauman (105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5, bldg. 1), tel. 8(499) 263-63-91, bsgor@mail.ru

Svetlana S. Loseva, assistant; Moscow State Technical University named after. N.E. Bauman (105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5, bldg. 1), tel. 8(499) 263-63-91, sveta172010@gmail.com

Georgy Y. Pimenov, master's student; Moscow State Technical University named after. N.E. Bauman (105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5, bldg. 1), tel. 8(499) 263-63-91, symon.belmont2015@yandex.ru

Mikhail S. Shevchuk, master's student; Moscow State Technical University named after. N.E. Bauman (105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5, bldg. 1), tel. 8(499) 263-63-91, shevmichael17@gmail.com

Olga A. Zozulya, master's student; Moscow State Technical University named after. N.E. Bauman (105005, Moscow, 2nd Baumanskaya st., 5, bldg. 1), tel. 8(499) 263-63-91, flexx2412@gmail.com

Аннотация. Эргономический анализ методов апскейлинга изображения в современной игровой индустрии является важным аспектом разработки игровых продуктов. Данное исследование фокусируется на изучении различных технологий апскейлинга, их влиянии на качество графики в видеоиграх и комфортность игрового процесса для пользователей. Анализируются преимущества и недостатки различных методов апскейлинга, их влияние на визуальный опыт игроков, а также их соответствие принципам эргономики и удобства использования. Результаты исследования позволяют выявить оптимальные подходы к применению методов апскейлинга в игровой индустрии с учетом потребностей пользователей и требований к качеству графики. Постановка проблемы: влияние различных методов апскейлинга изображения в играх на различные аспекты игрового процесса и качество визуального представления за счёт эффективного использования ресурсов компьютера, таких как процессор и оперативная память. Цель: необходимо установить преимущества и недостатки методов апскейлинга, таких как бикубическое интерполирование, машинное обучение и использование

специализированных алгоритмов. Результаты: в статье анализируется влияние методов апскейлинга на загрузку видеокарты, минимально-допустимое разрешение, резкость изображения, количество кадров в секунду, чёткость изображения и количество артефактов. Результаты исследования позволяют оценить эффективность различных методов апскейлинга и их влияние на общее визуальное восприятие игрового процесса.

Практическая значимость. Проведённый анализ помогает принять обоснованное решение при выборе оптимального метода апскейлинга для конкретного проекта.

Abstract. Ergonomic analysis of image upscaling methods in the modern gaming industry is an important aspect of gaming product development. This study focuses on studying various upscaling technologies, their impact on the quality of graphics in video games and the comfort of the gameplay for users. The advantages and disadvantages of various upscaling methods, their impact on the visual experience of players, and their compliance with the principles of ergonomics and usability are analyzed. The results of the study allow us to identify optimal approaches to the use of upscaling methods in the gaming industry, considering user needs and requirements for graphics quality. Problem statement: the impact of various image upscaling methods in games on various aspects of the gameplay and the quality of visual presentation due to the efficient use of computer resources such as processor and RAM. Objective: It is necessary to establish the advantages and disadvantages of upscaling methods such as bicubic interpolation, machine learning and the use of specialized algorithms. Results: The article analyzes the impact of upscaling methods on video card load, minimum acceptable resolution, image sharpness, number of frames per second, image clarity and the number of artifacts. The results of the study allow us to evaluate the effectiveness of various upscaling methods and their impact on the overall visual perception of the gameplay.

Practical significance. The analysis performed helps to make an informed decision when choosing the optimal upscaling method for a specific project.

Ключевые слова: *Эргономика, видеокарта, резкость изображения, апскейлинг, искусственный интеллект*

Keywords: *Ergonomics, video card, image sharpness, upscaling, artificial intelligence*

Введение

В низком качестве в исходном виде картинка смотрелась бы ужасно на суперсовременном телевизоре высокого разрешения. Но просто растянуть картинку нельзя — получится еще хуже. Тогда на помощь приходит искусственный интеллект.

Требования к качеству обработки изображения возросли многократно, потому что любые устройства высокого разрешения по отношению к контенту работают подобно лупе, выявляющей все недостатки видеотрансфера. И чтобы он достойно выглядел, его нужно улучшать. Это вполне возможно, ведь улучшают фотографии перед публикацией профессиональные ретушеры и дизайнеры. Они подходят индивидуально к каждому фото, чаще всего обрабатывая его участками: где-то осветляют, где-то затемняют, где-то смягчают, а в другие детали делают более резкими и т. д. Искусственный интеллект поступает аналогично, но 60 раз в секунду.

Существуют различные методы масштабирования изображений, В этой работе рассмотрим некоторые наиболее распространенные методы масштабирования изображений.

Понятие апскейлинга

расивую картинку в видеоиграх можно получить не только с помощью производительного железа, но и благодаря умным алгоритмам и нейросетям.

Одним из таких алгоритмов как раз является апскейлинг. С его помощью игру можно запустить с пониженным разрешением экрана и снизить нагрузку на видеокарту, но почти не потерять в качестве картинки.

