

УДК 004.932.4

Механизм инпейтинга для реконструкции изображений в условиях частичной утраты данных

Колосов Максим Игоревич

mgtumax@yandex.ru

SPIN-код: 3474-5668

Дерюгина Елена Олеговна

syvorova_eo@mail.ru

SPIN-код: 4241-3070

КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Россия

Проанализирован механизм инпейтинга (англ. inpainting) как эффективный метод восстановления данных в условиях частичной утраты информации. Инпейтинг используется для заполнения пропусков в изображениях, что позволяет восстанавливать детали, учитывая текстуры, формы и цветовые структуры окружающих областей. Рассмотрены основные принципы и подходы, лежащие в основе инпейтинга, а также демонстрируется процесс восстановления на конкретных примерах. Проанализированы преимущества и недостатки данного метода, а также его влияние на качество восстановления данных.

Ключевые слова: инпейтинг, реконструкция данных, восстановление информации, пропущенные области, глубокое обучение, нейронные сети

Современные методы обработки изображений играют важную роль в решении задач восстановления визуальной информации, особенно в условиях, когда часть данных была утрачена или повреждена. В таких случаях широко применяется инпейтинг (англ. inpainting) — процесс заполнения пропусков в изображениях, позволяющий восстанавливать утраченные или скрытые области на основе анализа доступного контекста [1]. Этот метод нашел применение в самых разных областях, включая реставрацию цифровых изображений, улучшение качества фотографий, восстановление старых документов и изображений, а также в области компьютерного зрения, где он помогает восстанавливать данные для дальнейшего анализа и распознавания. Применение инпейтинга также позволяет улучшить качество снимков, сделанных в сложных условиях, таких как плохое освещение, погодные влияния или наличие посторонних объектов.

Цель работы — изучить механизм инпейтинга как процесс восстановления данных в условиях частичной утраты информации, акцентируя внимание на его практическом применении для восстановления изображений с использованием нейросетевых методов. Для этого необходимо описать механизм инпейтинга, продемонстрировать процесс восстановления изображений с применением данного механизма, проанализировать преимущества и недостатки, а также определить возможные области применения механизма на практике.

Инпейтинг (англ. inpainting) — процесс реконструкции недостающих областей цифрового изображения, направленный на восполнение утраченных

данных таким образом, чтобы восстановленная область была визуально неотличима от оригинала, обеспечивая непрерывность текстур, градиентов и структур. Инпейнтинг основывается на использовании доступных данных для восстановления пропущенных участков изображения. Модель обучается на больших объемах данных, извлекая закономерности из визуальной информации [2]. В процессе обучения алгоритм анализирует множество изображений, что позволяет ему понимать, как должны выглядеть определенные участки на основе окружающего контекста. Это позволяет строить гипотезы о том, как можно заполнить пропуски на изображении, создавая визуально правдоподобные и согласованные с окружающими пикселями фрагменты.

Исторически методы инпейтинга зародились в контексте реставрации произведений искусства, где художники использовали техники, позволяющие восполнить утраченные или поврежденные фрагменты картин. С появлением цифровых технологий эти принципы были адаптированы к обработке изображений в виде алгоритмов, которые выполняют схожие задачи в цифровом пространстве. Первые подходы к инпейнтингу были основаны на простых детерминированных методах, которые постепенно распространяли пиксели из окружающих областей на утраченные части.

Инпейнтинг находит широкое применение в различных областях, где требуется восстановление визуальной информации в условиях утраты части данных. Одной из ключевых областей является реставрация изображений и произведений искусства. В процессе восстановления старинных картин и фотографий часто встречаются поврежденные или утраченные фрагменты, такие как трещины, потертости, пятна или даже полностью исчезнувшие области (рис. 1). Использование инпейтинга в таких случаях позволяет восстанавливать утраченные части изображения, сохраняя его визуальную целостность и оригинальные текстуры. Это особенно актуально в музеях и архивах, где требуется сохранить культурное наследие в максимально аутентичном виде.

Кроме того, инпейнтинг широко применяется для улучшения качества изображений, особенно в цифровой фотографии и видеопроизводстве [3]. В таких задачах инпейнтинг используется для удаления нежелательных объектов (например, царапин, шума, водяных знаков или посторонних предметов), что позволяет повысить общее качество изображения и сделать его более чистым и привлекательным. Благодаря этому фотографы, дизайнеры и видеоредакторы могут улучшать визуальное восприятие кадров без значительных потерь в детализации.

