

# Методика измерения на основе изображений для Прогнозирования размера человеческого тела

Синь Пей  
Группа идолов  
Университет Фудань  
Шанхай, Китай  
peixin@mengxiang.com

Цзин Чжао  
Группа идолов  
Шанхай, Китай  
Zhaojing01@mengxiang.com

Ситонг Ву  
The Idol Group  
Шанхай, Китай  
wusitong@mengxiang.com

Чуньян Лин  
The Idol Group  
Шанхай, Китай  
linchunyan@mengxiang.com

**Аннотация** — Для достижения высокой точности прогнозирования состояния человеческого организма остается открытым вопросом на протяжении десятилетий, особенно с появлением COVID и онлайн-розничная торговля становится основным каналом потребления. Измерение фигуры - ключ к решению проблемы подбора одежды и рекомендация в электронной торговле одеждой. В этом документе предлагается практическая основа измерения тела на основе изображений, только с помощью фотоснимков пользователя спереди и сбоку. Эта система не требует чистого фона или точного положения стоя и поддерживает ручную модификацию результатов измерений. framework использует рост, вес и пол людей в качестве параметров для инициализации общего набора размеров тела и корректирует каждую часть набора путем анализа пропорций тела на изображениях спереди и сбоку. Точность прогнозирования была проверена на 50 цифровых моделях и 10 реальных людях. Результаты показали, что размеры окружности, такие как грудь, талия, бедра, имеют погрешность менее 5%, в то время как размеры длины например, длина рук и ног приближается к реальной на моделях чистого тела. Для реальных людей ошибки зависят от ношения одежды. Кроме того, благодаря высокой точности метод обеспечивает высокую скорость обработки, достигающую 19QPS на сервере с графическим процессором NVIDIA RTX5000.

**Ключевые слова-измерение тела, размер тела, модель тела, изображение- основано**

## I. Введение

Традиционно измерение телосложения осуществляется только с помощью дорогостоящих индивидуальных услуг посредством индивидуального замера на месте. Кроме того, данные индивидуального размера будут зарезервированы только в локальном хранилище продавца. В области одежды для электронной коммерции, 40% возвратов происходят из-за неправильного размера, согласно продажам и статистика послепродажного обслуживания. Размер тела пользователя зависит от способностей персонализированной настройки и точных рекомендаций. Как только пользователь регистрируется, указав свой размер тела, электронная торговая платформа сможет фильтровать неподходящие фасоны одежды и те, которым не хватает его / ее размера, чтобы таким образом достичь ``fitt, затем стилия ``. Между тем, рекомендация больше не будет определяется только тем, что пользователь просмотрел и заплатил, но что подходит его / ее размер и форма тела, а также предпочитаемый бренд и цена. Выше приведены преимущества продажи одежды stoke, зная размер тела пользователя также способствует цифровому производству и универсальной настройке. В будущем производстве одежды дизайнеры создадут цифровую 3D-ткань и подсчитают платежи путем предварительной продажи через платформы электронной коммерции. Производство заказы реорганизованы в форме требований к точному размеру.

sheet, вместо крупномасштабного производства вслепую. Таким образом, на производство по требованию обеспечит экономию энергии и решит проблему с тканями переизбыток.

Существуют два основных шаблона для измерения размеров тела: измерение на основе оборудования и измерение на основе изображений. Оборудование также имеет две подкатегории: измерительные приборы на основе видимого света и измерительные приборы на основе милливолн. Форма в видимом свете устройство для определения размера всегда выглядит как коробка, содержащая группу самара например, Kinect [1]. Это требует от участника ношения специальной облегчающей одежды, позволяющей различать очертания человеческого тела. В чтобы обеспечить простой способ измерения фигуры, решение для этого используется функция milli-wave, которая использует технологию wave механизм отражения, который используется в системе безопасности аэропортов. Участник может просто надеть обычную одежду, и милливолна может проникать сквозь ткань, но будет отражаться человеческим телом. В результат сканирования - облако в миллионы точек сети участника Тело. Однако измерительное устройство на основе милливолн довольно дороже, более чем в десять раз по сравнению с устройствами, работающими в видимом свете.

Преимуществом измерений на объектах является точность, но очевидно, что массовое производство и широкое распространение внедрение требует больших затрат. Большинство пользователей и членов их семей, особенно представители молодого поколения, предпочитают корпус кресла приложение для измерения. С помощью компьютерного зрения технологии и глубокое обучение, измерение на основе изображений можно обеспечить метод, делая фотографии только на мобильные телефоны. На основе обученной body-net (например, SMPL [2]) можно восстановить 3D-модель человеческого тела по одному изображению. Измерение может быть реализовано путем разметки точек на указанных линиях в OBJ-файлах. Этот метод является фантастическим, поскольку люди могут получить не только информацию о размерах тела, но и видимую 3D-модель самого себя. Однако это требует больших затрат Ресурсов графического процессора и хранилища. Другим способом является анализ изображений в 2D-режиме, для которого требуются фотографии как спереди, так и сбоку. Трудности этого метода заключаются в распознавании лица, части тела сегментация, комбинированная обработка изображений спереди и сбоку, и построение моделей для различных частей тела измерение. Метод измерения в 2D-режиме является относительно быстрым и экономия ресурсов, но вышеперечисленные трудности затрудняют достижение точного результата измерения.

