

Таким образом, принимаемое значение коэффициента запаса прочности составляет $6,1 \cdot 10^7$ единиц (рис. 2, з); наибольшие напряжения и деформация сосредоточены на детали «Плунжер» (непосредственное место приложения нагрузки); максимальное значение перемещений равно 10,47 мм. Данные показатели являются удовлетворительными для исследуемых деталей. Это позволяет сделать вывод о том, что сложный статический анализ для комплекса деталей можно проводить при помощи программного обеспечения SolidWorks, модуль Simulation.

Автор выражает признательность научному руководителю старшему преподавателю Позднякову Е. П. за оказанную помощь при проведении данного исследования.

Литература

1. Алямовский, А. А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи / А. А. Алямовский. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. – 448 с.
2. Солдатов, А. В. Статический анализ детали «вал» с применением программы твердотельного моделирования Solidworks / А. В. Солдатов // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2015 : материалы Всерос. открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей, Тамбов, окт. 2015 г. / ФГБОУ ВПО «ТГТУ». – Тамбов, 2015. – С. 211.
3. Трубопроводная арматура с автоматическим управлением: Т77 : справочник / Д. Ф. Гуревич, О. Н. Заринский, С. И. Косых [и др.] ; под общ. ред. С. И. Косых. – Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 320 с.
4. Шимановский, А. О. Моделирование перетекания жидкости в резервуаре с использованием программных комплексов ANSYS и STAR-CD / А. О. Шимановский, А. В. Пулято // Вестник Уральского государственного технического университета–УПИ. – 2005. – № 11. – С. 103–110.
5. 3D-модель как основной источник данных при организации совместной работы при проектировании, технологической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации / И. А. Кольцова, В. И. Козлов, Н. В. Грудина, Е. П. Поздняков // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : сб. тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 4 нояб. 2020 г. / НТЦК ОАО «Гомсельмаш». – Гомель, 2021. – С. 81–90.

УДК 004.93'11

АЛГОРИТМ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВАРИАЦИОННОГО АВТОКОДИРОВЩИКА

К. С. Курочка, А. С. Житко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Предложен алгоритм улучшения качества КТ-изображений позвоночника человека с применением модели машинного обучения на основе вариационного автокодировщика (VAE). Модель VAE разработана для уменьшения шума и артефактов, повышения контрастности и четкости изображений. Описаны этапы подготовки данных, архитектура модели и результаты тестирования. Апробация показала, что предложенный подход обеспечивает улучшение качества изображений с высокой скоростью обработки.

Ключевые слова: КТ-изображения, вариационный автокодировщик, машинное обучение, улучшение изображений, позвоночник.

ALGORITHM FOR IMPROVING THE QUALITY OF HUMAN SPINE CT IMAGES USING VARIATIONAL AUTOENCODER

K. S. Kyrochka, A. S. Zhitko

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The thesis proposes an algorithm for improving the quality of human spinal CT images using a machine learning model based on a variational autoencoder (VAE). The VAE model is designed to reduce noise and artifacts while enhancing the contrast and clarity of images. The article outlines the data preparation stages, the model architecture, and the results of system testing. Experiments have shown that the proposed approach improves image quality with high processing speed.

Keywords: CT images, variational autoencoder, machine learning, image enhancement, spine.

Компьютерная томография (КТ) является одним из основных методов визуализации позвоночника, позволяя получать детализированные изображения анатомических структур. Однако КТ-изображения часто страдают от наличия шумов и артефактов, что затрудняет диагностику. Использование нейронных сетей для постобработки изображений, включая снижение уровня шума и повышение четкости, позволяет существенно повысить визуальное качество данных, обеспечивая более точные и надежные результаты в задачах медицинской визуализации и диагностики.

Помимо улучшения двумерных изображений качественная очистка данных позволяет использовать результаты для более сложных задач, таких как трехмерная реконструкция позвоночника [1]. После того как шумы и «артефакты» устранены, улучшенные КТ-изображения можно использовать для построения точных 3D-моделей анатомических структур позвоночника, что особенно важно для планирования хирургических операций и проведения сложных медицинских манипуляций.