Нейросетевые алгоритмы автоматически подгонят изображение под более высокое разрешение: добавят фильтры резкости и дорисуют недостающие детали. Иногда игры с ИИ-обработкой получаются даже более четкими, чем без нее. При этом производительность вырастет, картинка станет более плавной [1].

Апскейлинг — это общее название множества технологий, которые увеличивают разрешение изображений. Он применяется повсеместно, при этом

качество обычно снижается: примитивные алгоритмы прошлых поколений ничего не дорисовывают, а просто растягивают то, что есть.

ИИ-апскейлинг сейчас чаще всего применяется для улучшения и «омолаживания» старых фотографий и видео, снятых на пленку или низкокачественные цифровые камеры.

Любой апскейлинг снижает качество графики. Неважно, на каком массиве данных обучалась технология: красивее всего играть вообще без технологий масштабирования, в естественном разрешении монитора.

Методы апскейлинга

Традиционные методы апскейлинга, такие как билинейная и бикубическая интерполяция, просты в использовании и дают быстрые результаты. Эти методы можно использовать когда нужно быстро увеличить маленькое изображение. Однако, они могут давать размытые или неровные результаты. Билинейная интерполяция — самый простой метод, и он оценивает значение новых пикселей на основе значений окружающих пикселей [2]. Бикубическая интерполяция — это более продвинутый метод, использующий кубическую формулу для получения более гладких результатов, но он все еще не идеален [3].

Масштабирование на основе машинного обучения, с другой стороны, использует алгоритмы искусственного интеллекта для анализа и воссоздания отсутствующих деталей изображения. Эти методы могут давать более точные и подробные результаты, но они также требуют больших вычислительных ресурсов. Самый популярный метод, основанный на машинном обучении, когда нужно получить высококачественные результаты. Он использует глубокие нейронные сети для анализа изображений и генерации новых пикселей, и результаты часто бывают ошеломляющими.

Гибридные методы, которые сочетают в себе традиционные методы масштабирования и машинного обучения, могут предложить лучшее из обоих миров. Эти методы можно использовать, когда нужно сбалансировать скорость и точность. Например, можно использовать традиционное масштабирование для создания большего изображения, а затем использовать машинное обучение для

уточнения результатов. Это более быстрый и эффективный метод, особенно для больших изображений или приложений реального времени [4].

Масштабирование в видеоиграх работает следующим образом: алгоритмы обрабатывают кадры не по одному, а потоком, по несколько десятков в секунду. При работе они не только учитывают содержимое конкретного изображения, но и сопоставляют его с соседними кадрами.

Все технологии апскейлинга для игр созданы и курируются производителями видеокарт: AMD, Nvidia и Intel. В настройках их обозначают аббревиатурами: DLSS, NIS, FSR, RSR, XeSS. Эффективность и особенности их работы различаются, но задача у всех одна — сделать так, чтобы игры работали быстрее, меньше напрягали компьютер и выглядели при этом лучшим возможным образом.

Одна из крупных проблем масштабирования — гоустинг, то есть эффект, при котором за движущимся объектом в кадре заметен полупрозрачный «хвост». Постоянно улучшающиеся модели апскейлинга снижают гоустинг в играх с каждой новой версией (рис. 1).



Рис. 1. Пример гоустинга

Следующая проблема масштабирования - пикселизация. Если снизить разрешение на ноутбуке или компьютере в несколько раз — картинка резко потеряет в качестве, а края круглых объектов на экране превратятся в лесенки [5]. Это и есть пикселизация, которая проявляется при уменьшении разрешения. Особенно пиксели заметны при приближении и на контрастном фоне (рис. 2).



Рис. 2. Пример пикселизации

Форсированный апскейлинг. Масштабирование в играх работает хорошо, когда технологии для его просчета встроены в видеокарту, а логика использования продумана разработчиками на этапе создания игры. Но если видеокарта чересчур устарела или апскейлинг не добавили в игру, можно воспользоваться технологиями форсированного апскейлинга. То есть «насильного» масштабирования игры, даже если та его не поддерживает.

Форсированный апскейлинг ожидаемо сильнее ухудшает графику в игре, чем встроенный разработчиками. Снижение разрешения приводит к существенной потере детализации, а производительность увеличивается примерно в 1,5 раза вместо 2–4.

Производительность. Игроки закрывают глаза на недочеты в графике благодаря приросту производительности: более плавное движение на экране часто куда важнее для восприятия, чем качество текстур.

Метрики апскейлинга и их анализ

Разработчики все чаще используют нейросети для масштабирования разрешения. Известная технология в этой области — Deep Learning Super Sampling (DLSS). Искусственному интеллекту показывают кадры из видео или игры в низком разрешении, и он самостоятельно пытается его повысить. Затем тренеры программы загружают тот же контент в большом разрешении. Нейросеть сверяется

с образцом и корректирует свою работу, чтобы результат приблизился к идеальному [6].

Первые версии ИИ лишь немного улучшали качество картинки. Сейчас ПО не только хорошо корректирует исходное изображение, но и дополняет его — так кадр получается более детализированным, а движения плавными.