В этом документе предлагается измерение тела на основе 2D-изображений структура, в которой серьезно используются компьютерное зрение и

методы глубокого обучения для решения вышеуказанных трудностей. распознавание тестируемого человека достигается путем анализа непрерывного изображения гуманоида из центральной точки изображения. Затем сегментация частей тела основывается на распознавании точек скелета тела с использованием модели тела СОСО [3]. обработка фронтальных и боковых изображений выполняется с помощью картографирования схема, которая связывает каждую из ключевых точек скелета front bode к боковым, чтобы рассчитать скорость деформации каждой части тела. Затем эта структура смоделировала размерную измерения для каждой части тела, составленные из линий, прямоугольников, и эллипсов. Кроме того, для уменьшения влияния одежда и длинные волосы в результатах измерения пользователям предлагается ввести свой рост, вес и пол, чтобы framework может установить эталонный манекен и определить эталон результатов калибровки [4]. Кроме того, измерения будут записываться в виде истории при повторном выполнении пользователем измерения будут храниться в зашифрованном виде до тех пор, пока пользователь не расшифрует их.

II. Сопутствующие работы

Было предложено несколько решений для автоматического выполнения измерения человеческого тела по нескольким изображениям [5], сканерами [6, 7] или глубинными камерами [8]. Эти предложения можно классифицировать подразделяется на “облегающий” и “свободный” в зависимости от состояния одетого Одежда.

Использование 3D-сканеров тела для создания моделей тела является распространенным решением. Некоторые ключевые точки тела и измерения рассчитаны на основе отсканированных моделей тела [9, 10]. Bodylabs [11] использует одну камеру глубины для измерений во время ношения облегающая одежда, которая может обеспечить более 50 измерений сканируемое тело, снятое под четырьмя разными углами. На основе сканера схема измерения точна, когда люди носят обтягивающую ткань, но пользователям довольно неудобно надевать обтягивающую одежду на месте.

Что касается ношения свободного кроя, Balan и Black [12, 13] предлагают использовать несколько камер. Пользователь носит свободную одежду и должен запечатлеть серию поз. В решение основано на наборе данных о человеческих телах для оценки тела формы под одеждой. Хуанг и др. [14] используют одну камеру, чтобы оценить размер тела, которое носит свободную одежду. Но их предложение требует запечатлеть серию поз в высоком масштабе движение, чтобы определить ключевые границы тела. Тонг et al. [15] предлагают систему, использующую несколько камер Kinect для создания более точной модели человека. Тем не менее, они это делают не сосредотачиваются на проведении измерений. Для повышения точности измерений тела были исследованы подходы машинного обучения. Статистические модели обучения построены для прогнозирования реальные измерения на основе расчетных измерений [16]. Более того, было предложено большое количество подходов к оценке типа формы тела [17]. Однако это неточно определять размер тела пользователя под свободной одеждой, используя только одно изображение в качестве входных данных, без учета восприятия глубины или информации о пропорциях тела.

III. Основная работа Franmework

Предлагаемая система измерения тела на основе изображений показана на рисунке 1, который состоит из шести основных модулей. В отказоустойчивость изображения зависит от способности обрабатывать сложные входные изображения. Предлагаемая платформа поддерживает ввод от нескольких человек и произвольный фон, а также единственное требование - тестируемый должен стоять в центре положение.

Модуль 1. Модуль фотографирования. Это можно легко сделать достигается с помощью обычного приложения для мобильного телефона или WeChat-апплета. IT вызывает камеру мобильного телефона, чтобы сфотографировать тестируемого человека. Мобильный телефон должен быть перпендикулярен для получения фотографий людей спереди и сбоку.

Модуль 2. Модуль удаления фона. Этот модуль может распознать людей, стоящих в центре, и удалите весь фон, кроме тестируемого человека на фотографии с помощью метода машинного обучения. Изюминка этого конструкция отличается высокой отказоустойчивостью, что означает точное исключение других лиц и пикселей комплекса фона. Это достигается за счет сближения очертаний человека распознавание и определение непрерывности границ, и может быть построен как общий модуль предварительной обработки для любого моделирования человеком Проекты.

Модуль 3. Модуль распознавания точек скелета тела. Автор: развертывая OpenPose [3] как сервис, фреймворк может определять положение точек скелета тела и выполните определение положения тела, включая глаза, нос, шею, плечи, руки, кисти, запястья, бедра, колени, ступни, а также запись пиксельные координаты (x, y) этих точек на фотографиях. И на фотографии спереди, и сбоку распознаются и помечаются каркасом точки с помощью этого модуля.

