

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЧЕЛОВЕКА ПО ЕДИНСТВЕННОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

А. С. Тарасов¹, [0000-0002-2069-5247], В. В. Кугуракова², [0000-0002-1552-4910]

¹⁻²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Институт информационных технологий и интеллектуальных систем

¹aleksandratarasov53@gmail.com, ²vlada.kugurakova@gmail.com

Аннотация

Статья посвящена подходам к обработке изображения для успешной реконструкции трехмерной модели человека, создаваемой методом неявной функции с выравниванием по пикселям, представленном FaceBook Research. Выявлены недостатки работы метода, связанные с ограничением качества исходного изображения. Представлены рекомендации, позволяющие избежать его некорректной работы, и предложены подходы для улучшения исходного изображения, увеличивающие в 1,33 раза идентичность получаемой модели. Также отработана тактика последующего наложения текстуры и внедрения набора анимаций.

Ключевые слова: распознавание лиц, реконструкция лиц, реконструкция фигуры, модель человека, метод неявной функции с выравниванием по пикселям, нейронная сеть

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальна проблема создания трёхмерной модели человека [1]. Наиболее распространено её использование для реализации виртуальной реальности, в частности, в игровой индустрии в качестве аватара пользователя и других персонажей. Большинство современных фильмов не может обойтись без трёхмерных моделей персонажей, они используются в фантастических сценах, участие реальных актёров в которых становится всё менее практичным. В современной массовой мультипликации 3D-анимация практически полностью заменила 2D-рисунок. Трёхмерная модель человека полезна также для исследований в медицине [2] и многих других отраслях.

В большинстве современных игр пользователю даётся на выбор ограниченный ряд уже созданных персонажей. Он решает, каким героем играть дальше по его визуальным, физическим и психологическим характеристикам. Многие игры дают возможность модифицировать внешность выбранного персонажа, изменяя размеры и формы определённых частей тела. Одним из первых популярных решений в этом направлении было создание персонажа в игре «Sims» от Maxis [3]. Проблемой в таких конструкторах является то, что хоть достижение сходства с внешностью желаемого человека и возможно, но на это потребуются достаточно продолжительное время, а также усидчивость и терпеливость. Для некоторых пользователей такой путь не подходит, поэтому они останавливаются на уже готовых макетах персонажей.

То же актуально и в других отраслях. Есть запрос на автоматическое создание трёхмерной модели человека по имеющимся визуальным данным, например, его фотографии [4]. Чтобы на вход подавалось двухмерное изображение, программа находила на нём человека, анализировала его признаки и на основе этих данных выводила 3D-модель.

Существуют разные подходы для реконструкции и только лица человека, и в целом тела. Делать полностью обзор таких подходов здесь не представляется возможным в силу его обширности. Остановимся лишь на некоторых аспектах, актуальных для проведенного исследования.

1. ОБЗОР РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Последние исследования в создании 3D-модели человека связаны с нейронными сетями [5]. Несмотря на то, что текущие технологии демонстрируют большой потенциал, они всё ещё проваливаются в реконструировании деталей оригинального изображения. Существуют две основные проблемы: для точной реконструкции необходим большой контекст и в то же время нужно высокое разрешение рассматриваемых изображений.

Ранние существовавшие подходы опирались на целостные рассуждения для сопоставления двухмерного внешнего вида изображенного человека и его трехмерной формы, а из-за ограничений по памяти текущего графического оборудования на практике редко использовалось высокое разрешение в исходниках или же оно сжималось до более низкого качества [6]. Несмотря на то, что на выходе полу-

чается целостная 3D-модель человека в полный рост, ее качество соответствовало исходному с потерей таких деталей, как, например, пальцы и более мелкие части тела, которые имеют важное значение для детальной 3D-реконструкции.

Точная реконструкция человека возможна с использованием мультиобзорных систем, но она остаётся недоступной для общего доступа из-за опоры на профессиональные системы захвата со строгими ограничениями – количество камер, управляемое освещение и тому подобное, которые очень дороги и громоздки на практике [7]. Всё чаще начинают использоваться высокопроизводительные модели глубокого обучения, которые показали большие перспективы в реконструкции, даже имея на входе всего одно изображение [8]. Однако результат этих методов остаётся значительно слабее того, что достигается с помощью профессионального оборудования.

1.1 Реконструкция по PIFuHD

Решение PIFuHD [9] от Facebook Research [10] отвечает на существующие проблемы по прототипированию 3D модели человека формулированием мультиуровневой архитектуры со сквозным (end-to-end) обучением. Наблюдение FaceBook Research состоит в том, что существующие подходы не в полной мере используют высокое разрешение изображений людей, которое сейчас легко доступно даже с использованием мобильных телефонов, не говоря уже о более профессиональной фототехнике.

Подходы, которые должны покрыть эти ограничения, могут быть категоризированы на один из двух лагерей. В первом – проблема декомпозируется от грубой к детальной (когда изображение низкого разрешения масштабируется), где высокочастотные детали отпечатываются на поверхности с низкой точностью. При данном подходе изображение низкого разрешения используется для получения грубой формы. Затем мелкие детали, представленные как нормали к поверхности или смещения, добавляются с помощью пост-обработки, такой как Shape From Shading (Форма из затенения). Второй лагерь использует высокоточные модели людей, чтобы воссоздать правдоподобную деталь. Хотя оба подхода в результате дают детальную реконструкцию, они часто неточно воспроизводят истинные детали исходного изображения

PIFuHD представляет сквозной (end-to-end) многоуровневый фреймворк, который выводит трехмерную геометрию одетых людей с высоким разрешением изображения 1K с выравниванием по пикселям, сохраняя детали исходника (см. рис. 1).