Инструменты искусственного интеллекта для изображений и масштабирования предоставляют отличный способ улучшить изображения и изменить их размер. Исследования показывают, что мы делаем более триллиона фотографий каждый год. Цифровые фотографии являются важной частью нашей жизни, и инструменты для масштабирования изображений особенно важны для людей, занимающихся определенными видами деятельности, например, связанных с социальными сетями.

За последние несколько лет искусственный интеллект значительно продвинул технологию повышения качества изображения, упрощая превращение изображений с низким разрешением в профессиональные и высококачественные [7].

DLSS, или Deep Learning Super Sampling. Технология апскейлинга от Nvidia, в основе которой лежит глубинное обучение. То есть нейросети показывают тысячи кадров из игры сперва в низком разрешении, а потом — в высоком. Нейросеть сначала повышает разрешение сама, а потом сверяется с образцом, чтобы приблизить качество «восстановленных» кадров к оригинальным.

Такой подход позволяет добиться максимальной эффективности в обработке изображений, но в то же время ограничивает количество игр, в которых доступен DLSS.

Нейросеть приходится обучать для каждой игры отдельно. А еще DLSS работает только на совместимых видеокартах Nvidia: GeForce RTX 20-й, 30-й или 40-й серии.

В результате проведенного анализа были выделены следующие метрики (таблица 1):

Таблица 1. Выделенные метрики для проведения сравнительного анализа

| Метрика | Описание |
|--|---|
| Загрузка видеокарты | Отображает то, как сильно включение технологии апскейлинга нагружает видеокарту |
| Количество кадров в секунду | Среднее количество кадров в секунду при включении/выключении технологии относительно настроек экрана и графики игры |
| Минимально-допустимое разрешение для апскейлинга | Показывает, начиная с какого разрешения возможно применить технологию |
| Четкость изображения | Насколько четким (отсутствие лесенок, размытия объектов вдалеке) будет изображение при выставлении определенных настроек |
| Количество артефактов | Наличие шумов в изображении при определенных настройках (при использовании нейросетей – наличие ошибочно отрисованных пикселей) |
| Резкость изображения | Качество изображения при увеличении резкости |

Для отображения сравнения применённых методов апскейлинга приведём все данные в таблицы (таблицы 2-7). Для тестирования были взяты равные видеокарты Nvidia RX и AMD Radeon, разрешение 2К, игра – Cyberpunk 2077.

Таблица 2. Результаты проведённого анализа для игры Cyberpunk 2077 с разрешением 2К

| | Резкость | Мин разрешение | Загрузка видеокарты | FPS | Артефакты | Четкость изображения |
|---------------------|----------|----------------|---------------------|-----|-----------|----------------------|
| Cyberpunk, 2К, DLSS | Средняя | 1280x720 | 63% | 76 | 5% | 3 |
| Cyberpunk, 2К, FSR | Высокая | 2560x1440 | 58% | 60 | 10% | 4 |

