

# 基于个性化原型的人脸衰老图像合成

王章野<sup>1</sup>, 曹玫璇<sup>1</sup>, 李 理<sup>1,2</sup>, 彭群生<sup>1,2</sup>

(1. 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 浙江杭州 310058; 2. 浙江大学理学院数学系, 浙江杭州 310027)

**摘 要:** 本文提出了一种新的个性化人脸衰老图像合成方法. 基于已建立的黄种人脸图像数据库, 提出了一种基于人脸外轮廓局部曲率标准差的个性化原型匹配算法, 通过计算出表征人脸的脸型特征点的局部曲率标准差, 在人脸图像数据库中匹配找出多幅图像, 进行纹理增强的原型合成, 再通过形状和颜色变换模型实现了人脸衰老图像的生成, 能达到皱纹增加、眼袋生成、皮肤光泽减退、毛发变花白等具有真实感的衰老合成效果. 实验表明本方法能方便逼真地合成不同种类的人脸在不同年龄段的衰老图像.

**关键词:** 人脸衰老; 图像合成; 个性化原型; 人脸轮廓; 脸型匹配

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2009) 4A-118-07

## Individual Prototyping Based Facial Aging Image Synthesis

WANG Zhang-ye<sup>1</sup>, CAO Mei-xuan<sup>1</sup>, LI Li<sup>1,2</sup>, PENG Qun-sheng<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058, China;

2. Department of Mathematics, College of Science, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China)

**Abstract:** We propose a new image based individual prototyping method for facial aging image synthesis. Based on the human facial aging image database of the yellow race, we present an individual prototyping match algorithm based on the local standard deviation of curvatures of facial contour. By calculating the local standard deviation of those curvatures, we match the input facial image with several corresponding ones from the face database and synthesize the prototypes with texture enhancement. By the shape and color transformation model we generate the aged facial images. Our method can realize several important aged features such as wrinkles, pouches, darken skin, and somewhat white hair and eyebrows. Experiments show that our method can be easily manipulated and synthesize the anile facial images at different ages for various kinds of people realistically.

**Key words:** human facial aging; image synthesis; individual Prototype; facial contour; face shape matching

## 1 引言

人脸容貌的衰老模拟合成研究在公安刑事侦破及法庭判决、人脸识别、影视化妆设计及大众娱乐等领域都有着重要的应用价值. 在刑侦应用中, 通常由法医艺术家们根据警方寻获的多年前的照片, 依据经验绘制合成逃亡多年的犯人 or 走失儿童当前的相貌; 在影视制作中, 化妆师们则利用各种化妆技巧, 并参考演员年长亲属的相貌, 为演员化妆生成不同年龄段的容貌效果, 从而打造出角色不同年龄的扮相, 其年龄跨度可达五、六十岁之多.

但上述容貌衰老预测的方法都是基于经验的, 这些手工合成方法需要花费大量的财力, 并且需要长时间的专业训练才能掌握, 这就限制了这一技术的推广和普及. 至今尚无成熟的量化容貌衰老预测生成系统.

利用最新发展的计算机图形图像技术来量化地预测人脸随年龄的衰老变化是一个极富挑战性的课题, 其研究进展对于刑事侦破及影视化妆辅助设计等诸多应用领域具有指导性的意义, 同时对于青少年的科普教育来说亦是令人感兴趣的课题. 然而, 年龄对于人类脸部容貌的影响是一个机制相当复杂的生理学课题, 受到诸多因素的影响. 比如: 个人的生活环境、饮食习惯、工作性质及压力程度等, 这些因素会在人的容貌上刻下不同的岁月痕迹.

一般来说, 一个人一生中的容貌变化分二个阶段: 第一阶段是从幼年到青年, 此阶段容貌的变化主要在于脸型和五官的改变; 第二阶段是从青年到老年, 这一阶段属成年不同阶段的渐变, 因此其脸型基本上已定型, 其容貌变化主要体现在肤色、毛发、脸部肌肉松弛程度及色彩、光泽度的改变上. 本文的研究侧重于对第二阶

收稿日期: 2008-08-06; 修回日期: 2009-01-22

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(No. 2009CB320802); 国家高技术(863)基金项目(No. 2006AA01Z314); 国家自然科学基金重点项目(No. 60833007); 浙江省自然科学基金杰出青年团队项目(No. R407042)