Рис. 1. Пример результата работы PIFuHD

Основной вклад работы состоит в (1) сквозном (end-to-end) обучаемом от грубого-к-детальному (Coarse-to-fine) фреймворке для изучения неявной поверхности для трёхмерной реконструкции одетого человека в высоком разрешении и (2) методе для эффективного обращения с неопределенностью в невидимых областях, таких как задняя сторона тела, в результате получая полную реконструкцию с высокими деталями.

1.1.1 Неявная функция с выравниванием по пикселям (PIFu)

В грубом методе PIFuHD используется PIFu (Pixel-aligned Implicit function) – метод неявной функции с выравниванием по пикселям [6], который разрабатывался для тех же задач.

В PIFu в качестве исходного используется изображение в разрешении 512x512, получая вложенные признаки низкого разрешения. Чтобы в результате достичь более высокого разрешения, поверх этого фреймворка добавляется дополнительный модуль прогнозирования с выравниванием по пикселям (pixel-

aligned prediction), где более точный модуль на входе берёт изображение более высокого качества (1024x1024) и обрабатывает в признаки изображения высокого разрешения (512x512).

Второй модуль берёт вложенные признаки высокого разрешения и 3D вложения из первого модуля и предсказывает поле вероятности заполнения. Для улучшения качества и точности реконструкции сначала предсказываются карты нормалей для лицевой и задней сторон в пространстве изображения, и затем они отправляются в нейронную сеть как дополнительные исходные данные. Соответственно, результат в PIFu на практике ограничен разрешением объекта. На эту проблему отвечает модификация PIFuHD.

1.1.2 Метод создания 3D модели

Процесс прототипирования трёхмерной модели в PIFuHD состоит из двух уровней (см. рис. 2).

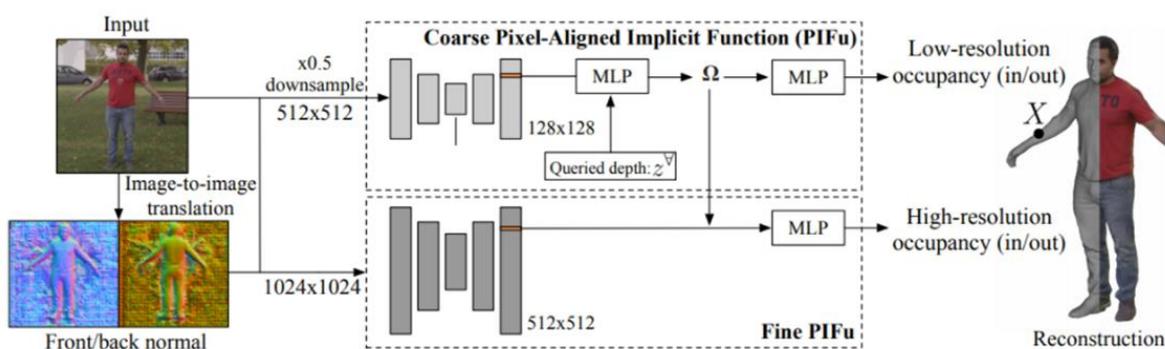


Рис. 2. Процесс создания трёхмерной модели человека

Подход FaceBook Research отличается от грубого-к-детальному тем, что на грубых уровнях не используется явное геометрическое представление. Вместо этого неявно закодированный геометрический контекст распространяется на более высокие уровни без предварительного определения геометрии.

На вход системе даётся фотография человека в высоком разрешении. Сначала образуется грубая целостная модель тела человека из сжатого в 2 раза исходного изображения. Благодаря выравниванию пикселей представления, происходит объединение изученного целостного грубого представления и деталей изображения, извлечённых из исходного высокого качества. Затем с помощью обученного

фреймворка модель улучшается путем прохождения нескольких уровней обработки. Каждый уровень постепенно добавляет новые детали, отсутствовавшие на грубых уровнях, с последующим окончательным определением геометрии, которое происходит только на самых высоких уровнях. В результате этого получается качественная модель лицевой части человека, видимая на исходном изображении.

В PIFuHD человек на изображении отделяется от окружения с использованием алгоритма распознавания человека на изображении и его позы, такого как OpenPose [11], на выходе которого получаем прямоугольник, внутри которого находится человек.

Наконец, для полноценной реконструкции системе необходимо восстановить заднюю сторону тела человека, которая не видна на двухмерных изображениях. Для реализации данного метода используется нейронная сеть MLP (Много-слойный перцептрон).