Наглядное отображение результатов представлено в виде графиков на рисунке

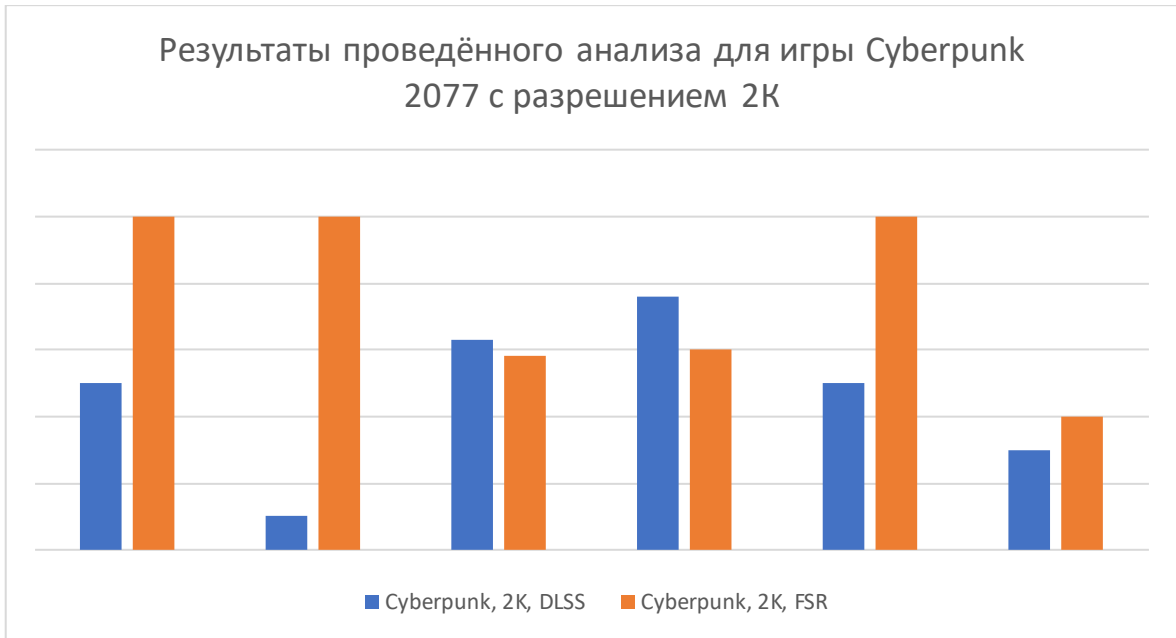


Рис. 3. Результаты проведённого анализа для игры Cyberpunk 2077 с разрешением 2К

Можно заметить, что у DLSS явно лучше показатели по FPS и меньшее количество артефактов, однако при этом чёткость изображения проседает, что даёт нам вывод о том, что эта конфигурация не лишена компромиссов и не всегда обеспечивает наилучшие впечатления. Такой показатель часто используется для демонстрации плавности игрового процесса. Можно заметить, что у FSR явно лучше показатели по загрузке видеокарты и резкости изображения, хотя данный метод начнёт обрабатывать при более высоких показателях разрешения. Это вполне логичный результат, ведь применённые в DLSS нейросети будут выдавать большую, хоть и незначительно, нагрузку на железо

Теперь посмотрим, как изменятся показатели метрик для этой же игры, но с разрешением в 4К.

Таблица 3. Результаты проведённого анализа для игры Cyberpunk 2077 с разрешением 4К

| | Резкость | Мин разрешение | Загрузка видеокарты | FPS | Артефакты | Четкость изображения |
|---------------------|----------|----------------|---------------------|-----|-----------|----------------------|
| Cyberpunk, 4К, DLSS | Высокая | 1920x1080 | 48% | 120 | 15% | 4 |

| | | | | | | |
|--------------------|---------|-----------|-----|----|-----|---|
| Cyberpunk, 4K, FSR | Средняя | 1920x1080 | 37% | 60 | 10% | 4 |
|--------------------|---------|-----------|-----|----|-----|---|

Наглядное отображение результатов представлено в виде графиков на рисунке 4.

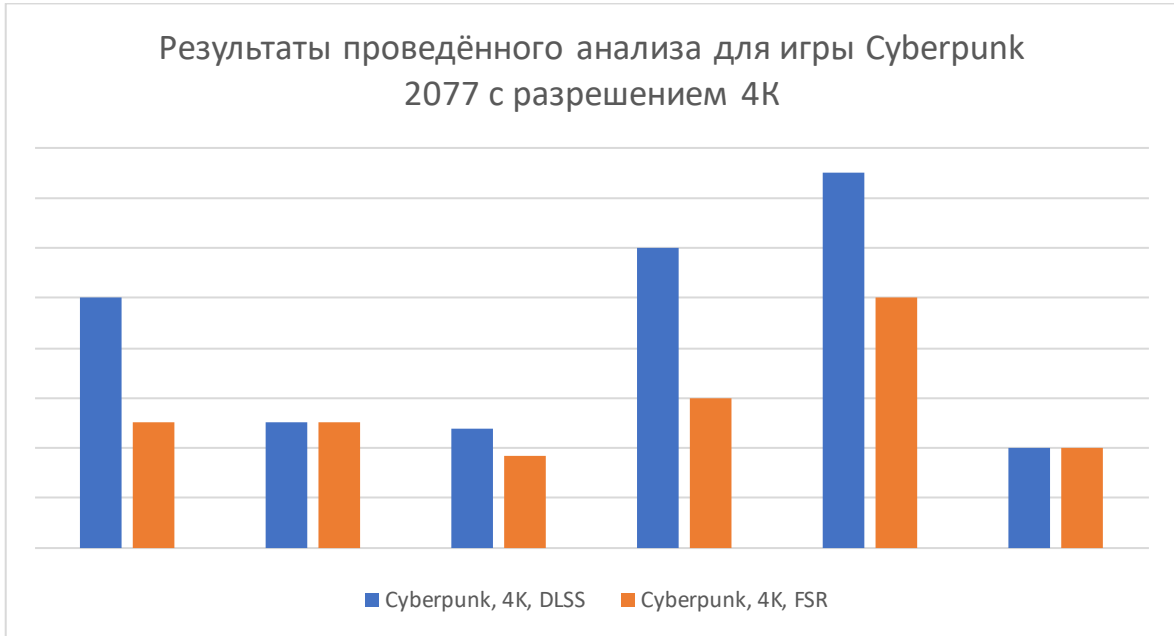


Рис. 4. Результаты проведённого анализа для игры Cyberpunk 2077 с разрешением 4К

Как уже было выведено выше, загрузка видеокарты при DLSS опять больше, однако в этот раз резкость изображения высокая при равном минимальном разрешении. Такие показатели загрузки видеокарты можно объяснить спецификой игры, на которой проводилось тестирование. Как и всегда, DLSS позволяет увеличить количество FPS в 1,5–2 раза, чёткость изображений одинаковая, а вот количество артефактов не сильно, но всё же больше. Другими словами, несмотря на увеличение средней частоты кадров, впечатления от игры могут быть хуже.

Далее проведём это же тестирование для игры Call of Duty. Разрешение 2К.

