

京剧脸谱分析与合成

蔡飞龙^{1,2)} 彭 翱^{3)*} 于金辉¹⁾

¹⁾(浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室 杭州 310027)

²⁾(宁波大学艺术与传媒学院 宁波 315211)

³⁾(浙江大学计算机科学与技术学院 杭州 310027)

(caifeilong@cad.zju.edu.cn)

摘 要 京剧脸谱的分析与数字化建模可以使人们深化对传统京剧艺术的认识,对于传统文化的保护与利用具有重要意义.首先分析京剧脸谱纹样形状特征并根据其语义信息将其分类,然后用 Bézier 曲线构造出矢量化纹样单元库;在合成脸谱阶段,用户只需按照脸谱绘制顺序逐层选取所需纹样,根据创作需要对各层的纹样进行组合得到最终的京剧脸谱图案;还提供一系列变形工具供用户对脸谱局部纹样进行编辑修改,以生成更多的、富有变化的京剧脸谱图案.与手工绘制京剧脸谱相比,文中系统可以用更灵活多变的方式,简单快捷地生成各种复杂的京剧脸谱.该系统在旅游产品开发、书籍装帧、建筑装饰、服饰设计、装潢设计、电子贺卡、京剧教学等领域有着广泛的应用前景.

关键词 京剧脸谱;纹样;Bézier 曲线;非真实感绘制

中图法分类号 TP391

Analysis and Synthesis of Peking Opera Facial Make-Ups

Cai Feilong^{1,2)} Peng Ren^{3)*} Yu Jinhui¹⁾

¹⁾(State Key Laboratory of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

²⁾(College of Art and Media, Ningbo University, Ningbo 315211)

³⁾(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract This paper presents a method for synthesizing the facial make-ups in Peking Opera. By the method, we first classify most of existing patterns in the facial make-ups into different types according to their semantic meaning and abstract feature points associated with these patterns. Then we construct a bank of vectorised patterns by Bézier curve interpolation based on those feature points. During the synthesis phase, users pick up required patterns from the pattern bank and compose them to form new facial make-ups. Our system offers a set of tools that allow users flexible control over the shape, size and orientation of patterns. Users may also interpolate different patterns to obtain new ones and use them in the new facial make-ups. Potential applications of the system include decoration design, digital entertainment and education of Peking Opera etc.

Key words facial make-up in Peking Opera; pattern; Bézier curves; non-photorealistic rendering

作为文化遗产的一部分,传统艺术图案往往蕴藏着传统文化最深的根源,保留着形成该民族文化的原生状态以及特有的思维方式等,其本身就有着很高的审美、文化和应用价值.随着世界各国对传统

收稿日期:2008-08-12;修回日期:2008-12-12.基金项目:国家自然科学基金(60373007);国家“八六三”高技术研究发展计划(2006AA01Z312);浙江省科技计划项目(2007C21043).蔡飞龙,男,1978年生,博士研究生,主要研究方向为数字化艺术.彭翱,男,1968年生,学士,副教授,论文通讯作者,主要研究方向为产品创新设计、计算机辅助工业设计、数字媒体设计、环境艺术设计(pengren@cs.zju.edu.cn).于金辉,男,1960年生,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机动画、计算机游戏、非真实感图形绘制.

文化遗产保护的日益重视,对传统艺术图案的保护,特别是对其进行数字化建模的研究,受到越来越多学者的关注。

京剧在其长达 200 多年发展过程中,形成了独特的、缤纷流丽的脸谱艺术。为了表现人物的个性,突破人物真实面目的局限,在勾画脸谱时从美学观点出发,选择最有代表性的特征加以夸张并恰当组织在脸谱中。京剧脸谱不仅表现了人物的生理形态,同时还要把其性格特征、社会属性,甚至使用的武器都集中概括地用图案反映出来。

近 10 余年来,用计算机实现非真实感图形绘制(non-photorealistic rendering, NPR)技术得到迅速发展,诸如钢笔画^[1]、铅笔画^[2]、水彩^[3]、水粉^[4]、水墨画^[5-6]等传统绘画风格被成功地模拟;另外一部分研究工作则不是生成传统绘画风格,但看上去仍像手工绘画的一些效果^[7-11],更多的有关 NPR 方面文献可在 SIGGRAPH'99 Course Notes^[12]中看到。目前国内外对于不同民族传统图形方面的研究报道很少,文献[13-14]通过群论对伊斯兰星形图案的应用进行了深入和细致的讨论,这类方法主要通过对称群(symmetric group)来分析伊斯兰星形图案的结构和组织形式;文献[15]用图论描述了印度 Kalam 图案的生成规则。文献[16]提出了用计算机生成装饰图案的方法,可以在任意边界约束下用叶子、花、茎等基本图元生成植物装饰图案;文献[17]把圆形对称剪纸图案进行扇形二分、四分或六分,然后合成新的中心对称剪纸图案;文献[18]提出用样条曲线生成中国动物剪纸图案的方法;文献[19]进一步把剪纸图案绘制到三维模型上;文献[20]用图像合成的方法生成剪纸效果。目前尚未见到有关计算机辅助京剧脸谱建模与绘制的文献报道。