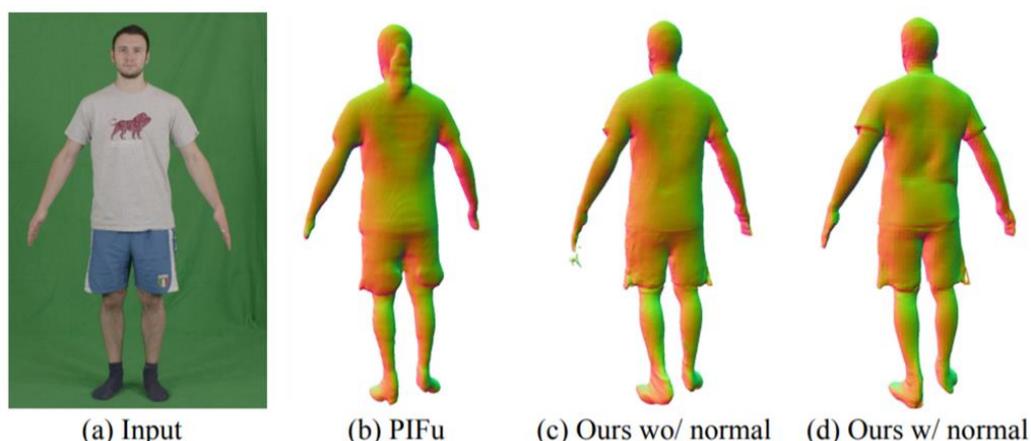


Рис. 3. Получение задней стороны человека

Задние и лицевые нормали в пространстве предсказываются с помощью pix2pixHD сети [12], отображая из RGB цветов в карты нормалей (см. рис. 3).

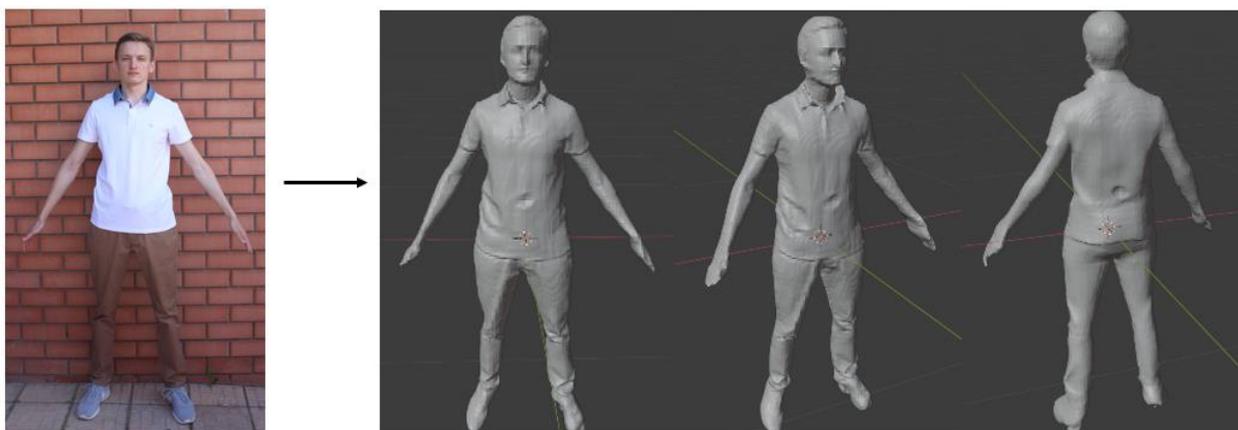


Рис 4. Пример результата работы системы

Связывая вывод мульти-уровневого выравнивания пикселей с полученной поверхностью задних нормалей, можно убрать неопределённость и существенно улучшить качество реконструкции с более последовательным уровнем деталей между скрытыми и видимыми частями тела.

Для получения 3D-модели человека требуется загрузить фотографию человека в высоком разрешении с чёткими гранями тела на несложном в плане деталей фоне (см. рис. 4). Модель реконструируется автоматически, никаких дополнительных действий не требуется.

После тестирования PIFuHD на ряде изображений (см. рис. 5) были выявлены недостатки метода, которые позволили сформулировать правила для повышения корректности реконструкции:

- высокое разрешение исходного изображения, выше 1K;
- на фотографии должен быть изображён только один человек;
- чёткое изображение человека с неразмытыми гранями его тела;
- лучше строгое прямое положение тела и лица;
- однотонный фон или же тон, не содержащий множество мелких деталей вокруг фигуры;
- цвет фона и цвет граней тела человека не должны быть близки;
- более облегчающая одежда.



Рис. 5. Примеры результатов работы PIFuHD

Перечисленные ограничения вызваны тем, что системе требуется найти человека на изображении и отделить его от фона.