段的模拟:即从青年到老年阶段的人脸衰老过程模拟。

在人脸的衰老变化方面,至今有不少富有成效的研究工作。1995年,Perrett等<sup>[1]</sup>提出了一种原型法,即通过改变形状和颜色来实现人脸图像的年龄变化合成。2001年,Tiddeman等<sup>[2]</sup>扩展了这种方法,使用基于小波滤波的方法实现了纹理增强,使得随年龄变化的人脸变化效果更加显著。但该方法对所有的人采用同样的原型进行衰老变化,并没有考虑不同种类人的不同衰老方式。

Lanitis等<sup>[3]</sup>使用基于年龄函数的方法实现人脸年龄变迁的合成,基于一个包含45个人在不同年龄的照片的人脸图像数据库,利用AAM(Active Appearance Models)方法将每个人脸表示为一个特征向量,经过统计学习建立年龄与表征人脸特征的向量之间的对应关系即年龄函数,求出每个年龄函数的逆函数即可实现根据目标年龄求出人脸特征向量进而合成该年龄的人脸图像。但该方法主要关注于从幼年至成年的容貌变迁,并不适合于从青年至老年的人脸衰老模拟。

郑南宁等<sup>[4]</sup>提出了一种基于衰老纹理映射和差异性理论的人脸衰老化变换算法,利用衰老纹理比例图投影技术以及形状和纹理的差异性渐变技术完成人脸的衰老变化。Liu等<sup>[5]</sup>提出了一种基于图像的表面细节移植技术(IBSDT),利用这种技术可以将老年人脸图像的纹理细节特征(如皱纹、斑点等)移植到青年人脸图像上,从而合成青年人脸图像的老化效果。Hill等<sup>[6]</sup>利用PCA(Principal Components Analysis)方法对数量相同的不同年龄的男女脸型进行统计分析,分离出形状和纹理模型,对于不同性别的子空间,根据其离轴的欧氏距离进行里采样,从而生成某输入人脸对应的20年内的衰老图像。刘剑毅等<sup>[7]</sup>则基于小波方法,将人脸图像分解为高频和低频部分,再将年轻人脸图像的低频信息与老年人脸图像的高频信息进行融合,从而生成人脸衰老合成图像。但上述工作往往只参考了个别人脸的信息及模板,其衰老的信息种类及方式还不够充分。

Ramanathan等<sup>[8]</sup>通过观察性格形成期的人脸变化,提出了一个颅面生长模型。该模型改进了心理学领域的心形线张力变化模型(cardioid strain transformation model),并考虑了脸部生长期的人体测量数据,得出了脸型变化比例的约束条件,从而来预测出成长期人脸随年龄变化的图像。但此模型只适合于18周岁以下青少年的脸型变化,并不合适成年人脸的衰老特征变化。Suo等<sup>[9]</sup>提出了一个多分辨率的人脸衰老动态模拟模型,该模型考虑了衰老时期头发变化的特点,将已有所有人脸图像表示为多层次的与-或图,并整合了衰老变化过程中的三大显著特征:头发风格和形状的整体外观变化、脸部成分的变形及衰老效应和不同年龄段的

皱纹变化,并取得了较好的衰老合成效果。但该模型衰老模拟效果的年龄段较粗(如:60~80岁),在衰老年龄段的精确定位方面尚有待改进。

在人脸三维图形衰老模拟方面,Blanz等<sup>[10]</sup>建立了一个由200个三维人脸模型组成的人脸模型数据库,提出了形变模型(Morphable model),通过线性对象类建模和像素级的模型匹配,在统一框架下实现对面脸的姿态、表情、年龄、光照等属性的变换。Scherbaum等<sup>[11]</sup>对上述模型库进行了扩展,利用非线性支持向量退化的方法通过学习得到年龄函数,从而使用非线性的个性化的年龄变迁轨迹模拟人脸模型的年龄增长。衰老通常令脸部的高频信息(如皱纹)增加,Golovinskiy等<sup>[12]</sup>通过调整输入模型偏移图像的局部统计量,使之匹配目标年龄的人脸模型统计量,由此合成人脸模型的衰老效果。但这些基于三维建模的方法依赖于大样本的三维扫描人像数据库,其数据量较大,操作处理起来不大方便。