本文提出一个京剧脸谱的分析与合成系统。首先分析手工绘制京剧脸谱的结构以及构成脸谱的纹样,包括眉纹、眼窝纹、嘴角纹等,并用 Bézier 曲线构造出它们的矢量化纹样库。接着在合成脸谱阶段,可根据创作需要对各个纹样按层进行组合得到新的京剧脸谱图案。本文还提供一系列变形工具供用户对脸谱纹样进行编辑修改,包括直接调控纹样形状、同类独立纹样之间变形,以及不同层纹样形状的关联调控,从而生成更多的、富有变化的京剧脸谱图案。与手工绘制京剧脸谱相比,本文系统可以用更灵活多变的方式,简单快捷地生成各种复杂的京剧脸谱。

1 京剧脸谱的结构

京剧脸谱主要用于净(花脸)和丑(小丑),它在形式、色彩和类型上有一定的格式。在一张脸谱中可以分成额头、眉、眼窝、嘴角等几个部分^[21],如图 1 所示。



图 1 京剧脸谱基本组成部分

脸谱中每个区域的局部纹样造型各异,用于刻画人物的性格,一般采取随形附意的物象型的方式对其命名。如眉纹的形式有方眉、尖眉、点眉、鸭蛋眉、棒槌眉、寿字眉等;眼窝纹的形式有鸟眼、直眼窝、老眼、尖眼窝、一字连眼、垂老眼、三角眼等;额头纹有双回纹旋额、云纹立柱纹额、蝠纹额、如意方印堂纹、日月额、太极图案等。

如图 2 所示,在手工绘制脸谱时,一般是先在脸上打上底色,如图 2 左图所示;然后画出眉和眼窝处的白色纹样,如图 2 中图所示,再在其上面分别画出黑色眉纹和眼窝纹;左右眉纹和眼窝纹完成之后,再添加额头纹以及嘴角纹,如图 2 右图所示。为了模拟这种手工绘制脸谱的顺序,我们在系统中采用分层对应各个纹样的绘制步骤,并在各层上建立相应的纹样库。一个基本的脸谱纹样数据结构如图 3 所示,其中底色层用点线框表示,眉和眼窝处的白色纹样层用划线框表示,其余的纹样层用实线框表示。



图 2 京剧脸谱手工绘制过程

由于大多数京剧脸谱是左右对称的,因此只需要构建面部一侧的纹样,另一侧的纹样通过水平

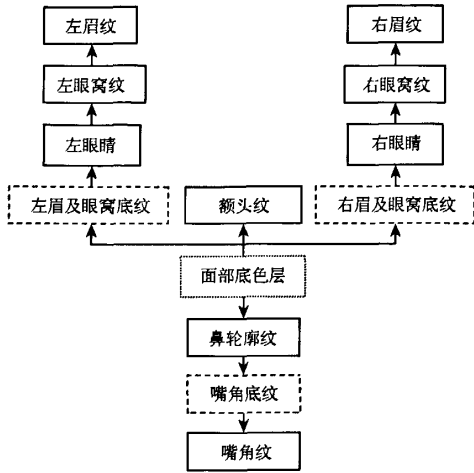


图3 一个基本京剧脸谱纹样数据结构

翻转得到;对于少量左右不对称的脸谱则需要分别构造其左右两侧的纹样。

2 纹样构造

我们参考手工绘制脸谱把其中用到的各种纹样分成额、眉、眼、嘴等几类。

从图2给出的脸谱的绘制过程可以看到,无论在哪个步骤上,除了少数折点外其他位置的轮廓线都是光滑弯曲的,非常适合用 Bézier 曲线构造,即用少量的控制点定义纹样轮廓的大致形状,然后用 Bézier 曲线生成纹样的实际轮廓。从运算效率以及稳定可靠性考虑,本文采用了 De Casteljau 细分 Bézier 曲线算法。

