

Estimating 3D Human Shapes from Measurements 阅读笔记

训练模型

在PCA空间中，每个三维网格 X_i 都由一个向量 W_i 表示，通过特征分析可以得到一个线性映射关系,给定一个新的测量值就可以得到对应的网格在PCA中的权重：

$$W_{new} = BP_{new} \quad (1)$$

对于每个训练集里的网格 X_i 进行特征分析，可以得到一个平均模型 μ 和矩阵 A 。有了这两个参数就可以通过一个新的模型的权重 W_{new} 求出对应的模型 X_{new} ：

$$X_{new} = AW_{new} + \mu \quad (2)$$

由公式（1）（2）给定测量值 P_{new} 就可以得到对应的人体模型：

$$X_{new} = ABP_{new} + \mu \quad (3)$$

模型精调

测量的数据分为三类，欧式距离值，测地距离值和围长值，对于每个待求的网格 X_i ，在网格上对应的求出的数据尽量和真实值保持一致，这就是一个最小化能量函数的问题。

$$E_e = \sum_{d \in \mathcal{D}} \left((p_i - p_j)^2 - (l_t(d))^2 \right)^2$$

$$E_g = \sum_{e \in \mathcal{P}} \left((p_k - p_l)^2 - (l_t(e))^2 \right)^2$$

$$E_c = \sum_{e \in \mathcal{C}} \left((q_i - q_j)^2 - (l_t(e))^2 \right)^2$$

其中 p 是顶点坐标向量， q 是切平面与网格上三角面片的边的交点坐标向量。 $l(d)$ 是实际测量线段的长度， $l(e)$ 是实际测量的围长。

- Minimization with respect to W_{new}

现在的目标就是求 $E_m = E_e + E_g + E_c$ 最小化。首先用学习的方法得到一个结果，但是这个结果处于数据集所构建的空间，有先验条件的约束，不能表达数据集构建的空间以外的模型。

$$\nabla_{p_i} E_e = \sum_{d \in D(p_i)} 4 \left((p_i - p_j)^2 - (l_t(d))^2 \right) (p_i - p_j)$$

- Minimization with respect to p_i

接下来就用网格优化的方法，得到一个数据集构建的空间无法描述的全新的结果。

如果直接对 $E_m = E_e + E_g + E_c$ 最小化能量处理，可能会导致网格不光滑。所以加入一个平滑项来保证得到模型在人体空间内。

$$E_s = \sum_{p_i \in X_{new}} \sum_{p_j \in N(p_i)} (\Delta p_i - \Delta p_j)^2$$

$$\nabla_{p_i} E_s = \sum_{p_j \in N(p_i)} 2 (\Delta p_i - \Delta p_j)$$

实现细节

其实我还没看懂作者的两步优化能量函数什么意思。不知道为什么是对 W_{new} 最小化能量。

我现在的想法是，我已经能够用学习的方法生成一个初始模型了，我要做的就是如何进行进一步优化。让每个尺寸对应的顶点构成的边长之和逼近目标尺寸。如果能够求出每个尺寸对应的顶点，就可以用泊松变形的方法将整个模型进行一次变形，保证光滑。

所以我最近在做的是如何让三角网格边长逼近已知的长度。但是没有算出结果，问了其他三个伙伴也没能解决。

为了承接现有工作，暂时没有采用将尺寸信息分为三大类，仍然使用控制点之间的欧式距离作为尺寸信息。 \mathcal{E} 为所有控制点构成的边的集合。

为了避免向量与标量的混合运算，将 $l(e)$ 替换成一个二范数为 $l(e)$ 的辅助向量 \mathbf{d} :

$$\mathbf{d}_e = \frac{\mathbf{q}_i - \mathbf{q}_j}{\|\mathbf{q}_i - \mathbf{q}_j\|} l_t(e)$$

其中 $l_t(e)$ 暂取目标总长度的平均 $l_t(e) = l_t / \text{num}(e)$ 。

能量函数可以改写为:

$$E_c = \sum_{e \in \mathcal{E}} ((p_i - p_j) - \mathbf{d}_e)^2$$

整理成矩阵形式:

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \mathbf{d}$$

其中矩阵 \mathbf{A} 大小为 $3E \times 3V$, \mathbf{d} 大小为 $3E \times 1$, E 为所有边的个数, V 为模型顶点个数。求一把发现方程欠定, 求不出来。接下来想把 V 改为尺寸相关的顶点, 而不是所有顶点求解。因为我现在不需要知道整个模型的顶点位置, 我只需要知道19个尺寸相关顶点的位置, 然后用泊松变形进行进一步求解剩余顶点位置。

不知道这个方法可不可行。