综上所述,不同种类的人有着不同的变老途径,但实现个性化的衰老合成往往需要同样的人在不同年龄的人脸图像,虽然国外的学者建立了较大容量的人脸衰老数据库,但它只适合西方人,并不适用于亚洲人种,而目前网上所能接触到人脸图库其图像分辨率较低;并且至对从青年至老年阶段的较精确年龄定位的衰老模拟研究尚不够深入,而基于三维模型的衰老模拟技术目前还存在数据获取及操作不便的缺点,限制了其应用的推广。

本文提出了一种新的基于图像的个性化人脸衰老图像合成方法。本方法基于已建立的不同年龄的黄色人种人脸图像数据库,提出了一种基于人脸外轮廓局部曲率标准差的个性化脸型匹配算法,通过表示人脸脸型特征的特征点计算出局部曲率标准差,并在人脸图像数据库的不同年龄段中的匹配找出多幅图像,并进行纹理增强的原型合成,再通过形状和颜色变换模型实现了人脸衰老图像的合成。

## 2 不同年龄的人脸数据库的建立

不同种类(如:人种、胖瘦、性别等)的人往往有着不同的衰老方式,因此要较为逼真地模拟合成一个人在将来不同年龄的容貌,不能仅仅基于较少数量的人脸信息。而不同的人种(如白种人、黑种人)的变老方式有着较大的差异。因此要模拟我们黄种人的衰老方式,首先必须建立有较大容量的不同人群在不同年龄的人脸数据库,这样才能为个性化的衰老合成提供足够的信息。

目前网络上能免费找到的人脸数据库大多是西方人的脸部图像,并不适合亚洲黄种人的衰老合成,且分

分辨率较低.为此,本文所属的课题组探索建立起具有较高分辨率黄种人人脸图像数据库,人脸图像入选入库的标准必须是健康人的正面、免冠照,并已消除背景的影响.目前的数据库中已包含有不同性别、不同年龄和不同脸型的人脸图像,图像的分辨率为  $512 \times 512$ ,年龄跨度为 20 至 70 岁.至今已有 280 张,男、女各占约一半,我们的人脸图库目前还在不断地扩充中.其部分样本图像请参见图 1.



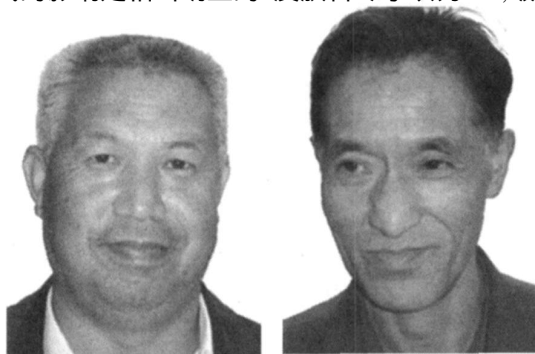
图1 数据库中的部分人脸图像样例

在建立了人脸图像数据库以后,就可以依据这些人脸数据,对输入的人脸图像进行匹配搜索,从而找出其合适的不同年龄的人脸图像,由此进行原型合成.

### 3 基于人脸外轮廓局部曲率标准差的个性化脸型匹配算法

Perrett 等人的原型法<sup>[1]</sup>为我们提供了一种基于图像的不需要年龄纵向数据的衰老合成方法.构建原型的集合了每一幅参与混合的图像共同特点,同时消除了某些具体图像的个性特点.采取适当的标准(如人种、性别、年龄等)对图像进行分组并合成每组的原型,即可以得到代表每组特征的人脸原型.但由于对同样性别的人都采用同样的原型,该方法没有解决衰老的个性化问题.

虽然仅仅通过一幅输入图像确定某个人的衰老模式,从而准确预测他衰老后的相貌是相当困难的,但人脸图像能提供的一个重要信息:即:不同的脸型对衰老模式的影响是相当明显的.皮肤科专家认为<sup>[13]</sup>,皱纹的



(a) 圆润、脂肪较多的脸 (b) 消瘦、轮廓突出、脂肪较少的脸  
图2 两种典型的老人脸型

形成、松弛程度与脸型、骨骼结构有着密不可分的关系,并列出了两种典型脸型的代表:

**圆润脸型:**肌肉比较多,两腮和下巴处比较圆润,通常轮廓比较不明显.易出现的老龄化情况:松弛、下垂,脸部轮廓越来越不明显,如图 2(a).

**消瘦脸型:**肌肉分布较少,两腮或下巴处的骨骼突出,轮廓较分明.易出现的老龄化情况:细纹、缺水、脸颊凹陷,如图 2(b).

其它脸型则介于这两种脸型之间.本文将采取基于人脸外轮廓曲率标准差的方法对数据库中的人脸图像进行选择,当找到原输入图像合成最匹配的不同年龄段图像时,就以此为基础进行原型合成,进而生成其个性化的衰老图像.