Модуль 4. Модуль сегментации тела. Согласно данным точек скелета, тело на фотографии может быть сегментировано. Например, пиксельные точки, расположенные между бедрами и ступнями, будут отнесены к части ног, в то время как грудь и талия находятся в область, начинающаяся от линий плеч и ног, разделенная пропорциями верхней части тела. Наконец, человек изображение преобразовано, и каждая часть человеческого тела отмечена разными цветами.

Модуль 5. Модуль оценки тела. 3D-human-body-проект share [4], использующий метод MICE для поиска недостающих данных вменение для создания системы преобразования для получения точных и реалистичных данных 3D человеческие тела по антропометрическим параметрам (например, рост, вес, пол и т.д.), что позволяет автоматически моделировать и измерять каждую грань тела. Наш фреймворк использует эту систему для генерации более 20 000 экземпляров тела путем перечисления различных комбинаций роста, веса и пол, где каждый элемент данных содержит 8 параметров тела размер, как показано на рисунке 3. Предлагаемая структура требует пользователи могут вручную вводить свой рост, вес и пол, чтобы соответствовать ближайшему индексу телосложения.

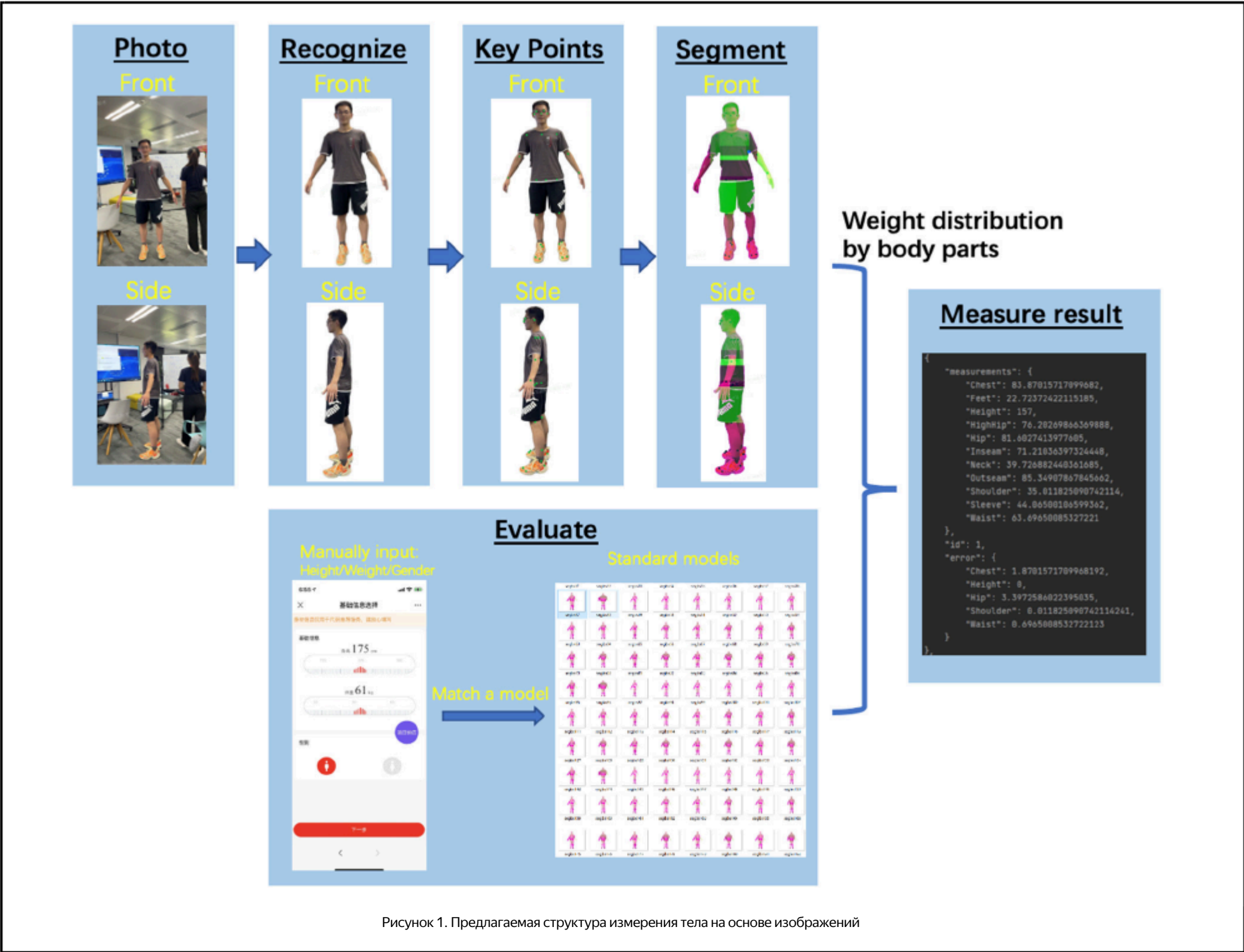


Рисунок 1. Предлагаемая структура измерения тела на основе изображений

Модуль 6. Модуль измерения тела. В соответствии с сегментация частей тела человека, размер тела измеряется с помощью обработки изображений. Длина стопы, длина руки, рукава длина и ширина плеч измеряются как линейная длина, которая рассчитывается напрямую через соотношение частей тела к росту на фотографии спереди. Предполагая, что рост человека на фотографии равен  $H$  пикселям, высота входных данных равна  $h$ , так что соотношение фотографий равно  $r = h / H$ . Фактическая длина, соответствующая каждому пикселю человеческого тела на изображении может быть рассчитано, а длина пикселя  $L$  ширины плеч можно умножить на  $r$ , чтобы получить измеренное значение Результат.

