



цесса восстановления, а также применения данного алгоритма к изображениям, смаз которых имеет две пространственные составляющие.

Литература

1. Егошкин, Н.А. Коррекция смаза изображений в системах космического наблюдения земли [Текст] / Егошкин Н.А., Еремеев В.В. // Цифровая обработка сигналов. 2010. №4.
2. Jian-Feng Cai Blind motion deblurring using multiple images [Текст] / Jian-Feng Cai, Hui Ji, Chaoqiang Liu, Zuowei Shen // Journal of Computational Physics 228 (2009) 5057–5071.
3. Батищев, В.И. Синтез фильтров для восстановления смазанных изображений с использованием методов регуляризации [Текст] / Батищев В.И., Волков И.И., Золин А.Г. // Проблемы управления и моделирования в сложных системах (ПУМСС-2013): Труды XV Международной конференции, ИПУСС РАН, Самара, 2013.

С.Н. Грудинин, В.Д. Фроловский

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРИК В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ МАНЕКЕНОВ

(Новосибирский государственный технический университет)

В основе виртуальных измерений лежат реальные метрические характеристики некоторой предметной области. В качестве источников данных используются различные регламентные документы, например: антропометрические стандарты ISO 7250-1: 2008; стандарты швейного производства EN 13402, ГОСТ 17522-72, ISO 3635:1981, ISO 8559:1989; стандарты космической или военной индустрии NASA-STD-3000, ANSUR88-1 1988 [1, 2]. Подход основывается на общепринятых размерных признаках (РП) типовых фигур и антропометрических точек (АТ). Определение совокупного на основании рассматриваемых стандартов множества АП и РП, используемых в исследовании, происходит за счет комбинации наиболее информативных данных из различных стандартов. На основе этих данных разрабатывается классификация виртуальных антропометрических точек (ВАТ) и виртуальных размерных признаков (ВРП).

Исходными данными для описываемого подхода является 3D-модель женского манекена стандартной формы, которая получена трехмерным сканированием или с применением скульптурного моделирования. Входная модель имеет полигональную структуру: множество точек \mathbf{t}_{ij} , соединенных в треугольные полигоны $p_i = (\mathbf{t}_{i1}, \mathbf{t}_{i2}, \mathbf{t}_{i3})$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, 3}$, где N – количество полигонов (здесь и далее точки описываются радиус-векторами). Модель не имеет внут-



ренных полигонов, пересечений полигонов и отверстий. Точка центра масс модели

дели $C = \frac{1}{3N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 t_{ij}$ совпадает с началом глобальной системы координат. Для

реализации алгоритмов определения ориентиров тела и метрик, а также уменьшения возможных ошибок сканирования (построения), входная модель приводится к формальному виду. Исходя из основных особенностей формы – симметричности и протяженности вдоль оси Oz – модели манекенов достаточно хорошо описываются множеством горизонтальных параллельных сечений, которые в свою очередь представляют собой гладкие, симметричные фигуры, поэтому входная модель разбивается на множество горизонтальных сечений h_i .

Каждое сечение из h_i содержит одинаковое количество точек $\{v_{ij}\}$, отсортированных по полярному углу и равноотстоящих друг от друга $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, M}$, где N – количество сечений, M – количество точек в сечениях. Также сечения h_i подвергаются симметризации – определению средних значений между левыми и правыми половинами относительно плоскости xOz , и сглаживанию – интерполяции сплайнами третьего порядка [2]. На рисунке представлены модели в исходном виде и построенные на их основе множества сечений, при $N = 50$, $M = 200$.

В данной работе используется метод определения ориентиров (ВАТ) на основе анализа формы контуров и сечений с использованием инструментов дифференциальной геометрии и учитываются данные, полученные при анализе предметной области. На основе списков АТ и РП составляется расширенный и интерпретированный список ВАТ, для поиска каждой из них разрабатывается геометрическое рассуждение, на первом этапе, определяющее по контурам уровень сечения в котором располагается ВАТ, на втором – критерий для определения расположения ВАТ в сечении. Для виртуальной интерпретации РП вводятся виртуальные метрики (ВМ) – ряд алгоритмов, позволяющих определять измерения модели манекен. Одна ВМ или их совокупность соответствует ВРП, который в свою очередь отвечает некоторому РП.