在我们的实验中,数据库中的每一幅图像的形状都被表示为 92 个特征点的集合,如图 3(a) 所示.特征点的选定可以手工完成,也可以使用 ASM<sup>[14]</sup>或 AAM<sup>[15]</sup>等方法来自动完成.

曲率是反映曲线弯曲程度的度量标准,标准差是表征一组数据波动大小的量.对于人脸外轮廓来说,通常脸部脂肪多的人轮廓比较圆润,表征脸部轮廓的曲线的曲率分布较均匀,曲率值的标准差较小;而脸部脂肪少的人轮廓分明,脸部轮廓的曲率变化比较剧烈,曲率值得标准差较大.



(a) 表示人脸形状的 92 个特征点 (b) 与脸型密切相关的 13 个特征点

图3 人脸图像的特征点

为了衡量一个人的脸型特征,我们选取与脸型特征密切相关的 13 个点  $(p_1, p_2, \dots, p_{13})$ ,如图 3(b) 所示.使用与人的脸型特征较为符合的三次样条曲线对以上点进行拟合,在该曲线上求得每个特征点的曲率  $(K_1, K_2, \dots, K_{13})$ ,这 13 个曲率值的标准差可用于度量脸型的圆润/消瘦程度.

依据数值的大小,可以从某组库图像中选择与输入图像脸型的圆润/消瘦程度最接近的  $N$  幅图像合成原型,然而并不能反应出人脸脸型的全部特征,消瘦的脸可能在下巴处显得尖削,如图 4(c),也可能在两腮处尖削,如图 4(b),亦可能在下巴和两腮处都比较尖削,如图 4(d),当两幅人脸图像  $i$  和  $j$  的脸型外轮廓曲率标准差  $\sigma_i$  和  $\sigma_j$  很接近时,形状却可能大相径庭,因而

若仅仅以 为标准来选择图像合成原型,可能会由于在不同年龄组生成的原型的脸型差异过大而导致合成的衰老图像的脸型与输入图像的脸型相比变化过大。

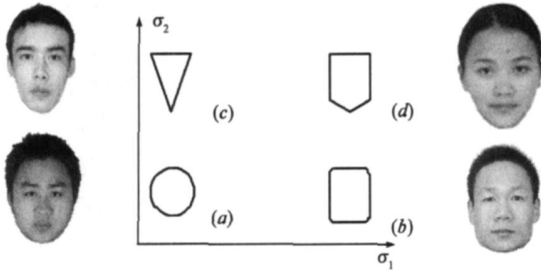


图4  $(\sigma_1, \sigma_2)$ 在平面坐标空间中的表示及 $\sigma_1$ 和 $\sigma_2$ 的大小变化对脸型的影响

为了解决上述问题,我们计算人脸外轮廓的局部曲率标准差,即分别计算点 2-6,5-9,8-12 处的曲率值的标准差,分别用  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  表示,其中  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  表示人脸两腮左右两边的突出程度,  $\sigma_3$  表示人脸下巴处的突出程度,在通常情况下,人脸是对称的,为此我们使用

$\sigma_1 = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$  作为人脸两腮处突出程度的度量以消除由于人脸微侧或特征点选取不对称造成的错误,  $v = (\sigma_1, \sigma_2)$  为表示脸型圆润/消瘦程度的度量标准。

将  $(\sigma_1, \sigma_2)$  表示在平面坐标空间中,如图 4 所示。一般来说,  $\sigma_1$  越大,则两腮越突出;  $\sigma_2$  越大,则下巴越尖。图 4 的 (a) ~ (d) 为 4 种极端情况的代表脸型(图中所附的脸型为近似样本):(a) 中的  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  均较小,属圆润脸型;(b) 中的  $\sigma_1$  较大,  $\sigma_2$  较小,两腮突出,属下巴较平的脸型;(c) 中的  $\sigma_1$  较小,  $\sigma_2$  较大,两腮轮廓缓和,属下巴较尖的脸型;(d) 中的  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  均较大属两腮和下巴处轮廓都很突出的脸型。