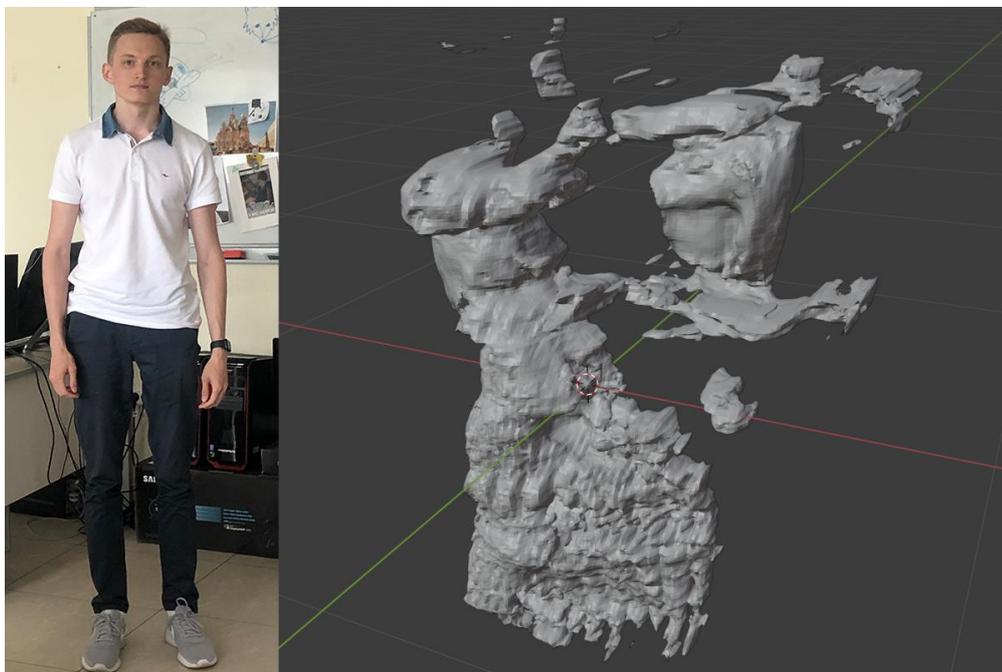


Рис. 6. Пример некорректной работы PIFuHD

Если исходное изображение не будет соответствовать перечисленным правилам, система не сможет распознать тело человека на изображении, и на выходе получится некорректная модель. Так, на рис. 6 представлен неудачный пример результата работы – исходное изображение имеет недостаточно высокое качество, из-за чего грани тела человека недостаточно чёткие, кроме того, оттенки белого цвета на фоне сливаются с белой одеждой на фотографии.

2. МОДИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕКОНСТРУКЦИИ

Формализованная блок-схема улучшения базового алгоритма приведена на рис. 7.



Рис. 7. Улучшение базового алгоритма

2.1 Обновление датасета

В PIFuHD для тренировки нейросети используется датасет от RenderPeople, который состоит из 500 коммерчески доступных фотограмметрических сканов. В нашем решении мы используем MetaHuman [14] персонажей от Unreal Engine [15] из-за их высокой фотореалистичной детализации (см. рис. 8).



Рис. 8. Редактор персонажа в MetaHuman Creator

Это более актуальный датасет, чем тот, что используется в PIFuHD.

Из-за того, что проект MetaHuman находится в ранней стадии запуска, чтобы использовать данных персонажей в своих локальных целях требуется повторение ряда действия для каждого из них. Сначала происходит импорт в Unreal Engine с помощью Bridge [16], затем оттуда его нужно экспортировать в формате FBX по частям – отдельно голова, отдельно остальное тело. Далее нужно импортировать полученные файлы в Blender, совместить их и экспортировать в необходимый формат OBJ. Так был собран датасет из 50 MetaHuman персонажей, 45 из которых было использовано для обучения нейронной сети, 5 – для тестирования.

2.2 Улучшение качества исходного изображения

После тестирования PIFuHD на ряде изображений было замечено, что системе часто не удаётся получить корректную 3D-модель из-за размытости или недостаточной детализированности исходного изображения. Решить эту проблему поможет система по улучшению качества изображения с помощью машинного обучения (см. рис. 9), такая как DFDNet [17].