Однако для измерения окружности, например грудь, талия, бедра и шея требуют совместного анализа фотографии спереди фотография сбоку. В этой схеме использованы эллиптические модели для приблизительного измерения окружности. Из фотографии спереди и сбоку мы можем получить длину и ширину эллипса соответственно. Благодаря оптимизации модели приблизительное модель ellipse с коэффициентами более точна, чем обычная ellipse и используется для уменьшения ошибки размера.

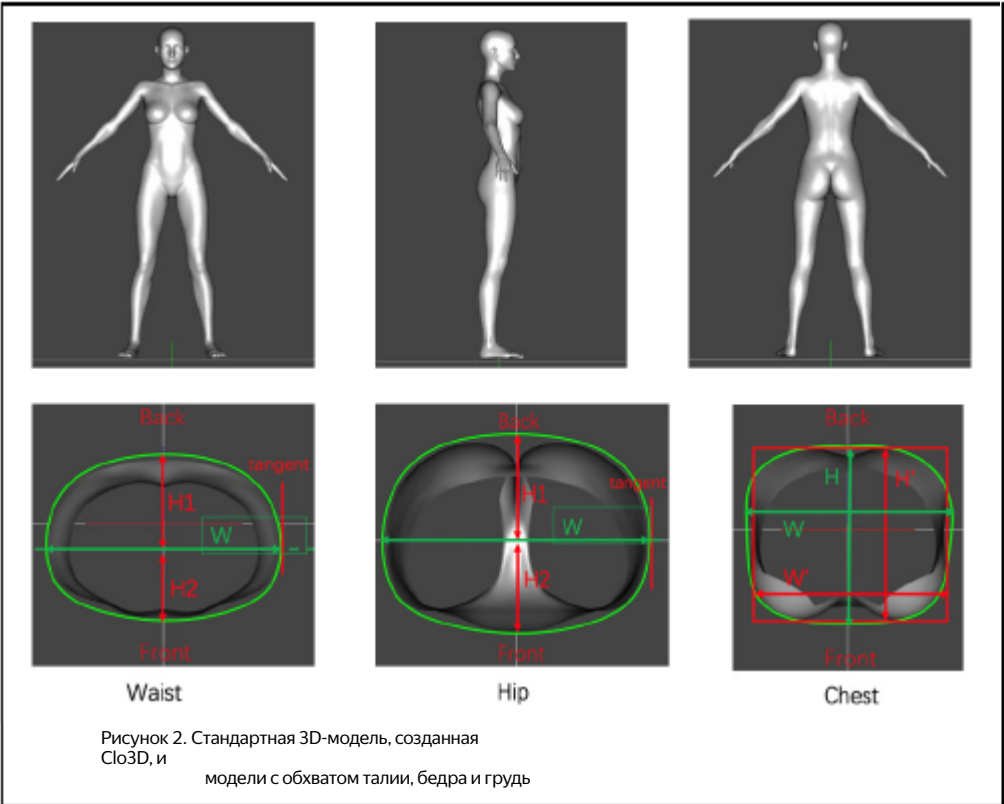
Наконец, фреймворк получает два набора данных о размерах тела, подобранный набор и измеренный набор. Назначая надлежащий вес обоим наборам с учетом реальных ограничений по телосложению, наша структура представляет окончательный прогнозируемый размер тела.

Рисунок 2 иллюстрирует конструкцию стандартного человеческого тела и модели измерения окружности. Стандартный 3D модель кузова генерируется Clo3D[18], где изображения спереди, сбоку и сзади показаны в первой строке, а поперечная сечение талии, бедер и груди показано во втором ряду.

Мы можем грубо рассматривать изгиб талии человеческого тела как комбинацию двух эллипсов. Горизонтальная линия разделяет талия разделяется на две части, живот (спереди) и спину. Поскольку на животе легко накапливается жир, толщина живота больше, чем спины. Длина горизонтальной линии на этом рисунке равна ширине талии  $W$  человеческого тела, а длина вертикальной линии равна толщине талии  $H$  человека человеческого тело, где  $H_1$  и  $H_2$  делится и вычисляется через  $W$  перпендикулярно касательной.