我们计算输入图像的圆润/消瘦程度  $v_{input}$ ,并算出  $v_{input}$  与数据库中每幅图像  $i$  的圆润/消瘦程度  $v_{dbi}$  的欧氏距离  $\|v_{input} - v_{dbi}\|$ ,当  $\|v_{input} - v_{dbi}\|$  小于或等于我们预先设定的阈值  $t$  即  $\|v_{input} - v_{dbi}\| \leq t$  时,该库图像入选为他所在的年龄组的原型的构成图像。

#### 4 年龄原型的纹理增强合成

人脸原型是对多幅人脸图像的形状和颜色进行混合后得到的平均形状和图像,采取适当的标准(如人种、性别、年龄等)对图像进行分组并求取组内图像形状和颜色的均值,即可以得到代表该组特征的人脸原型。

##### 4.1 构建原型

将数据库中某组的人脸图像进行混合,可得到该组的原型。如前文所述,组内的每一幅图像的形状都表示为 92 个特征点的集合。每个组原型的形状是该组图像形状的平均值,通过对每幅图像形状向量中的每

个对应点坐标求取平均得到:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N x_i \quad (1)$$

其中,  $x_i$  是第  $i$  幅图像的形状向量,由  $n$  个特征点的  $x$  和  $y$  坐标值组成:

$$x_i = (x_0^i, y_0^i, x_1^i, y_1^i, \dots, x_n^i, y_n^i) \quad (2)$$

式中:  $\bar{x}$  表示  $N$  幅图像的形状向量的平均值。

原型图像每个像素的颜色值是组内的每一幅图像扭曲为平均形状后每个对应点的平均值:首先使用图像变形(Warp)技术<sup>[16,17]</sup>将组内图像进行扭曲,在这里我们使用了基于三角剖分的图像变形法,采取了反向映射以保证变形后的图像不产生空洞,用双线性插值保证像素间的色彩连贯。对于每一个对应的像素,求取颜色的平均值:

$$\bar{c}(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N c_i \left( W_x^i(x, y), W_y^i(x, y) \right) \quad (3)$$

其中,  $c_i(x, y)$  是表示第  $i$  幅图像在点  $(x, y)$  的 RGB 颜色值的向量,  $(W_x^i, W_y^i)$  表示第  $i$  幅图像的扭曲函数,  $c_i(x, y)$  即为  $N$  幅图像在点  $(x, y)$  的平均 RGB 颜色向量。

##### 4.2 原型的纹理增强

用平均求原型的方法通常会令皱纹、寿斑等与年龄密切相关的高频信息丢失,获得的原型图像显得过于光滑因而无法代表该组的年龄特征,在构造原型的过程中进行基于小波的纹理增强,可以改善这一问题。

纹理增强的目的是扩大图像的高频信息,对图像进行金字塔分解可有效将高频部分和低频部分进行分离<sup>[18]</sup>,选用 Gabor 函数的实部分作为高通滤波器,三次 B 样条函数作为低通滤波器对组成原型的每一幅图像构建图像金字塔再进行以下处理,可得到较好的纹理增强效果。

在一条小波子带  $w$  上,分别进行  $x$  和  $y$  方向的低通滤波,得到的平滑子带  $\bar{w}$  反映了一个范围内的边缘强度。对于每个点  $(x, y)$ :

$$w_w(x, y) = h_x * h_y * |w(x, y)| \quad (4)$$

其中  $h_x$  和  $h_y$  是一维三次 B 样条平滑滤波器,  $*$  是卷积符号。

$N$  幅图像的平滑子带的平均值计算如下:

$$\bar{w}_w(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} w_w^i(x, y) \quad (5)$$