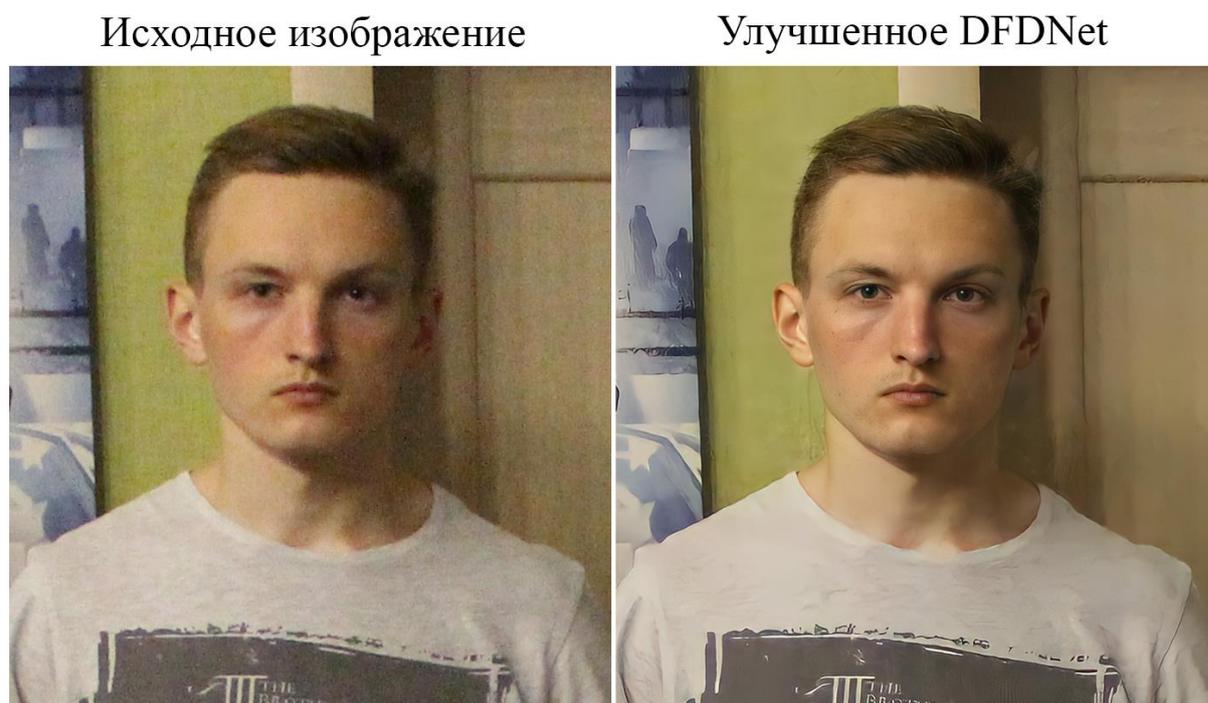


Рис. 9. Пример результата работы DFDNet

В систему загружается фотография низкого качества, в результате получается разрешение выше исходного в 2–4 раза в зависимости от вашего выбора. Также си-

стема справляется с размытыми участками изображения, делая их более чёткими и точными.

2.3 Удаление фона в исходном изображении

Также для лучшего распознавания человека на фотографии поможет инструмент для удаления фона. Популярным решением этой задачи является removebg [18]. Это веб-сервис, на котором можно загрузить фотографию, и система автоматически удалит фон вокруг человека (см. рис. 10). На выходе removebg предлагает скачать файл в формате PNG, который как раз предназначен для изображений с прозрачными областями. Разработчики представляют возможность использовать функционал в сторонних проектах с использованием их API.



Рис. 10. Результат работы removebg

Таким образом, после внедрения указанных технологий в систему загруженное пользователем изображение сначала улучшается в качестве с использованием DFDNet, а затем становится прозрачным.

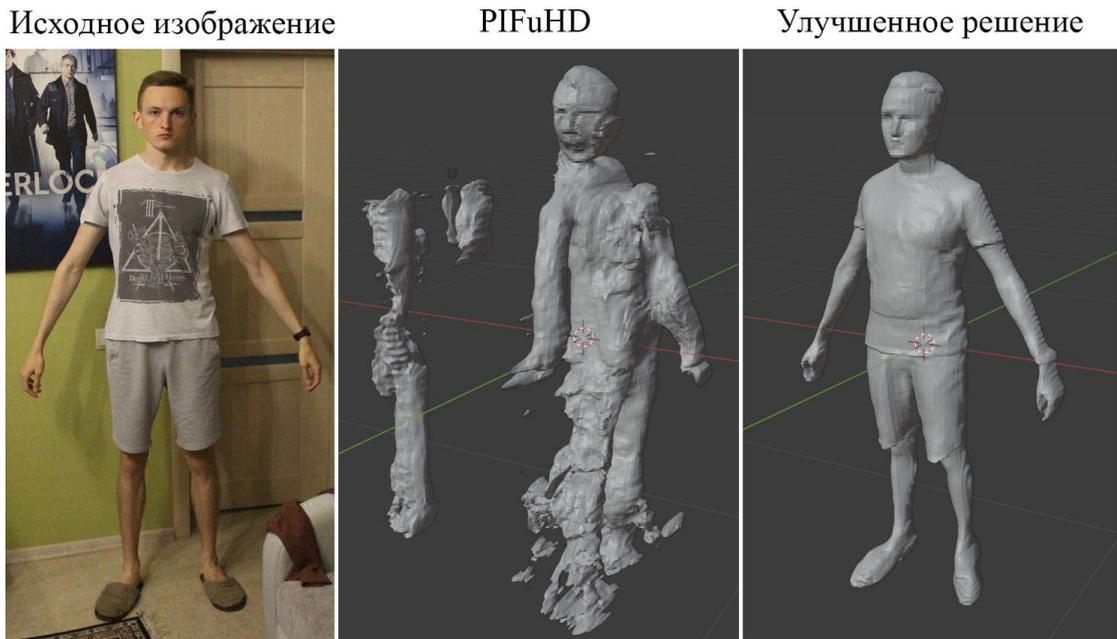


Рис. 11. Сравнение результата PIFuHD и улучшенного решения

Наглядным примером демонстрации введённых улучшений будет выбор исходного изображения, не соответствующего требованиям PIFuHD, – шумное, плохо освещённое, с нечёткими гранями тела человека и сложным фоном. Из-за этого в PIFuHD модель в результате получила искажённый вид. Благодаря же добавленным в систему модификациям, 3D-модель вышла успешной (см. рис. 11).