Приблизительная формула длины окружности известного эллипса равна:

$$L = \pi \left[ \frac{3}{2} (a + b) - \sqrt{ab} \right] \quad \{ (a + b) - \text{vab} \} \quad (1)$$



Где  $a$  представляет длину длинной полуоси,  $b$  представляет длину короткой полуоси, т.е. соответствующие  $W/2$  и  $H/2$  на рисунке соответственно. Как показано на рисунке 2, кривую окружности талии человеческого тела можно рассматривать как два эллипса с одинаковой длинной осью и неодинаковой короткой осью. Длинная ось эллипса равна  $W$ , а короткая полуоси эллипса, соответствующие животу и спине представлены через  $H_1$  и  $H_2$  соответственно, и отвечают следующим требованиям:

$$H_1 + H_2 = H \quad (2)$$

Таким образом, мы можем получить окружность кривой талии, подобранную с помощью двойного эллипса:

$$L = \frac{\pi}{2} \left[ \frac{3}{2} (W + H) - \sqrt{\frac{WH_1}{2}} - \sqrt{\frac{WH_2}{2}} \right] \quad (3)$$

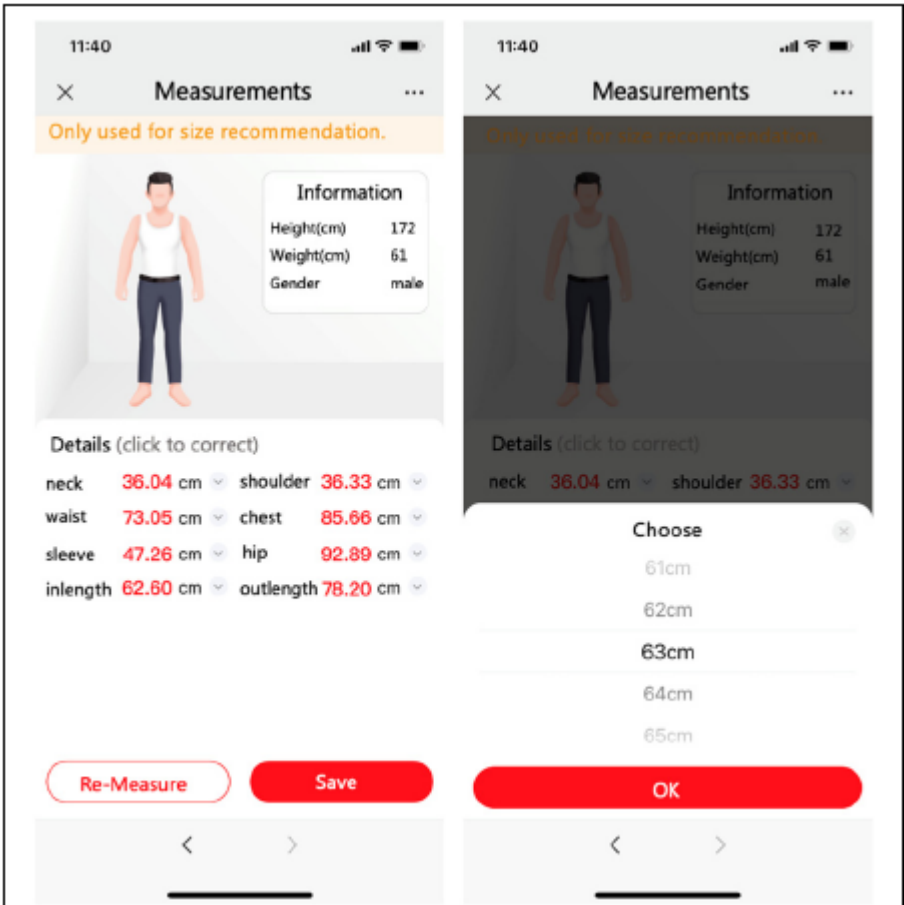


Рисунок 3. Представление измерений тела

Расчет окружности бедер такой же, как и для талии, в то время как граница бедер представляет собой длинный полуосевой эллипс.

С другой стороны, измерение груди отличается.

С помощью нескольких групп реальных тестов мы обнаружили, что с помощью модель эллипса или приблизительная модель окружности не могут достичь точного результата из-за того, что форма груди модели имеет тенденцию к округлой трапеции. Для удобства расчета мы вместо этого используем прямоугольную модель, где ширина и высота представлены через  $W'$  и  $H'$ .  $W'$  представляют собой умножение  $W$  и переменной  $p$ , который установлен на 89% для мужчин и 92% для женщин. Аналогично,  $H'$  выполняется умножение  $H$  и переменной  $a$   $\sigma$  который установлен на 96% для мужчин и 92,5% для женщин. Эти две пропорции приведены в соответствии с передовой практикой реальных тестов на 10 мужчинах и 10 женщинах. Таким образом, окружность груди измеряется как:

$$L = 2(W' + H') \quad (4)$$

С точки зрения пользователя, результат измерения его / ее тела показан на рисунке 3, который доступен для записи, и каждая коррекция будет возвращаться для улучшения модуля измерения. Основываясь на точном размере тела, наша платформа сможет анализировать форму тела пользователя (например, песочные часы, прямоугольник, яблоко и т.д.) И создайте 3D-модель по запросу, даже с изображением тестируемого человека реальное лицо с его / ее разрешения. Эта модель будет 1: 1 клон человека и может быть представлен в AR-сценарии для примерка ткани.