对于一条小波子带  $w$ ,计算出  $N$  幅图像的平均值  $\bar{w}_w$ ,将它与每幅图像平滑后的平均值  $\bar{w}$  相乘,再除与  $\bar{w}$  的平滑图像  $\bar{w}_w$ ,可得到更能代表  $N$  幅图像边缘特征的值  $v(x, y)$ :

$$v(x, y) = \frac{\bar{w}_w(x, y) \bar{w}(x, y)}{\bar{w}(x, y)} \quad (6)$$

用  $v$  代替  $w$  进行图像重构,就可以得到具有纹理

增强效果的原型。

## 5 形状和颜色的衰老合成

对于一副输入图像,我们根据上文所述的方法合成其个性化的原型对,进行形状和颜色变化获得衰老后的图像。图像的形状变化表示如下:

$$x_{os} = x_s + \alpha(x_{op} - x_{yp}) \quad (7)$$

其中的  $x_s$  表示输入源图像的形状向量,  $x_{op}$  和  $x_{yp}$  分别表示选定的老年人脸和青年人脸原型,  $\alpha$  是衰老比例,  $x_{os}$  即为目标图像即源图像衰老变化后的形状向量。

使用图像变形(Warp)技术将源图像和原型对的图像都扭曲为目标形状向量,再进行颜色变化,对于每个像素计算目标图像的颜色:

$$c_{os}(x, y) = c_s(x, y) + \alpha(c_{op}(x, y) - c_{yp}(x, y)) \quad (8)$$

其中的  $c(x, y)$  表示图像在点  $(x, y)$  的 RGB 颜色值的向量。

## 6 结果

根据本文提出的方法,我们为输入图像合成了个性化的年龄原型。图5和图6是使用个性化脸型匹配算法为输入图像合成的个性化的年龄原型,其中(a)为原输入图像,(b)和(c)为使用本文的方法为输入图像合成的个性化原型,由于两幅输入图像的脸型截然不同,因此合成的原型图像也大相径庭。



图5 个性化的年龄原型之一(较圆润的脸型)



图6 个性化的年龄原型之二(较消瘦的脸型)

下面的图7是使用本文介绍的个性化原型法进行衰老合成效果与使用 Perrett 等人的统一原型法进行衰老合成效果的对比(衰老目标两者均假设为50岁),其中左列为原输入图像,中间列为使用 Perrett 统一的年龄原型进行衰老合成的效果图,右列为使用本文的个性化原型进行衰老合成的效果。从图中可以看出,使用 Perrett 统一原型进行合成时,每个人的衰老趋势相同,

在同一年龄时的老化程度(皱纹的多少、眼袋的大小、白发的比例、皮肤光泽减退的速度等)相当,皱纹产生的部位类似。而本算法则较好的体现了衰老过程的个性化,在同样的年龄段,不同脸型的人皱纹、眼袋、肤色、头发花白的程度等的变化有较大的不同,较圆润丰满的人在变老时皱纹较少,而会有较多可能出现脸部下垂松弛的现象;反之,较消瘦的人在变老时皱纹较多、较为明显,而较少可能出现脸部下垂松弛的现象。由此可见,本文方法比 Perrett 等人的方法更加符合实际的情况。



图7 本文方法与Perrett等人<sup>[1]</sup>统一原型法的衰老合成效果的对比。左列为原输入图像,中间列和右列分别为Perrett方法和本文方法合成的结果

我们对输入的人脸图像进行了大量的不同年龄段的衰老合成实验,均得到了较为满意的合成效果,其中几例的效果如图8至图10所示。

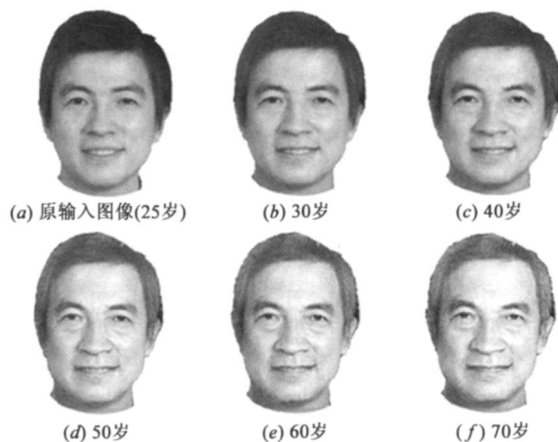


图8 圆润脸型的衰老合成图。(a)为输入图像,(b)-(f)为合成图像

图8~图10中的图(a)均为原输入的青年人脸图像。图(b)~图(f)分别为假设为约30岁、40岁、50岁、60岁和70岁时的衰老容貌。从效果图中看出,随着年龄的增大,每幅人脸图像的脸部皱纹会逐渐增加,皮肤会逐渐松弛,眼袋会越来越严重,肤色会越来越暗淡,白发的比例会越来越高。而对于不同性别和脸型的人,其具体的衰老方式和老化进程又有所不同。图8与图9性别相同,但脸型完全不同,因此两者的变老过程显示