По полученному на этапе формализации исходной модели множеству сечений h_i строятся три кусочно-линейных функции $f(z)$, $b(z)$, $s(z)$, определяющих зависимость от высоты сечения z координат переднего, заднего и бокового контуров соответственно. На основе этих функций (а также значений их первой, второй производных) строятся геометрические рассуждения определения уровня ВАТ. На рис 1 представлены результаты работы алгоритма автоматического определения ВАТ. Поверхность манекена построена путем соединения точек в сечениях h_i отрезками $\{(v_{ij}, v_{i+1j})\}$, $j = \overline{1, M-1}$, и соединения сечений между собой отрезками $\{(v_{ij}, v_{i+1j})\}$, $j = \overline{1, M}$, полученные ячейки заполняются четырехугольными полигонами (см. рис. 1).

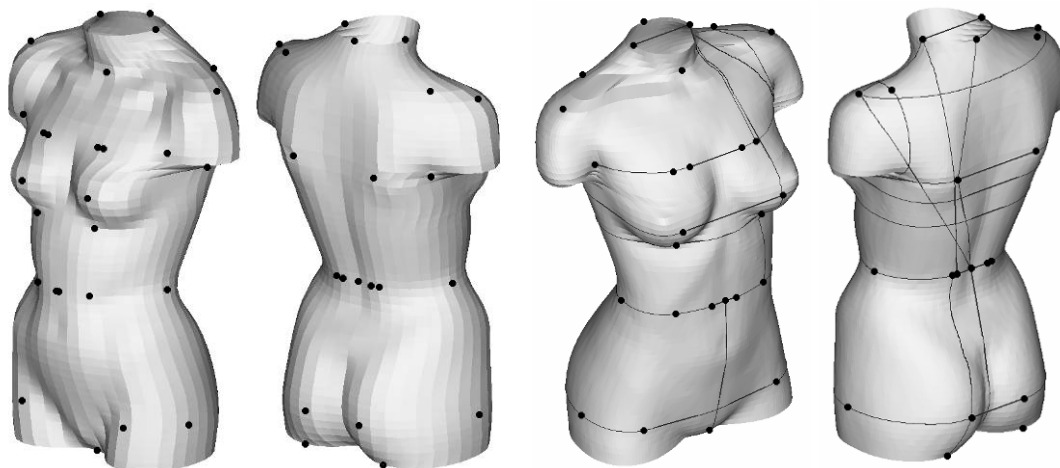


Рис. 1. Пример расположения ВАТ и ВМ на модели манекена

Существуют различные варианты ключевых метрических измерений: линейные размеры: расстояния между двумя точками в проекции на определенную плоскость; сквозные диаметры: кратчайшие расстояния между двумя точками; дуговые размеры: расстояния, измеряемые по поверхности тела, в том числе обхваты тела.

Метрические характеристики определяются на основе множества параллельных горизонтальных сечений $h_i = \{v_{ij}\}$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, M}$, с использованием координат ВАТ (в скобках указано соотношение количества используемых ВАТ к общему числу параметров необходимых для определения ВМ). ВРП разделяются на простые, состоящие из одной ВМ, и составные – сумма значений нескольких ВМ. Из общего числа РП выделенных на этапе анализа источников данных предметной области 40 являются простыми и 12 – составными, количество ВМ, необходимых для их определения равно 49.

Линейные метрики используются для определения высотных и глубинных размеров, различных диаметров и расстояний.