#### IV. Эксперименты и эффекты

В этом разделе будут проиллюстрированы детали проведенного эксперименты с точки зрения точности измерений и производительность вычислений.

##### A. Анализ точности измерений

Чтобы оценить точность нашего предложения, эксперименты включают четыре группы тестов, в которых плечо ширина представляет собой измерение длины, а окружности талии, бедер, а также груди подтверждают построенные модели круглых частей тела.

Приведенные таблицы являются частями фактических тестов, в которых было взято 20 образцов , включая 10 моделей-мужчин и 10 моделей-женщин рост от 160 см до 185 см, вес от 45 до 90 кг. Все эти модели человека созданы программным обеспечением clo3D следующим образом: твердые тела с фиксированным размером всех размеров, представленные в виде Столбец "Реальные" (мм) в нижеприведенных таблицах. Кроме того, для проверки обоих мы производим футболки из плотной и свободной ткани футболки из модального хлопка и рубашки с длинными рукавами из 100% хлопка для моделей-мужчин и создайте облегающую спортивную одежду и кружевные платья для моделей-женщин, все хорошо сидящих размеров. "Обтягивающие" и Столбцы "Свободные" означают измеренные размеры одежды в обтяжку и свободные ткани, а "T\_error" и "L\_error" представляют ошибку оцените по сравнению с реальным размером тела.



ТАБЛИЦА I. Результаты измерения ширины плеч

Пробная версия	Пол	Рост (см)	Вес (кг)	Реальный (мм)	Тугой (мм)	Ошибка (%)	T_error	Свободный (мм)	L_error (%)
1...	F	160	45...	331	348	+5.1		347	+4.8
2...	F	165	55	343	360	+4.9		358	+4.3
3 3	F	172	50...	339	359	+5.9		358	+5.5
4...	F	175	52...	342	359	+4.9		359	+5...
5 5	F	177	60...	349	367	+5.1		371	+6.3
6...	M	170	60...	344	361	+4.9		361	+4.9
7...	M	175	70...	354	372	+5.0		372	+5.0
8 8	M	180	70...	362	381	+5.2		382	+4.9
9...	M	185	75...	368	386	+4.8		393	+7.6
10...	M	185	90...	368	386	+4.8		393	+7.6

частота ошибок из-за использования измерения на основе скелетных точек Модель. Результат понятен, такой же, как и другая длина измерения, такие как длина рук и длина ног.

ТАБЛИЦА II. Результаты измерения талии

Пробная версия	Пол	Рост (см)	Вес (кг)	Реальный (мм)	Плотный (мм)	(%) T_error	Свободный (мм)	L_error (%)
	F	160	45...	659	676	+2.6	847	+28.5
2...	F	165	55...	709	720	+1.5	874	+23.2
3 3	F	172	50...	637	678	+6.4	911	+27.3
4...	F	175	52	643	694	+7.9	927	+28.6
5 5	F	177	60...	686	704	+2.6	938	+22.1
6...	M	170	60...	737	748	+1.5	952	+29.2
7...	M	175	70...	797	813	+2.1	975	+22.3
8 8	M	180	70...	785	834	+6.3	970	+23.6
9...	M	185	75...	796	853	+7.2	988	+24.1
10...	M	185	90...	906	899		989	+9.2

Согласно результату, точность измерения талии имеет отличную корреляцию с реальной формой тела. Для полных людей, ткань почти прилипает к телу, таким образом, измерение ближе к действительности. Обратите внимание, что существует отрицательная ошибка T\_error для мужская модель 185/90, это из-за сконструированной талии модель с обхватом, и ткань на этой модели довольно плотная тело модели.

ТАБЛИЦА III. Результаты измерения бедер

Испытание	Пол	Рост (см)	Вес (кг)	Реальный (мм)	Плотный (мм)	(%) T_error	Незакрепленный (мм)	L_error (%)
		160	45...	915	926	+1.2	1021	+11.5
2...	F	165	55...	995	1019	+2.4	1053	+6.8
3 3	F	172	50...	965	973		1098	+13.7
4...	F	175	52...	979	998	+1.9	1117	+14.0
5 5	F	177	60...	1038	1045	+0.7	1130	+8.8
6...	M	170	60...	1020	1050	+2.9	1120	+9.8
7 7	M	175	70...	1089	1122	+3.1	1147	+5.3
8 8	M	180	70...	1084	1128	+4.1	1174	+7.3
9...	M	185	75...	1120	1195	+6.7	1201	+7.2
10...	M	185	90...	1192	1202	+0.9	1228	+3.0

Результат измерения размера бедер аналогичен результату измерения размера талии.