出了较大的差异.图 8 的原输入图像属圆润的脸型,该类脸型在变老时的特点为:脸部肌肉松弛,皱纹增加的程度不是很明显,脸部肤色变暗及光泽减退的速度较慢;图 9 的原输入图像属较消瘦的脸型,该类脸型在变老时的特点为:随着年龄的增大,两颊凹陷,脸部的皱纹增加较为明显,眼袋加深,并且脸部皮肤光泽的消失速度较快;图 10 的原输入图像属两腮较圆润的女性脸型,该类脸型在变老时的特点为:脸部皮肤不易松弛,

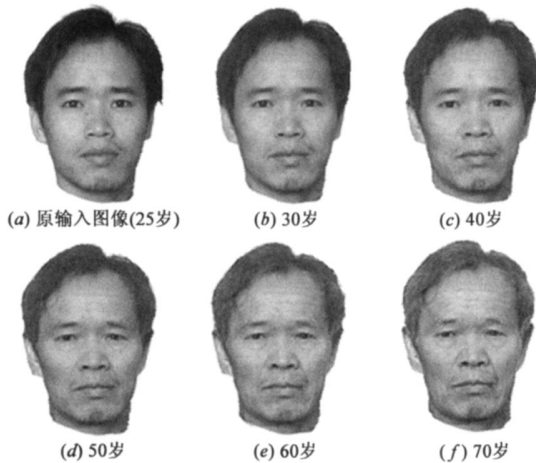


图9 较消瘦脸型的衰老合成图。(a)为输入图像,(b)-(f)为合成图像



图10 一类女性衰老合成图(两腮较圆润,下巴较尖).  
(a)为输入图像,(b)-(f)为合成图像

但脸颊光泽度的消退程度较为明显,容易变为焦黄之色.

## 7 结论和展望

本文根据脸型对人脸衰老方式的影响,提出了一种新的基于图像的个性化人脸衰老图像合成方法.本方法基于已建立的适合我们亚洲人的不同年龄的黄种人脸数据库,提出了利用脸型轮廓特征点处曲率的标准差来搜索人脸图像数据库中的匹配图像来构成年龄图像原型,并通过形状和颜色变换模型实现了人脸衰

老图像的合成.本合成方法能达到皱纹增加、眼袋生成、皮肤光泽变暗淡、毛发变花白等具有真实感的衰老合成效果.操作简便,可应用于刑事侦破、人脸识别、影视化妆辅助设计及大众娱乐等多个领域.

本文的主要贡献有:

(1) 建立起高分辨率的不同年龄段亚洲黄种人的脸部图像数据库;

(2) 提出了利用脸型轮廓特征来实现个性化的人脸衰老图像合成新算法;

(3) 本合成方法能达到皱纹、眼袋、皮肤光泽、毛发变花白等真实感的衰老变化效果,操作简便,易于推广.

但本文的算法目前对脸部特征点的选取上还需一定量的交互操作,尚不能达到完全自动化.将来的工作中,我们将进一步扩充我们的人脸图像数据库,特别要补充 70 岁以上年龄段人脸的样本库;并利用计算机视觉原理进行脸部特征性的自动检测与提取,从而达到全自动的实时衰老效果生成;并尝试用统计学习的方法来更加准确地模拟一个人的个性化衰老风格,从而更加科学地预测生成人脸的未来的容貌.

致谢 作者衷心感谢在本论文课题完成过程中,所有愿意提供自己的人脸图像的各位同学、师长、亲友及其他志愿者!他们为本文的完成及人脸图像数据库的建立做出了贡献.