Обхватные метрики представляют собой периметры минимальной выпуклых оболочек (МВО), построенных для некоторого множества точек. Во втором случае рассматриваются три множества плоскостей параллельных осям глобальной системы координат. На вход алгоритма поступает две ВАТ $a(x_1, y_1, z_1)$ и $b(x_1, y_1, z_1)$ и плоскость заданная нормалью n , при проецировании на которую, искомая плоскость сечения будет представлять собой прямую линию. В ходе алгоритма выполняется следующая последовательность действий:

1) определяется нормаль секущей плоскости $\mathbf{u}' = [\mathbf{n}, \mathbf{a} + \mathbf{b}]$, где – векторное произведение нормируется: $\mathbf{u} = \mathbf{u}' / |\mathbf{u}'|$;

2) отрезки сечений между уровнями z_1 и z_2 из $h_i \{(\mathbf{v}_{ij}, \mathbf{v}_{ij+1})\}$, $j = \overline{1, M-1}$, и отрезки, соединяющие между собой сечения $\{(\mathbf{v}_{ij}, \mathbf{v}_{i+1j})\}$, $j = \overline{1, M}$ проверяются на пересечение с секущей плоскостью, в результате формируется множество точек пересечения $s = \{s_k\}$ этих отрезков с секущей плоскостью.

Дуговые метрики. Под дуговой метрикой подразумевается незамкнутая кривая – часть МВО, построенной для некоторого множества точек. В случае,



когда метрика параллельна полу ее определение сводится к расчету периметра МВО, определяемой по алгоритму Грэхема для ограниченного между двумя заданными ВАТ \mathbf{a} , \mathbf{b} множества точек и вычитанию из него значения $|\mathbf{a} + \mathbf{b}|$. Для случая дуги в произвольной плоскости используется отсортированная последовательность трех ВАТ $\mathbf{a}(x_1, y_1, z_1)$, $\mathbf{b}(x_2, y_2, z_2)$, $\mathbf{c}(x_3, y_3, z_3)$, расчет метрики происходит в три этапа:

- 1) определяется множество точек $s = \{\mathbf{s}_k\}$ пересечения секущей плоскости с множеством сечений с уровнями в диапазоне от $\min(z_1, z_2, z_3)$ до $\max(z_1, z_2, z_3)$, при этом нормаль секущей плоскости $\mathbf{n} = [\mathbf{a} - \mathbf{b}, \mathbf{c} - \mathbf{b}]$ (аналогично случаю обхватной метрики в плоскости параллельной оси координат);
- 2) определяются множеств точек s' , входящие в дугу, путем перебора точек из s , при этом критерий включения точки в дугу $\langle \mathbf{b} - \mathbf{a}, \mathbf{t} - \mathbf{a} \rangle \geq 0$ или $\langle \mathbf{b} - \mathbf{c}, \mathbf{t} - \mathbf{c} \rangle \geq 0$;
- 3) для s' строится МВО аналогично случаю обхватной метрики в плоскости параллельной оси координат, определяется периметр МВО, из которого вычитается величина $|\mathbf{a} + \mathbf{c}|$.

Расстояние на поверхности. В расчете метрики участвуют две ВАТ $\mathbf{a}(x_1, y_1, z_1)$ и $\mathbf{b}(x_2, y_2, z_2)$, при определении необходимо симитировать реальное измерение, проводимое сантиметровой лентой. Расчет метрики происходит в несколько этапов. Во-первых, для всех сечений $\{r_u = (v_{uj})\}$, лежащих в интервале от z_1 до z_2 , определяются следующие параметры:

– центр масс $\mathbf{c}_u = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \mathbf{v}_{uj}$;

– точка пересечения \mathbf{t}_u плоскости сечения r_u с вектором $\mathbf{d} = \mathbf{b} + \mathbf{a}$;

– точка \mathbf{v}_u – ближайшая к точке \mathbf{t}_u точка из r_u ;

– скалярное произведение $p_u = \langle \mathbf{v}_u + \mathbf{t}_u, \mathbf{v}_u + \mathbf{c}_u \rangle$.