Таблица 4. Результаты проведённого анализа для игры Call of Duty с разрешением 2К

| | Резкость | Мин разрешение | Загрузка видеокарты | FPS | Артефакты | Четкость изображения |
|------------------------|----------|----------------|---------------------|-----|-----------|----------------------|
| Call of Duty, 2К, DLSS | Средняя | 1280x720 | 57% | 99 | 10% | 4 |
| Call of Duty, 2К, FSR | Средняя | 2560x1440 | 60% | 80 | 10% | 5 |

Наглядное отображение результатов представлено в виде графиков на рисунке 5.

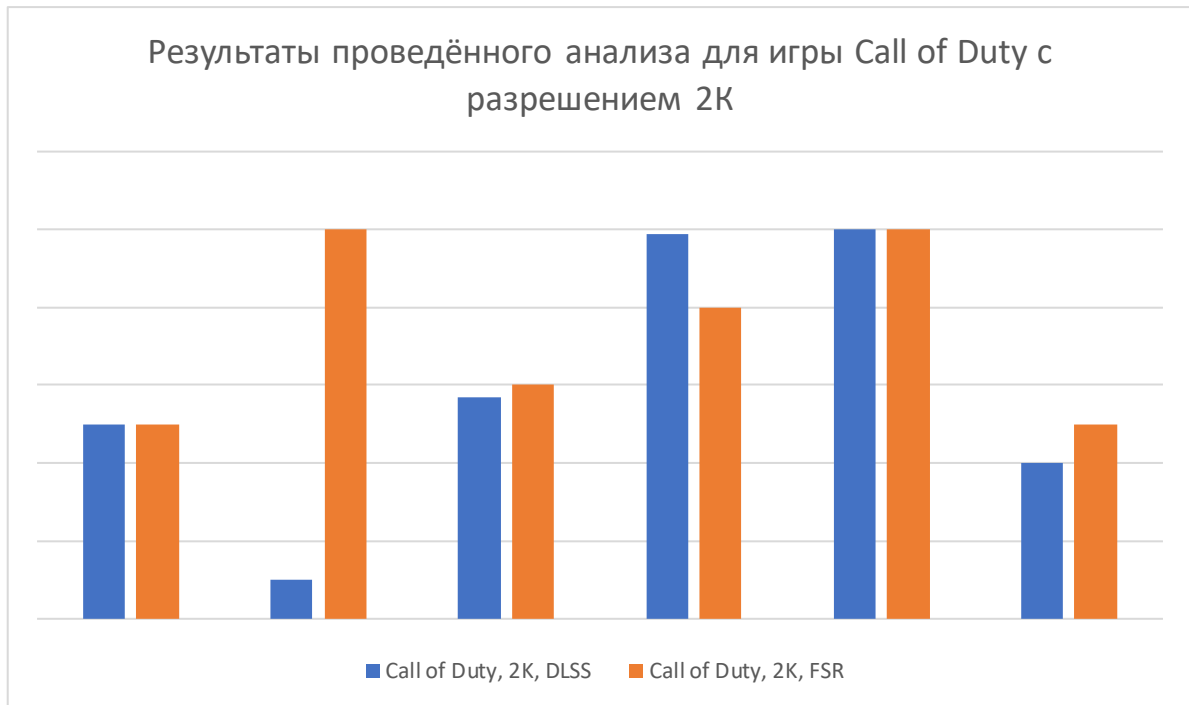


Рис. 5. Результаты проведённого анализа для игры Call of Duty с разрешением 2К

Call of Duty – классический шутер, для которого средний показатель резкости – очень хороший результат. С учётом меньших требований по минимальному разрешению здесь можно увидеть закономерную меньшую загрузку видеокарты, поскольку интерфейс игры не содержит открытого мира, и, следовательно, менее

требователен к прорисовке графики. Что приводит к явному лидированию метода DLSS. Для любого шутера очень важна частота кадров в секунду, и DLSS как раз выдаёт нам необходимый показатель. Количество артефактов при использовании DLSS и FSR одинаково, тогда как чёткость изображения у DLSS немного хуже. Однако, стоит помнить, что восприятие чёткости изображения – довольно субъективная оценка, а настройки графики, в любом случае, всегда остаются на усмотрение пользователя.

Теперь проведём тестирование для разрешения 4К.

Таблица 5. Результаты проведённого анализа для игры Call of Duty с разрешением 4К

| | Резкость | Мин разрешение | Загрузка видеокарты | FPS | Артефакты | Четкость изображения |
|------------------------|----------|----------------|---------------------|-----|-----------|----------------------|
| Call of Duty, 4К, DLSS | Высокая | 1920x1080 | 65% | 160 | 5% | 4 |
| Call of Duty, 4К, FSR | Высокая | 1920x1080 | 71% | 120 | 10% | 3 |

Наглядное отображение результатов представлено в виде графиков на рисунке 6.