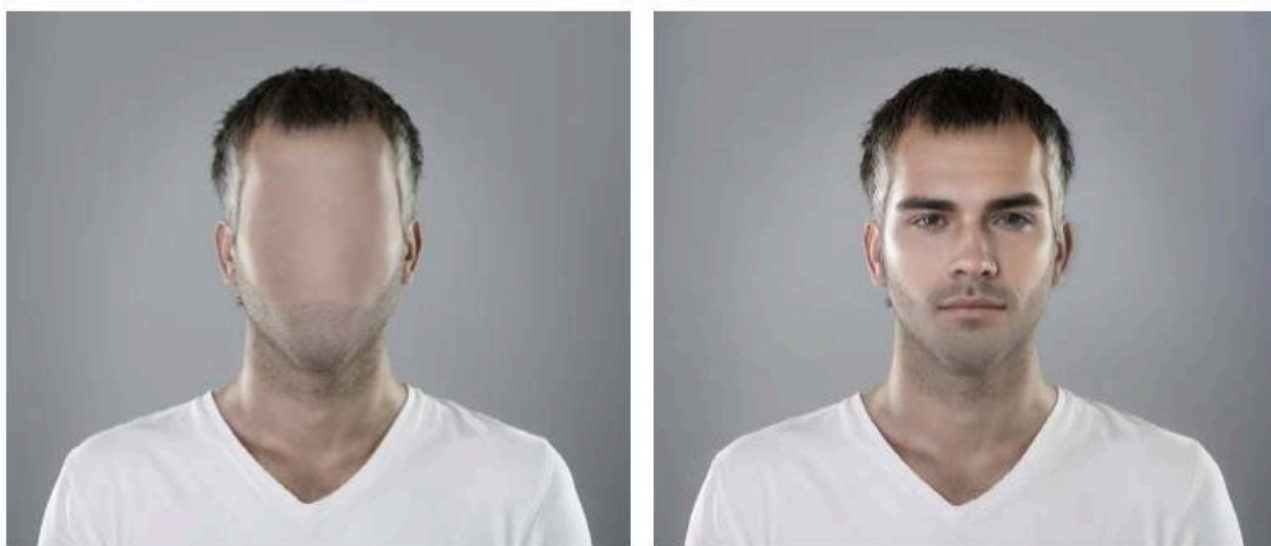
В отличие от классических методов, которые экстраполируют данные в зависимости от ближайших пикселей, инпейнтинг может генерировать вероятные гипотезы о том, как должны выглядеть утраченные области [4]. Это особенно полезно в случаях, когда на изображении отсутствует значительная часть данных. Модель находит схожие сцены или объекты в обучающих данных и на их основе «предсказывает», каким может быть внешний вид пропущенного фрагмента. Например, в задаче восстановления лица алгоритм анализирует симметрию и предсказывает утраченные черты (рис. 2).



а

б

Рис. 1. Восстановление недостающих фрагментов части картины Пьеро делла Франческа «Царица Савская в поклонении Святому Древу» до (а) и после (б) применения инпейтинга



а

б

Рис. 2. Восстановление изображения лица:

а — исходное изображение с отсутствующей частью лица;
б — восстановленное изображение после применения алгоритма инпейтинга

Современные методы инпейтинга могут использовать информацию из нескольких каналов изображения, таких как цветовые каналы (RGB), а также дополнительные источники данных, такие как глубина или инфракрасные изображения. Это улучшает качество восстановления, особенно когда изображение или сцена были получены в разных условиях [5]. Объединяя данные из различных источников, модель способна генерировать более точные и детализированные результаты.

Одним из важных преимуществ инпейтинга является способность восстанавливать сложные текстуры и детали, такие как шерсть животных, листва

деревьев или мелкие архитектурные элементы. Такие детали трудно восстановить традиционными методами, но алгоритмы инпейтинга могут учитывать сложные закономерности текстур, которые они изучили в процессе обучения. Это позволяет достичь высокой степени визуальной реалистичности при заполнении пропусков.

Литература

- [1] Баланов А.Н. *Машинное обучение и искусственный интеллект*. Санкт-Петербург, Лань, 2024, 172 с.
- [2] Терк М. *Компьютерное зрение. Передовые методы и глубокое обучение*. Москва, ДМК Пресс, 2022, 690 с.
- [3] Thanh D.N., Prasath V.B., Son N.V., Hieu L.M. An adaptive image inpainting method based on the modified Mumford-Shah model and multiscale parameter estimation. *Computer optics*, 2019, no. 2, pp. 251–257.
- [4] Кузнецов А.В., Гашников М.В. Ретуширование данных дистанционного зондирования с использованием алгоритмов доопределения изображений в задаче генерирования подделок. *Компьютерная оптика*, 2020, № 5, с. 763–771.
- [5] Кокошкин А.В. Ретуширование и восстановление отсутствующих частей изображений с помощью итерационного вычисления их спектров. *Компьютерная оптика*, 2019, № 6, с. 1030–1040.

Inpainting mechanism for image reconstruction under partial data loss conditions

Kolosov M.I.	mgtumax@yandex.ru SPIN-code: 3474-5668
Deryugina E.O.	syvorova_eo@mail.ru SPIN-code: 4241-3070

BMSTU (KB), Kaluga, Russia

The inpainting mechanism is analyzed as an effective method for data restoration under partial information loss conditions. Inpainting is used to fill gaps in images, enabling the recovery of details by considering the textures, shapes, and color structures of surrounding areas. This study examines the fundamental principles and approaches underlying inpainting and demonstrates the restoration process through specific examples. The advantages and disadvantages of this method are analyzed, along with its impact on data reconstruction quality.

Keywords: inpainting, data reconstruction, information recovery, missing regions, deep learning, neural networks