Также вычисляются параметры: центр масс \mathbf{c}' , точка пересечения \mathbf{t}' и ближайшая точка \mathbf{v}' для сечения на уровне точки $(\mathbf{a} + \mathbf{b})/2$.

Далее определяется множество точек $s = \{\mathbf{s}_k\}$ пересечения секущей плоскости с множеством сечений r_u , при этом нормаль секущей плоскости $\mathbf{n} = [\mathbf{a} - \mathbf{t}', \mathbf{b} - \mathbf{t}']$ (аналогично случаю обхватной метрики в плоскости параллельной оси координат).

Далее рассматриваются три варианта в зависимости от того, каким образом соотносятся вектор \mathbf{d} и поверхность манекена:

- 1) вектор \mathbf{d} лежит внутри манекена: $(\forall p \in \{p_u\}) p \geq 0$, в этом случае расчет происходит аналогично дуговой метрики в произвольной плоскости;
- 2) вектор \mathbf{d} лежит снаружи манекен: $(\forall p \in \{p_u\}) p < 0$, в этом случае метрикой является длина кривой, образованной множеством точек $\{\mathbf{v}_u\}$;
- 3) вектор \mathbf{d} пересекает поверхность манекена: $(\exists p \in \{p_u\}) p < 0$, в этом случае расчет происходит аналогично дуговой метрики в произвольной плоскости, за исключением двух моментов: список точек подвергается определению МВО



добавляется точка $\mathbf{w} = \frac{\mathbf{v}' + \mathbf{t}'}{|\mathbf{v}' + \mathbf{t}'|} 2|\mathbf{c}' + \mathbf{v}'|$, если $\langle \mathbf{t}' + \mathbf{v}', \mathbf{c}' + \mathbf{v}' \rangle \geq 0$, и $\mathbf{w} = \frac{\mathbf{t}' + \mathbf{v}'}{|\mathbf{t}' + \mathbf{v}'|} 2|\mathbf{c}' + \mathbf{v}'|$, если $\langle \mathbf{t}' + \mathbf{v}', \mathbf{c}' + \mathbf{v}' \rangle < 0$; из периметра МВО вычитается не $|\mathbf{d}|$, а длина векторов $|\mathbf{w} + \mathbf{a}|$ и $|\mathbf{w} + \mathbf{b}|$.

Рассматриваемый метод может быть использован при разработке измерительной системы виртуальных манекенов в системах научных исследований, компьютерных системах геометрического моделирования и проектирования как инструмент параметрического сжатия геометрической информации и оценки точности моделирования по индивидуальным параметрам человека.

Литература

1. Wu L., Zhang X. A Parameterized Mannequin for Apparel Design, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics (JFBI), 2008, Vol. 1, № 2, pp. 117–124.
2. Грудинин С.Н., Фроловский В.Д. Параметрическое моделирование и оценка близости виртуальных манекенов. Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации, 2014, № 1 (22), С. 62–72.

А.И. Заико, О.Н. Нагаев

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ЭРГОДИЧЕСКОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Большинство реальных сигналов представляют собой случайные процессы. Поэтому задача оптимизации измерительных процедур таких сигналов на сегодняшний день является весьма актуальной [1].

Для эргодических случайных процессов известны алгоритмы измерения математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции. При измерении оценки плотности вероятности эргодического случайного процесса, обычно, используют метод относительного времени пребывания реализации сигнала выше заданного уровня и его цифровой аналог – метод дискретных выборок, результаты которого графически представляют в виде гистограммы [1, 4]. При этом по умолчанию считают, что за шаг дискретизации сигнала не выходит за пределы одного кванта и переход сигнала из одного кванта в другой осуществляется в момент дискретизации. Получаемые результаты не сопровождаются оценкой погрешностей, что не позволяет говорить об их достоверности.

В работе анализируются алгоритмы цифрового измерения одномерной плотности вероятности эргодического случайного процесса. Характеристики погрешностей измерений плотностей вероятностей получены с применением