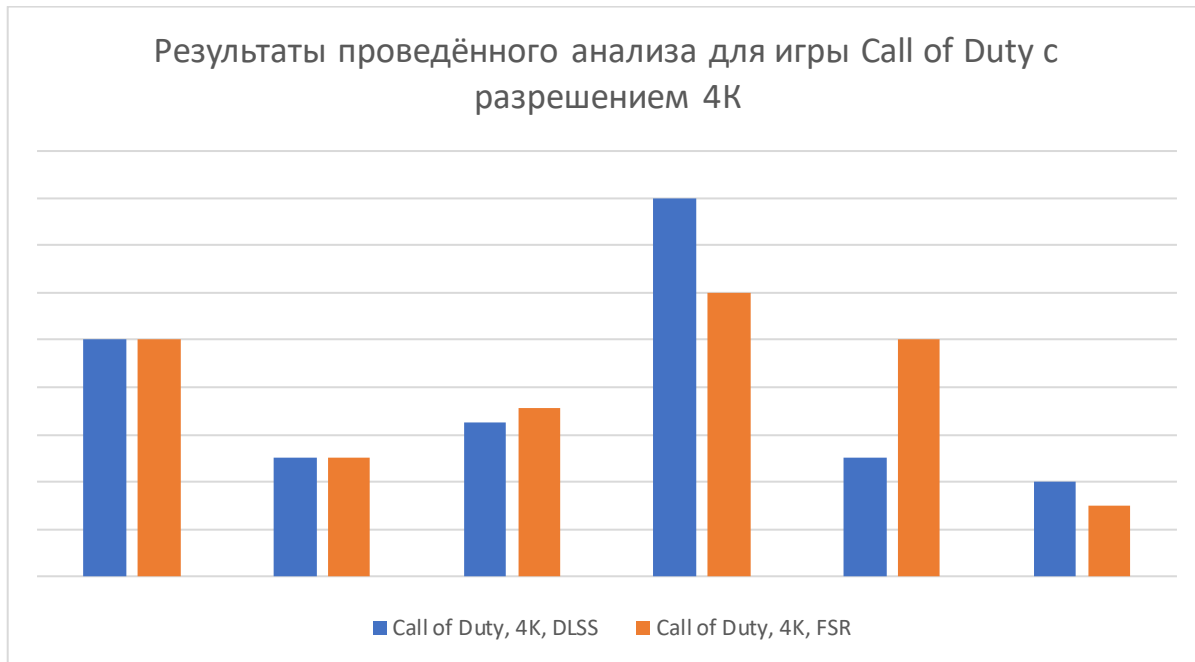


Рис. 6. Результаты проведённого анализа для игры Call of Duty с разрешением 4K

Более высокие показатели минимального расширения приводят к одинаково высоким показателям резкости. И, как и в случае с 2K разрешением, загрузка видеокарты при DLSS меньше, чем при FSR. На этом этапе тестирования в явные лидеры выбивается DLSS. Можно наблюдать прямую взаимосвязь различных метрик друг с другом, что и выдаёт столь логичный результат.

И так же проведём тестирование для игры Fortnite. Разрешение 2K.

Таблица 6. Результаты проведённого анализа для игры Fortnite с разрешением 2K

| | Резкость | Мин разрешение | Загрузка видеокарты | FPS | Артефакты | Четкость изображения |
|--------------------|----------|----------------|---------------------|-----|-----------|----------------------|
| Fortnite, 2K, DLSS | Средняя | 1280x720 | 49% | 85 | 20% | 5 |
| Fortnite, 2K, FSR | Низкая | 2560x1440 | 35% | 93 | 10% | 4 |

Наглядное отображение результатов представлено в виде графиков на рисунке 7.