## 参考文献:

- [1] Rowland D, Perrett D. Manipulating facial appearance through shape and color [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1995, 15(5): 70 - 76.
- [2] Tiddeman B, Burt M, Perrett D. Prototyping and transforming facial textures for perception research [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, 21(5): 42 - 50.
- [3] Lanitis A, Taylor C J, Cootes T F. Toward automatic simulation of aging effects on face images [J]. IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(4): 442 - 455.
- [4] 郑南宁,付昀,张婷,卓峰.人脸的表情与年龄变换和非完整信息的重构技术(上) [J]. 电子学报, 2003, 31(12A): 1955 - 1962.  
Zheng Nan-ning, Fu Yun, Zhang Ting, Zhuo Feng. Facial expression transformation, aging and invisible view reconstruction (1) [J]. Acta Electronica Sinica, 2003, 31(12A): 1955 - 1962. (in Chinese)
- [5] Zcheng Liu, Zhengyou Zhang, Ying Shan. Image-based surface detail transfer [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2004, 24(3): 30 - 35.
- [6] Hill C M, Solomon C J, Gibson S J. Plausible aging of the human face using a statistical model [A]. Proceedings of Computer Graphics and Imaging 2004 [C]. Kauai, Hawaii, USA, 2004.

426. 51 - 57.
- [7] 刘剑毅, 郑南宁, 游屈波. 一种基于小波的人脸衰老化合成方法[J]. 软件学报, 2007, 18(2) : 299 - 306.  
Liu Jianyi, Zheng Nanning, You Qubo. A wavelet-based facial ageing synthesis method[J]. Journal of Software, 2007, 18(2) : 299 - 306. (in Chinese)
- [8] Ramanathan N, Chellappa R. Modeling age progression in young faces[A]. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2006[C]. New York, NY, USA, 2006. 387 - 394.
- [9] Suo J, Min F, Zhu S, Shan S, Chen X. A multi-resolution dynamic model for face aging simulation[A]. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2007[C]. Minneapolis, MI, USA, 2007. 1 - 8.
- [10] Blanz V, Vetter T. A morphable model for the synthesis of 3D faces[A]. Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series[C]. ACM SIGGRAPH, Los Angeles, California, USA, 1999. 187 - 194.
- [11] Scherbaum K, Sunkel M, Seidel H P, Blanz V. Prediction of individual non-linear aging trajectories of faces[J]. Computer Graphics Forum, 2007, 26(3) : 285 - 294.
- [12] Golovinskiy A, Matusik W, Pfister H, Rusinkiewicz S, Funkhouser T. A statistical model for synthesis of detailed facial geometry[A]. Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series [C]. ACM SIGGRAPH, Boston, Massachusetts, USA, 2006. 1025 - 1034.
- [13] 脸型也会决定衰老方式? [EB/OL]. <http://www.mrfww.com/tj-view.asp?id=414>. 2007 - 06 - 07.  
Can the shape of the face determine the method of aging? [EB/OL]. <http://www.mrfww.com/tj-view.asp?id=414>. 2007 - 06 - 07. (in Chinese)
- [14] Cootes T F, Cooper D, Taylor C J, Graham J. Active shape models-their training and application[J]. Computer Vision and Image Understanding, 1995, 61(1) : 38 - 59.
- [15] Cootes T F, Edwards G J, Taylor C J. Active appearance models[J]. IEEE Transactions on Pattern and machine Intelligence, 2001, 23(6) : 681 - 685.
- [16] Goshtasby A. Piecewise linear mapping functions for image registration[J]. Pattern Recognition, 1986, 19(6) : 459 - 466.
- [17] Ruprecht D, Muller H. Image warping with scattered data interpolation[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1995, 15(2) : 37 - 43.
- [18] Heeger D J, Bergen J R. Pyramid-based texture analysis/synthesis [A]. Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series [C]. ACM SIGGRAPH, Los Angeles, California, USA, 1995. 229 - 238.

#### 作者简介:



**王章野** 男, 1965 年出生于浙江省乐清市, 1987 年毕业于华东师范大学物理系, 获理学学士学位, 1990 年在同校获光学专业硕士学位, 2003 年在浙江大学获计算机图形学专业博士学位. 现在浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室任副教授, 研究方向为计算机图形学和图像处理, 包括计算机动画、图像融合、虚拟现实、大规模复杂场景真实感模拟和红外成像仿真等.

E-mail: zywang@cad.zju.edu.cn



**曹玫璇** 女, 1982 出生于贵州省贵阳市, 2004 年毕业于西南师范大学计算机系, 获理学学士学位, 2008 年在浙江大学获计算机应用专业硕士学位. 主要研究方向为图像处理和计算机动画等.