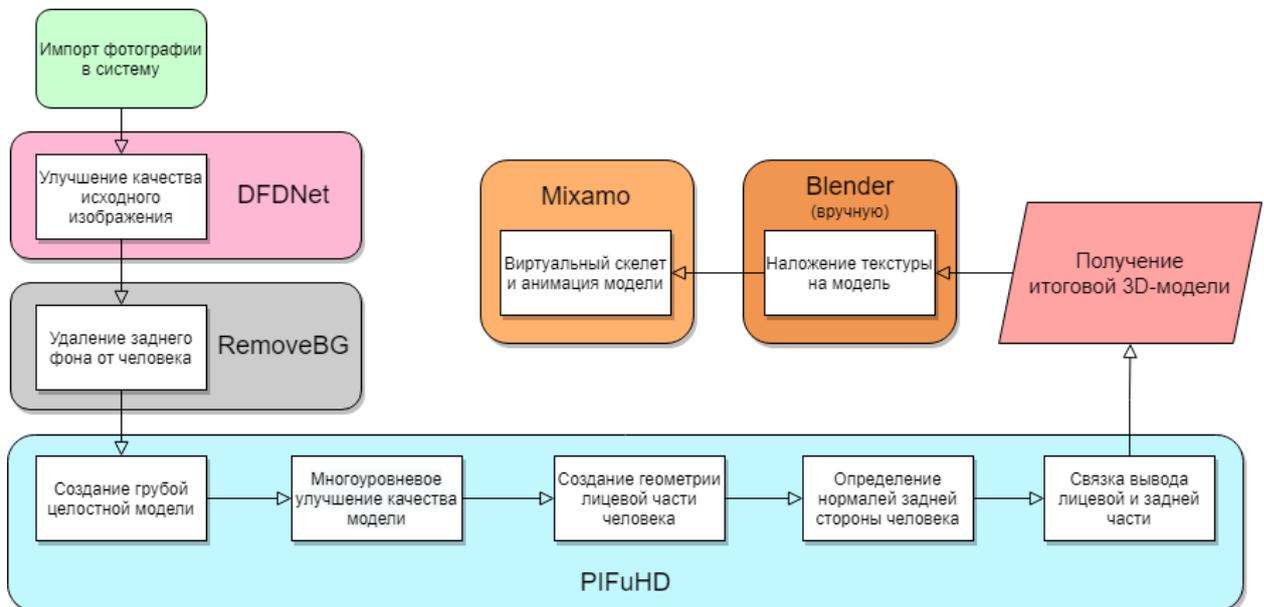


Рис. 12. Описание итогового процесса создания модели

Алгоритм реконструкции представлен упрощенной блок-схемой на рис. 12.

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основе 50 экспериментов с одинаковым набором изображений было показано более успешное создание трехмерной модели, в среднем в 1.33 раза в сравнении с PIFuHD.

Полученный файл можно импортировать в графический редактор для текстуризации модели вручную с помощью наложения оригинального изображения и дополнительного редактирования задней стороны тела встроенными инструментами (см. рис. 13).

Модель можно анимировать вручную, создав виртуальный скелет человека, или же использовать ПО для автоматического решения этой задачи (например, Mixamo [19]). Модель с текстурой требуется экспортировать в формате FBX для дальнейшего импорта в Mixamo.



Рис. 13. Текстуризация импортированной меш-модели

Также можно использовать OBJ файл, полученный ранее, но анимированный образ, соответственно, будет без текстуры.

После создания виртуального скелета (см. рис. 14) можно экспортировать модель как в оригинальной позе с исходной фотографии, так в Т-позе, или же использовать одну анимацию из шаблонов на сайте, после чего экспортировать модель уже с наложенными движениями.

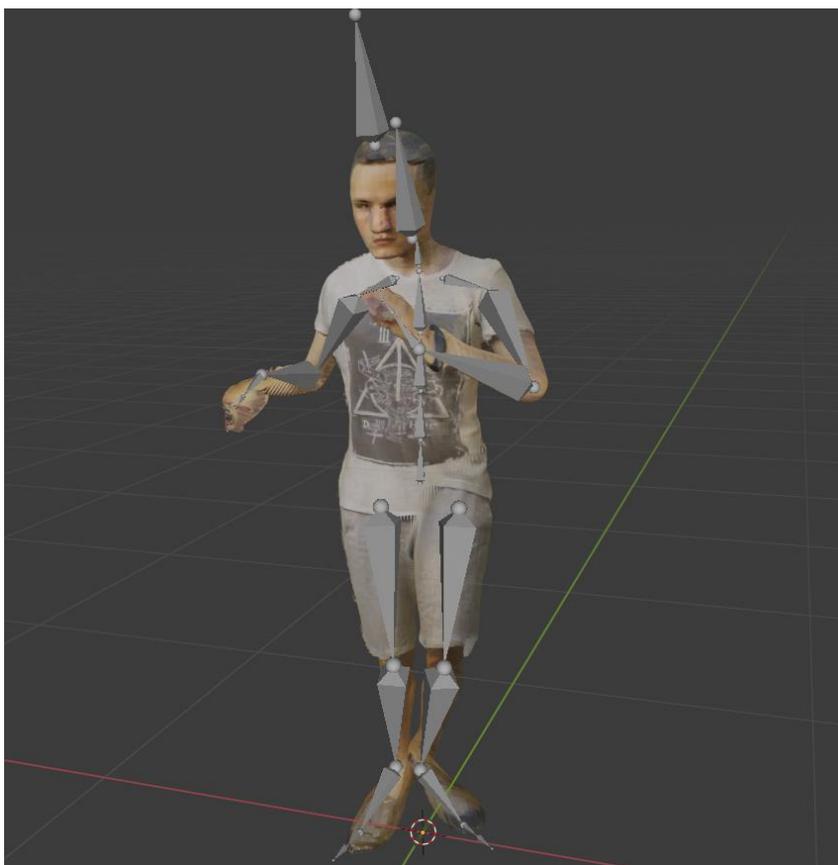


Рис. 15. Итоговая текстурированная и анимированная трехмерная модель

Выбрав любой из этих вариантов, при экспорте получаем файл в формате FBX, с которым можно работать в графических редакторах (например, в Blender).

3. ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ

Полноценная автоматическая генерация текстурированной и анимированной трехмерной модели по единственному изображению человека «на лету» не представляется недостижимой, однако в текущей реализации не достает ряда возможностей. Это:

1. автоматическое создание текстур трехмерной модели;
2. автоматическое создание виртуального скелета для дальнейшей анимации 3D-модели;
3. выделение отдельных людей на фотографии для снятия ограничения на создание одной трехмерной модели по одной фотографии;

4. импорт полученной модели в MetaHuman (пока функционал импорта не доступен) для быстрого генерации высокодетализированных персонажей с естественной мимикой;

5. расширение датасета для обучения нейронной сети, что повышает уровень реалистичности результата и открывает другие возможности;

6. модификация нейронной сети для улучшения результатов обучения.

Этим исследованиям, дальнейшим экспериментам и фиксированием лучших тактик будет посвящена дальнейшая работа авторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было разработано решение, детально представленное в [20], для быстрого прототипирования трёхмерной модели тела человека по единственному его двумерному изображению. В ходе работы были исследованы существующие решения, выявлены недостатки самого актуального из них, произведено улучшение подходов, на основе ряда экспериментов показана успешность внедрённых изменений. Кроме того, была отработана тактика последующего наложения текстуры и внедрения набора анимаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lassner C., Romero J., Kiefel M., Bogo F., Black M.J., Gehler P.V.* Unite the people: Closing the loop between 3d and 2d human representations // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017. P. 6050–6059.

2. *Sun Z.* 3D printing in medicine: current applications and future directions Quantitative imaging in medicine and surgery. 2018. V. 8. No. P. 1069.

3. Character editor demo. Official site of the Sims 4.

URL: <https://www.ea.com/ru-ru/games/the-sims/the-sims-4/pc/create-a-sim-demo> (дата обращения: 29.03.2021).

4. *Weng C.Y., Curless B.* Photo wake-up: 3d character animation from a single photo // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019. P. 5908–5917.

5. *Alldieck T., Pons-Moll G., Theobalt C., Magnor M.* Tex2shape: Detailed full human body geometry from a single image // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019. P. 2293–2303.

6. *Saito S., Huang Z., Natsume R., Morishima S., Kanazawa A., Li H.* Pifu: Pixel-aligned implicit function for high-resolution clothed human digitization // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019. P. 2304–2314.

7. *Chen Y., Medioni G.* Object modelling by registration of multiple range images // Image and vision computing. 1992. V. 10. No. P. 145–155.

8. *Pavlakos G., Zhu L., Zhou X.* Learning to estimate 3D human pose and shape from a single color image // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2018. P. 459–468.

9. *Saito S., Simon T., Saragih J., Joo H.* Pifuhd: Multi-level pixel-aligned implicit function for high-resolution 3d human digitization // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020. P. 84–93.

10. Giving people the power to build community through research and innovation. Facebook Research.

URL: <https://research.fb.com/> (дата обращения: 5.07.2021).

11. Real-time 2D Multi-Person Pose Estimation on CPU: Lightweight OpenPose. GitHub.

URL: <https://github.com/Daniil-Osokin/lightweight-human-pose-estimation.pytorch> (дата обращения: 29.06.2021).

12. pix2pixHD. GitHub. URL: <https://github.com/NVIDIA/pix2pixHD> (accessed 29.03.2021).

13. Blender 2.92 Reference Manual. Blender Documentation.
URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest> (дата обращения: 29.03.2021).

14. MetaHuman Creator. Unreal Engine.
URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/metahuman-creator> (дата обращения: 29.03.2021).

15. The world's most open and advanced real-time 3D creation tool // Unreal Engine. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/> (дата обращения: 29.03.2021).

16. Manage 3D content and export with one click. Quixel Bridge.
URL: <https://quixel.com/bridge> (дата обращения: 6.07.2021).

17. Blind Face Restoration via Deep Multi-scale Component Dictionaries. GitHub. URL: <https://github.com/csxmli2016/DFDNet> (дата обращения: 29.03.2021).

18. Background Removal API. remove.bg. URL: <https://www.remove.bg/api> (дата обращения: 29.03.2021).

19. Animate 3D characters for games, film, and more. Mixamo. URL: <https://www.mixamo.com> (дата обращения: 6.07.2021).

20. *Тарасов А.С.* Быстрое прототипирование трехмерного виртуального аватара и его движений на основе сканирования / Выпускная квалификационная работа бакалавра Института информационных технологий и интеллектуальных систем // Казанский федеральный университет. 2021. 55 с.

RECONSTRUCTION OF A THREE-DIMENSIONAL HUMAN MODEL FROM A SINGLE IMAGE

A. S. Tarasov¹, V. V. Kugurakova²

¹Kazan (Volga region) federal university

¹aleksandrtarasov53@gmail.com, ²vlada.kugurakova@gmail.com

Abstract

This article focuses on improving the 3D reconstruction of a human model from a single pixel-aligned implicit function image presented by FaceBook Research. The drawbacks of the method are revealed, associated with limiting the quality of the original image, recommendations are presented to avoid its incorrect operation, and approaches to improve the original model are proposed, which increase the identity of the resulting model by 1.33 times. We also worked out the tactics of subsequent texture mapping and implementation of a set of animations.