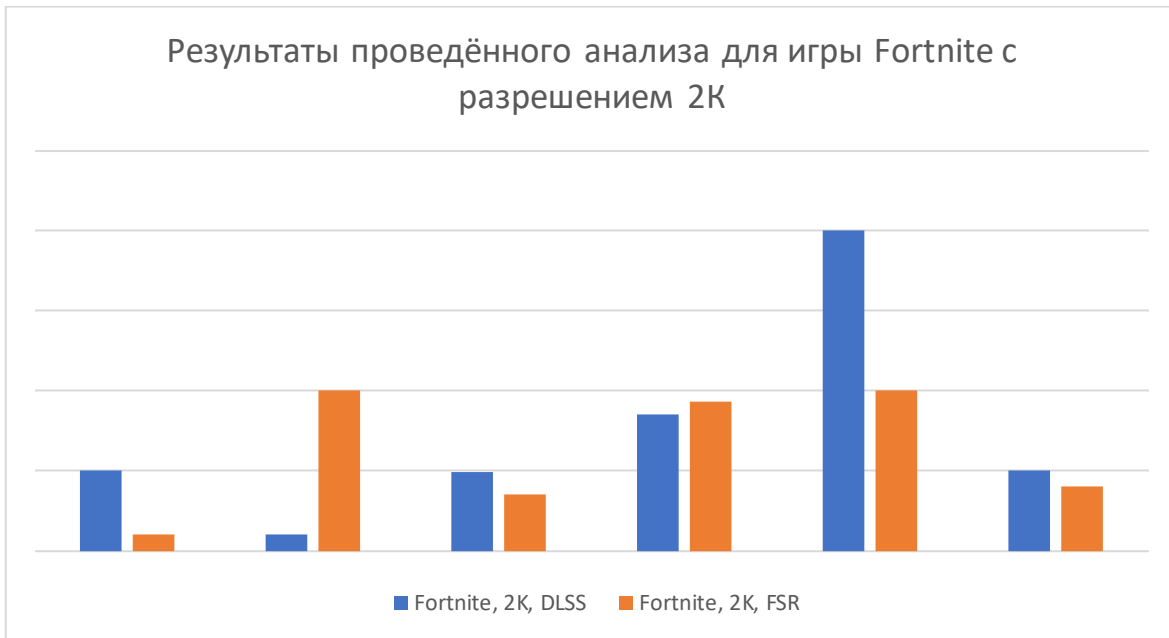


Рис. 7. Результаты проведённого анализа для игры Fortnite с разрешением 2К

На этом этапе тестирования в явные лидеры выбивается DLSS. Можно наблюдать прямую взаимосвязь различных метрик друг с другом, что и выдаёт столь логичный результат. По результатам данного тестирования можно отметить, что в этот раз метод FSR является лидером, хоть и немного теряет в чёткости изображения. А небольшие просадки по FPS – вполне допустимая погрешность.

И, наконец, проведём тестирование для игры Fortnite с разрешением 4К.

Таблица 7. Результаты проведённого анализа для игры Fortnite с разрешением 4К

| | Резкость | Мин разрешение | Загрузка видеокарты | FPS | Артефакты | Четкость изображения |
|--------------------|----------|----------------|---------------------|-----|-----------|----------------------|
| Fortnite, 4К, DLSS | Высокая | 1920x1080 | 67% | 150 | 15% | 4 |
| Fortnite, 4К, FSR | Средняя | 1920x1080 | 53% | 144 | 15% | 4 |

Наглядное отображение результатов представлено в виде графиков на рисунке 8.

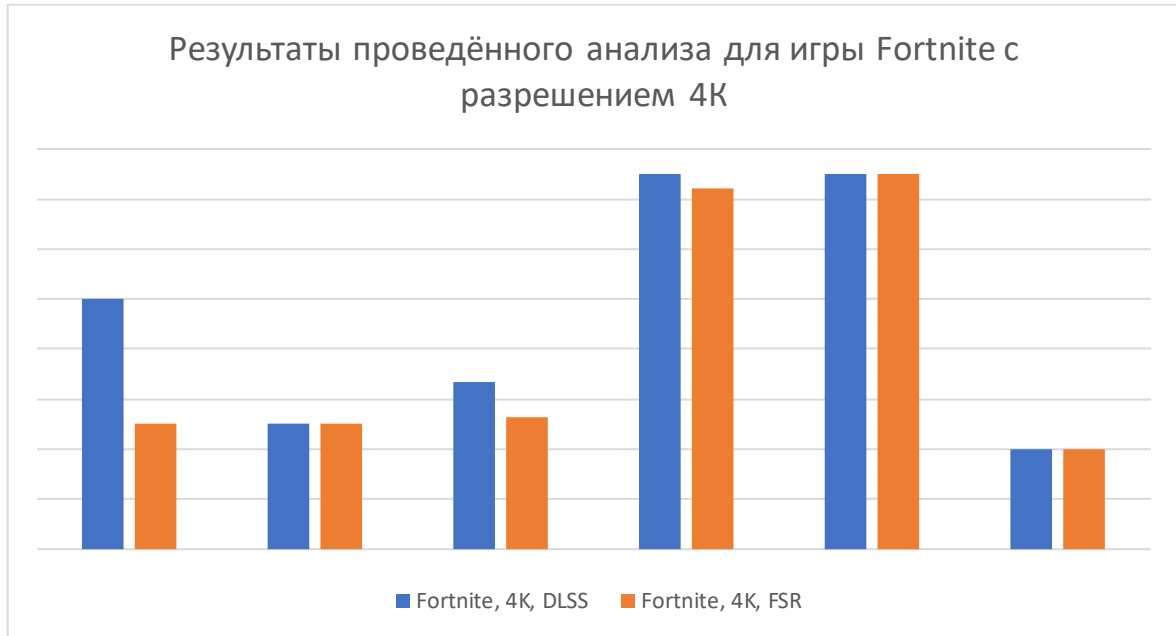


Рис. 8. Результаты проведённого анализа для игры Fortnite с разрешением 4К

По результатам данного тестирования можно отметить, что на выходе геймеру вместо настоящего высокого разрешения будет выдана его правдоподобная иллюзия, которая при этом не будет выдавать сильной загрузки видеокарты. Это вполне ожидаемо и не указывает на неравномерность синхронизации кадров. Кроме того, для игры Fortnite это допустимые показатели, на ход игры они не влияют.

Заключение

Не сложно заметить, что победителем среди методов апскейлинга с учётом использованных метрик становится именно DLSS. DLSS выигрывает в резкости изображения, а также в минимальном разрешении, с которого можно растягивать картинку. При этом в среднем FSR меньше грузит видеокарту, в этом он заметно лучше.