Погрешности относительно невелики как при обтягивающем, так и при свободном ношении

чехлы, из-за того, что все модели одежды жесткие, а ткань

изготовлены из мягкого материала, в то время как бедра подчеркивают изгибы ткани

ТАБЛИЦА IV. Результаты измерения груди

Пробный замер	Пол	Рост (см)	Вес (кг)	Реальный (мм)	Плотный (мм)	Ошибка (%)	T_error	Незакрепленный (мм)	L_error (%)
	F	160	45...	815	841	+3.2		915	+12.3
	F	165	55	867	867			949	+9.5
3 3	F	172	50...	807	831	+3.0		909	+12.7
	F	175	52	811	805			928	+14.4
5...	F	177	60...	857	900	+5.0		972	+13.5
9...	M	170	60...	899	893	-0.6		973	+8.2
	M	175	70...	956	920	-3.7		1069	+11.8
8...	M	180	70...	949	946	-0.3		1075	+13.3
	M	185	75...	961	972	+0.9		998	+6.0
10...		185	90...	1062	1042	-1.9		1168	+10.2

Ношение плотной ткани приводит к небольшой погрешности измерения груди,

поскольку большая часть ошибок вызвана слабостью под рукой.

Кроме того, принятие нашей прямоугольной модели снижает значение

L\_error приблизительно до 10%.

Поскольку в качестве образцов в экспериментах используются стандартные модели,

результаты оценки с учетом роста, веса и пола в качестве входных данных

очень похожи на реальные размеры, таким образом, итоговая ошибка, на которую

влияет высокий вес результата оценки, кажется не

убедительной. Эксперименты иллюстрируют абсолютную

погрешность измерения одетых людей путем принятия предлагаемого

метод, и этот результат измерения сырья можно оптимизировать

по весовой метод, метод распознавания ткань, чтобы получить

ближе результат к реальному размеру чистое тело.

B. Анализ производительности

На рисунке 4 показано стресс-тестирование при 10, 20, 30, 50,

100VU, и результаты показывают максимальную производительность обработки

производительность составляет около 19 запросов в секунду. Индекс среднего

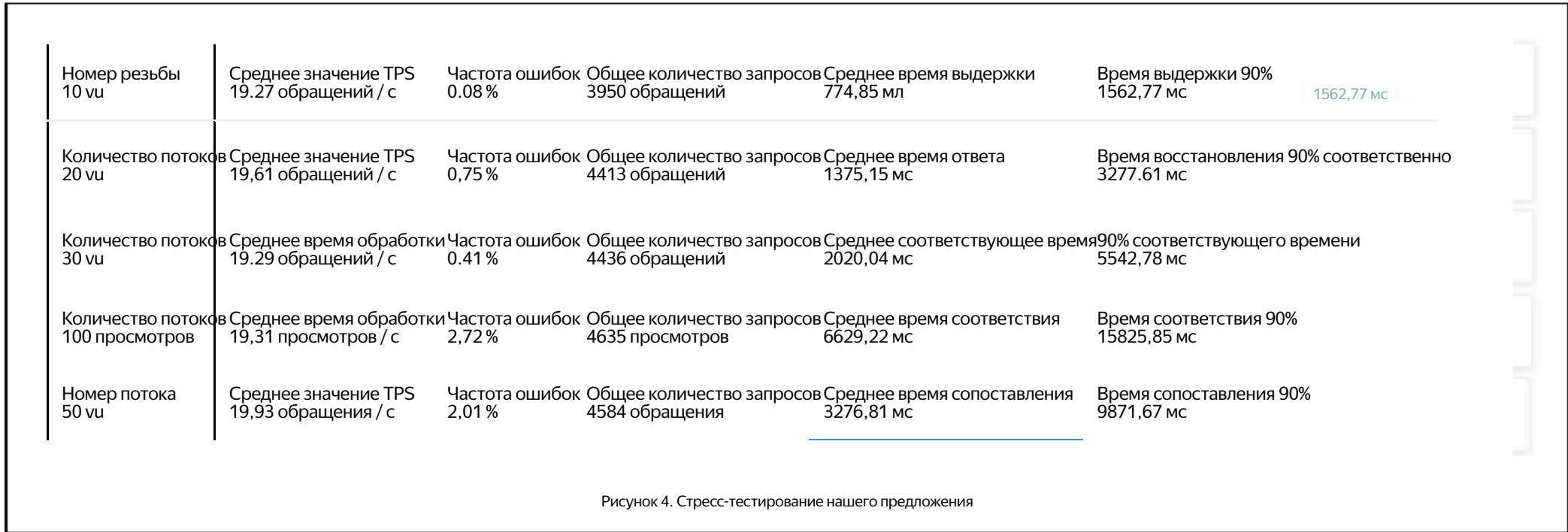
время отклика и 90% времени отклика представляют опыт пользователя

, который должен быть ограничен 3 секундами. В то время как

частота ошибок вызвана потерей пакетов или внутренним нарушением последовательности.

Чтобы решить эту проблему, установлен механизм повторной передачи, и пользователь

не знает об ошибках.