Keywords: *face recognition, face reconstruction, figure reconstruction, human model, Pixel-aligned Implicit function, neural network*

REFERENCES

1. *Lassner C., Romero J., Kiefel M., Bogo F., Black M.J., Gehler P.V.* Unite the people: Closing the loop between 3d and 2d human representations // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017. P. 6050–6059.
 2. *Sun Z.* 3D printing in medicine: current applications and future directions Quantitative imaging in medicine and surgery. 2018. V. 8. No. 11. P. 1069.
 3. Character editor demo. Official site of the Sims 4.
URL: <https://www.ea.com/ru-ru/games/the-sims/the-sims-4/pc/create-a-sim-demo> (accessed 29.03.2021).
 4. *Weng C.Y., Curless B.* Photo wake-up: 3d character animation from a single photo // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2019. P. 5908–5917.
 5. *Alldieck T., Pons-Moll G., Theobalt C., Magnor M.* Tex2shape: Detailed full human body geometry from a single image // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019. P. 2293–2303.
 6. *Saito S., Huang Z., Natsume R., Morishima S., Kanazawa A., Li H.* Pifu: Pixel-aligned implicit function for high-resolution clothed human digitization // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019. P. 2304–2314.
 7. *Chen Y., Medioni G.* Object modelling by registration of multiple range images // Image and vision computing. 1992. V. 10. No. 3. P. 145–155.
 8. *Pavlakos G., Zhu L., Zhou X.* Learning to estimate 3D human pose and shape from a single color image // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2018. P. 459–468.
 9. *Saito S., Simon T., Saragih J., Joo H.* Pifuhd: Multi-level pixel-aligned implicit function for high-resolution 3d human digitization // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2020. P. 84–93.
 10. Giving people the power to build community through research and innovation. Facebook Research. URL: <https://research.fb.com/> (accessed 5.07.2021).
 11. Real-time 2D Multi-Person Pose Estimation on CPU: Lightweight OpenPose. GitHub.
URL: <https://github.com/Daniil-Osokin/lightweight-human-pose-estimation.pytorch> (accessed 29.06.2021).
-

12. pix2pixHD. GitHub. URL: <https://github.com/NVIDIA/pix2pixHD> (accessed 29.03.2021).

13. Blender 2.92 Reference Manual. Blender Documentation. URL: <https://docs.blender.org/manual/en/latest> (accessed 29.03.2021).

14. MetaHuman Creator. Unreal Engine. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/metahuman-creator> (accessed 29.03.2021).

15. The world's most open and advanced real-time 3D creation tool. Unreal Engine. URL: <https://www.unrealengine.com/en-US/> (дата обращения: 29.03.2021).

16. Manage 3D content and export with one click. Quixel Bridge. URL: <https://quixel.com/bridge> (accessed 6.07.2021).

17. Blind Face Restoration via Deep Multi-scale Component Dictionaries. GitHub. URL: <https://github.com/csxmli2016/DFDNet> (accessed 29.03.2021).

18. Background Removal API. remove.bg. URL: <https://www.remove.bg/api> (accessed 29.03.2021).

19. Animate 3D characters for games, film, and more / Mixamo. URL: <https://www.mixamo.com> (accessed 6.07.2021).

20. *Tarasov A.S. Bystroe prototipirovanie trekhmernogo virtual'nogo avatara i ego dvizhenij na osnove skanirovaniya. Bachelor graduation work // Kazan federal university. 2021. 55 s.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ТАРАСОВ Александр Сергеевич — выпускник 2021 года бакалавриата Института информационных технологий и интеллектуальных систем Казанского федерального университета, абитуриент магистратуры. Область научных интересов: перенос человека в виртуальную реальность и связанные с этим вопросы: анализ изображений, распознавание лица и тела, реконструкция трехмерной модели, нейронные сети для обработки изображений, автоматическая анимация аватара, синхронизация действий и мимики аватара в виртуальной реальности с действиями человека в реальном времени.

TARASOV Alexander Sergeevich – 2021 graduate of the bachelor's degree at the Institute of Information Technologies and Intelligent Systems of Kazan Federal University, an applicant for a master's degree. Research interests: transfer of a person to virtual reality and related issues: image analysis, face and body recognition, reconstruction of a three-dimensional model, neural networks for image processing, automatic animation of an avatar, synchronization of actions and facial expressions of an avatar in virtual reality with human actions in real life time.

Email: aleksandrtarasov53@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2069-5247



КУГУРАКОВА Влада Владимировна – кандидат технических наук, доцент Института информационных технологий и интеллектуальных систем Казанского федерального университета. Область научных интересов: расширенная реальность, разработка игр.

KUGURAKOVA Vlada Vladimirovna – PhD (tech. science), Associate Professor of the Institute of Information Technologies and Intelligent Systems, Kazan Federal University. Research interests: augmented reality, game development.

Email: vlada.kugurakova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-1552-4910

Материал поступил в редакцию 20 мая 2021 года