И DLSS, и FSR лучше использовать на 2К- или 4К-мониторах, потому что в таком случае работа алгоритмов будет менее заметна. Если просадки FPS случаются даже при использовании монитора с Full HD, использовать апскейлинг тоже можно, однако можно заметить, что результат при масштабировании из 720p в 1080p выглядит смазанным и размытым.

Бывает, что игра значительно опережает возможности «железа», и даже наиболее современные карты работают с ней на пределе. Апскейлинг немного снимает нагрузку с процессоров и повышает производительность устройства.

Периодически возникает потребность в ремастеринге старой, но популярной игры. Нейросети позволяют достаточно дешево и быстро улучшить графику: достроить недостающие детали изображения, повысить четкость, избавиться от пикселей.

Таким образом, DLSS, использующая нейросети оказалась более эффективной, чем FSR. Нейросети доказали свою эффективность для решения задач апскейлинга, они показывают лучшие результаты в резкости, а также в минимальном разрешении. Но из-за работы нейросети, в среднем нагрузка на видеокарту будет больше.

Литература

1. Киржаев Д. А. Обзор методов восстановления информации в изображениях с низким разрешением // Студенческий форум. – 2022. – № 17-3(196). – С. 30-32. – EDN LDAQIX.
2. Горина Е. В., Егупов Д. А. Обработка и апскейлинг цифрового изображения при помощи нейросетей на примере специального программного обеспечения // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2022. – № 1. – С. 95-100. – EDN MOQXZR.
3. Тарантино К. Цифровая фотография. Компьютерная обработка изображений: ретушь, обнаж. натура, свет и освещение, круп. план; [пер. с англ. - А. В. Метлина]. – Москва : Омега, 2006. – 143 с. – (Шаг за шагом). – ISBN 5-465-00372-3. – EDN QNJUJH.
4. Балдин М. И. Анализ влияния цветовых пространств на результаты обработки цветных изображений алгоритмами эквализации // Программные продукты и системы. – 2019. – № 3. – С. 444-451. – EDN ХРТУХВ.

5. Беликова Т. П., Стенина И. И., Яшунская Н. И. Обработка изображений и синдромный анализ признаков для улучшения интерпретации изображений // Компьютерная оптика. – 1997. – № 17. – С. 103-110. – EDN JWJMOX.
6. Кононов И. А. Метод синтеза классификационных признаков по бинаризациям исходных изображений для задач интеллектуального анализа изображений // Естественные и технические науки. – 2013. – № 6(68). – С. 297-300. – EDN ODSYMX.
7. Емельянова Н. Ю. Анализ подходов к выделению и обработке признаков объектов на изображении // Современные условия взаимодействия науки и техники: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Казань, 03 февраля 2017 года / Ответственный редактор Сукиасян Асатур Альбертович. Том 1. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2017. – С. 47-48. – EDN XSKSZF

References

1. Kirzhaev D. A. Review of methods for recovering information in low-resolution images // Student Forum. – 2022. – No. 17-3(196). – P. 30-32. – EDN LDAQIX.
2. Gorina E. V., Egupov D. A. Processing and upscaling of digital images using neural networks using the example of special software // Bulletin of young scientists of the St. Petersburg State University of Technology and Design. – 2022. – No. 1. – P. 95-100. – EDN MOQXZP.
3. Tarantino K. Digital photography. Computer image processing: retouching, nudity, nature, light and illumination, large. plan; [transl. from English - A.V. Metlina]. – Moscow: Omega, 2006. – 143 p. - (Step by step). – ISBN 5-465-00372-3. – EDN QNJUJH.
4. Baldin M. I. Analysis of the influence of color spaces on the results of processing color images by equalization algorithms // Software products and systems. – 2019. – No. 3. – P. 444-451. – EDN XPTYXB
5. Belikova T. P., Stenina I. I., Yashunskaya N. I. Image processing and syndromic feature analysis to improve image interpretation // Computer Optics. – 1997. – No. 17. – P. 103-110. – EDN JWJMOX.

6. Kononov I. A. Method of synthesis of classification features based on binarizations of source images for problems of intelligent image analysis // Natural and technical sciences. – 2013. – No. 6(68). – pp. 297-300. –EDN ODSYMX.
7. Emelyanova N. Yu. Analysis of approaches to identifying and processing features of objects in an image // Modern conditions for the interaction of science and technology: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Kazan, February 03, 2017 / Executive editor Sukiasyan Asatur Albertovich. Volume 1. - Kazan: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCE", 2017. - pp. 47-48. – EDN XSKSZF.

© Горячкин Б.С., Лосева С.С., Пименов Г.Ю., Шевчук М.С., Зозуля О.А., 2024
Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №5/2024.

Для цитирования: Горячкин Б.С., Лосева С.С., Пименов Г.Ю., Шевчук М.С., Зозуля О.А. Эргономический анализ методов апскейлинга изображения в современной игровой индустрии// Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник» №5/2024.