V. Выводы

Предлагаемая система измерения телосложения использует хорошо обученные модели для выполнения сопоставления тел на основе параметров и измерения на основе изображений. Это позволяет людям получать свои узнайте размер тела дома, сделав всего две фотографии на свой мобильный телефон. Эксперименты показывают преимущества предложения в точности измерений и производительности расчетов, гарантируя, что наша система будет популяризирована в больших масштабах Пользователи. Это достижение закладывает основу для создания цифрового человека из реального. Между тем, он также создает критически важный ключ индекс продаж тканей и точную рекомендацию в электронной торговой платформе. Далее мы стремимся пройти через измерение тела и автоматическое создание манекена, таким образом внести свой вклад в дополненную реальность и визуализацию метавселенной.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Эта работа была поддержана грантом от Core Technol  
Программа исследований и разработок огу компании Lin-Gang.

Список литературы

[1] Чжан З. Сенсор Microsoft Kinect и его влияние [J]. IEEE Multimedia, 19(2):4-10, 2012.

[2] Ф. Бого, Канадзава А, Ласснер С и др. Поддерживайте SMPL: автоматически Оценка трехмерной позы и формы человека по одному изображению [C] Европейская конференция по компьютерному зрению. Спрингер, Cham, 2016.

[3] Цяо С., Ван И, Цзянь Л. Оценка жестов человека в реальном времени на основе OpenPose [C] Международный конгресс по обработке изображений и сигналов. IEEE, 2018.

[4] Мори Г., Малик Дж. Восстановление трехмерных конфигураций человеческого тела с использованием контексты формы [J]. Транзакции IEEE по анализу шаблонов и машинному оборудованию Разведка, 2006, 28(7): стр.1052-1062. Сок. Лондон, том A247, стр. 529–551, апрель 1955 г.

[5] У. Чанг и Ю. Ф. Ван. Взгляд сквозь внешний вид: форма тела Оценка с использованием изображений одежды в нескольких видах. В Proc. IEEE Int. Conf. на Мультимедиа и выставке. 1-6, 2015.

[6] Ф. Пербет, С. Джонсон, М.-Т. Фам и Б. Стенгер. Форма человеческого тела Оценка с использованием многообразного леса с несколькими разрешениями. В Proc. IEEE Int. Conf. Компьютерное зрение и распознавание образов. 668–675, 2014.

[7] С. Вурер, Л. Пищулин, А. Брантон, К. Шу и Дж. Лэнг. Оценка Формы тела и позы человека под одеждой. 31–42, 2014.

[8] Г. Варол, Дж. Ромеро, Х. Мартин, Н. Махмуд, М. Дж. Блэк, И. Лаптев и К. Шмид. Обучение у искусственных людей. В процессе. IEEE Int. Conf. Компьютерное зрение и распознавание образов. 4627-4635, 2017.

[9] Löffler-Wirth, H., Willscher, E., Ahnert, P., Wirkner, K., Engel, C., Леффлер М. и Биндер Х. Новая антропометрия на основе 3D-Сканирование тела, примененное к большой популяционной когорте. Plos One 11, 7, 2016.

[10] Цзэн И, Фу Дж., Чао Х. Изменение формы человеческого тела в 3D с помощью Антропометрическое моделирование [J], 2018.

[11] Обвес. Разработчик Bodykit x. [ОНЛАЙН] Доступно: [http://developer.bodylabs.com/instant\\_api\\_ref erence.html](http://developer.bodylabs.com/instant_api_reference.html), 2013.

[12] Балан, А.О. Блэк, М.Дж. Обнаженная правда: оценка формы под Одежда, компьютерное зрение – ECCV, Том 5303, Конспекты лекций по Информатика, стр. 15-29, 2008.

[13] Балан, А.О.; Сигал, Л.; Блэк, М.Дж.; Дэвис, Дж.Э.; Хауссекер, Х.В. Детализированная форма человека и его поза на основе изображений, компьютерного зрения и Распознавания образов. CVPR '07, стр. 1-8, 2007.

[14] Хуанхао, Х., Яо, Ю., Янг, Л. и Судан, Д. Точное измерение тела Параметров одетых людей при крупномасштабном движении с использованием Kinect Датчик, Sensors, 11362-11384, 2013.

[15] Тонг Дж., Чжоу Дж., Лю Л., Пан З. и Янь Х. Сканирование 3d человека в полный рост тела с использованием kinects. Визуализация и компьютерная графика, IEEE Transactions on, том 18, выпуск 4, стр. 643-650, 2012.

[16] Лю К., Ван Дж., Камалья Э., Ли В. и Цзэн Х. Построение модели прогнозирования размеров тела, используемой при изготовлении моделей одежды на основе изучения антропометрических данных. Журнал текстиля Институт 108, 2107-2114, 2017.

[17] К. Коллингс. Надежный способ узнать свой реальный тип телосложения. <http://www.whowhatwear.com/how-to-find-body-shape-calculator/>, 2018.

[18] Му С., Цао В. Виртуальный дизайн одежды с помощью CLO3D[J]. Электронное образование И технологии, 2015.