В рамках работы выполнено несколько этапов, направленных на создание системы улучшения качества КТ-изображений позвоночника человека. В первую очередь, был сформирован набор данных для обучения, который включал более 1500 КТ-изображений позвоночника в формате DICOM. Эти изображения были преобразованы в формат PNG для удобства дальнейшей обработки и анализа. Для обеспечения разнообразия представленных данных проводился тщательный отбор изображений, содержащих различные типы патологий позвоночника. Данные были получены из медицинских архивов пациентов, которые проходили лечение, что позволило создать репрезентативный набор для обучения модели.

Следующим шагом являлась предобработка данных, которая включала несколько ключевых процедур. Все изображения были нормализованы и отмасштабированы до разрешения 256×256 пикселей. Этот этап был необходим для обеспечения единообразия входных данных, что способствует более эффективному обучению модели. В процессе предобработки также был применен пороговый фильтр, который позволял улучшить видимость важных структур на КТ-изображениях. Фильтр снижал уровень шума и увеличивал контрастность, что делало изображения более пригодными для анализа. Такой подход позволял автоматически выделить ключевые области на изображениях, что впоследствии оказывало положительное влияние на результаты работы модели.

Для решения задачи улучшения качества КТ-изображений существует множество архитектур машинного обучения, таких как сверточные нейронные сети (CNN), генеративно-сопоставительные сети (GAN) и вариационные автокодировщики (VAE) [2]. На этапе разработки была выбрана архитектура модели, схема которой приведена на рис. 1.

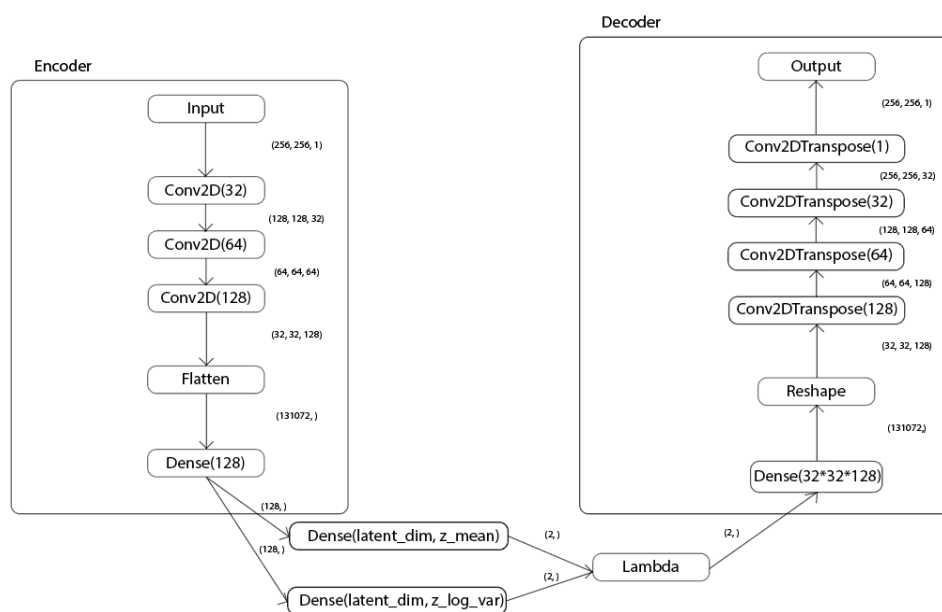


Рис. 1. Архитектура нейросетевой модели вариационного автоэнкодера

Архитектура автокодировщика состоит из двух основных компонентов: энкодера и декодера. Энкодер предназначен для преобразования входных изображений в скрытое латентное пространство, где ключевые признаки изображений кодируются в виде компактных представлений. Это пространство позволяет моделировать вероятностное распределение данных и находить скрытые закономерности. Декодер, в свою очередь, отвечает за восстановление изображения из этого латентного пространства. Он создает новые изображения на основе скрытых представлений, при этом улучшая их визуальные характеристики, такие как четкость и контрастность. Этот подход дает возможность существенно уменьшить шумы и артефакты, что особенно важно для медицинской диагностики.

Обучение модели проводилось с использованием фреймворка машинного обучения TensorFlow [3]. Для корректного обучения модели были сформированы три набора данных: обучающий, валидационный и тестовый. Процесс обучения ориентирован на минимизацию расхождений между желаемым и фактическим выходом модели.

В ходе анализа метрик выявлено значительное снижение ошибок при обработке данных. Среднеквадратичное отклонение (MSE) и Kullback-Leibler (KL) дивергенция являются ключевыми показателями в задачах восстановления изображений, и их улучшение подтверждает способность модели эффективно справляться с задачей очистки медицинских изображений. Визуальный анализ результатов (рис. 2) также показал положительные изменения: улучшенные изображения стали обладать более высокой контрастностью и четкостью по сравнению с исходными данными.

Однако при более глубоком визуальном анализе выходных изображений можно заметить эффект чрезмерной обобщенности, когда модель иногда добавляет несущественные детали, такие как отростки на позвоночных телах, даже если их не было на оригинальных изображениях. Это происходит потому, что вариационные автокодировщики (VAE) стремятся обобщить информацию и заполнить пробелы, что иногда приводит к созданию новых артефактов и чрезмерному сглаживанию изображений.

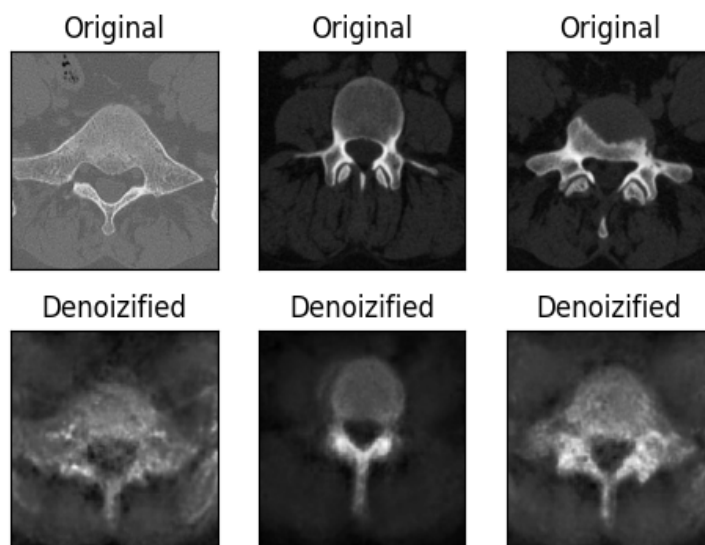


Рис. 2. Результат обработки изображений автокодировщиком

Разработанная система на основе вариационного автокодировщика значительно улучшает качество КТ-изображений позвоночника, что может существенно повысить точность диагностики в клинической практике. В перспективе планируется оптимизация модели для увеличения скорости обработки и улучшения результатов на больших объемах данных. Следует также подчеркнуть, что использование предобученных моделей может быть более эффективным подходом для достижения поставленных задач.

Литература

1. Курочка, К. С. Адаптированные алгоритмы Dual Contouring и Marching Cubes для 3D-реконструкции поясничного отдела позвоночника человека = Adaptation of Dual Contouring and Marching Cubes Algorithms for 3D Reconstruction of the Human Lumbar Spine / К. С. Курочка, Т. С. Семенченя // Доклады БГУИР. – 2023. – Т. 21, № 6. – С. 99–105.
2. Sadia, R. T. CT image denoising methods for image quality improvement and radiation dose reduction / R. T. Sadia, J. Chen, J. Zhang // Journal of Applied Clinical Medical Physics. – 2024. – Vol. 25, N 2. – P. e14270.
3. An Open Source Machine Learning Framework for Everyone / GitHub.com. – URL: <https://github.com/tensorflow/tensorflow> (date of access: 20.09.2024).

УДК 004.932.72'1:74.049

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПО ДАННЫМ ПОДВОДНОЙ ВИДЕОСЪЕМКИ

К. С. Горбунов, И. В. Дорощенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Представлено приложение для обнаружения объектов по данным, полученным в результате подводной видеосъемки, в котором пользователь сможет определять объекты при помощи нейронной сети, реализованной на основе модели YOLO.

Ключевые слова: идентификация объектов, определение объектов, нейронная сеть, подводная видеосъемка.