De Casteljau Bézier 曲线细分原理如下:对于任何 Bézier 曲线可以通过以下方法找到曲线上的中点,并将其分成 2 段 Bézier 曲线。假定 P_1, P_2, P_3, P_4 为一条 Bézier 曲线的控制点, P_{12}, P_{23}, P_{34} 分别是线段 $P_1 P_2, P_2 P_3, P_3 P_4$ 的中点;可以得到线段 $P_{12} P_{23}$ 和 $P_{23} P_{34}$ 的中点 P_{123} 和 P_{234} ,再得到线段 $P_{123} P_{234}$ 的中点 P_{1234} ,这样点 P_{1234} 就将曲线分成 2 段 Bézier 曲线,分别是点 $P_1, P_{12}, P_{123}, P_{1234}$ 控制点和点 $P_{1234}, P_{234}, P_{34}, P_4$ 控制点。如图4所示。

通过递归迭代,该细分可以继续,直至用户设定的精度上停止。细分过程的伪代码如下:

```

细分 Bézier( $P_1, P_2, P_3, P_4$ )
{
    计算中点  $P_{12}, P_{23}, P_{34}$ ;
    计算中点  $P_{123}, P_{234}$ ;

```

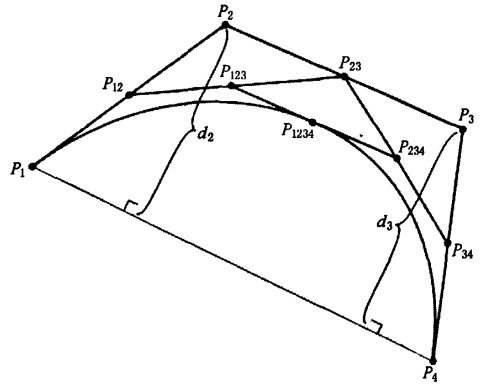


图4 De Casteljau 细分 Bézier 曲线算法图示

```

计算中点  $P_{1234}$ ;
if( $(d_2 + d_3) * (d_2 + d_3) < T * (d_x * d_x + d_y * d_y)$ ) {
    停止细分;
    输出点  $P_{1234}$ ;
} else {
    {
        细分 Bézier( $P_1, P_{12}, P_{123}, P_{1234}$ );
        细分 Bézier( $P_{1234}, P_{234}, P_{34}, P_4$ );
    }
}

```

其中, d_2, d_3 分别表示点 P_2 和 P_3 到线段 $P_1 P_4$ 的距离; T 是一个常量,为控制细分停止的最小距离的平方; d_x, d_y 分别为点 P_1 和 P_4 在 X, Y 轴上的投影距离。图5所示为用 Bézier 曲线构造的眉纹和眼窝纹样图例,其中纹样轮廓线上的不同灰度表示该纹样由若干 Bézier 曲线段表示。



图5 用 Bézier 曲线构造的眉纹和眼窝纹样

3 纹样调控

3.1 独立纹样与组合纹样

本文根据纹样的复杂程度将纹样分为独立纹样

和组合纹样. 独立纹样是指那些结构相对简单、用户对其有比较多改变意愿的纹样, 如图 5 中的眉纹、眼窝纹等. 我们通过直接改变 Bézier 曲线控制点来调控这些纹样的形状, 也可以对其进行缩放、旋转、扭曲变换等操作.

组合纹样是指那些具有比较复杂结构、颜色丰富、由多个不同形状的图案组合构成的纹样, 包括蝶翅眼、蝠形翻鼻窝、大部分额头纹样, 以及耳朵、眼睛、嘴等固定部位, 如图 6 所示. 这类纹样在脸谱中整体上作为一个纹样使用, 我们预先将它们绘制为 scalable vector graphics (SVG) 格式的矢量图存储到纹样库中, 用户可根据需要选择调用. 对于这类纹样, 本文提供基本的移动、缩放、旋转等操作.



图 6 组合纹样

3.2 同类独立纹样之间变形

对于同类型的独立纹样, 为了生成更多的富有变化的纹样, 可以选取一些样本, 采用相同数量的控制点以及相同段数的 Bézier 曲线构造它们; 然后利用变形技术在样本之间生成一系列新的控制点, 再用 Bézier 曲线绘制出形状渐变的眉纹. 图 7 所示为一个眉纹的变形结果, 中间 2 幅图为首尾 2 个状态的变形结果.



图 7 同类纹样之间变形

3.3 不同层纹样形状的关联调控

从图 2 后 2 幅图可以清楚地看到眉纹、眼窝纹以及嘴角底纹层轮廓形状与眉、眼窝、嘴角等外轮廓形状一致. 由于我们采用分层的纹样合成脸谱, 如果调控眉纹、眼窝纹等形状, 还要调控其下的底层纹样形状, 结果是交互量大而且难以保证各层纹样轮廓协调一致. 为解决这个问题, 只需要用户调整表层的眉纹、眼窝纹的形状, 系统就会自动地调整其底纹轮

廓形状.

首先对眉纹、眼窝等纹样指定其影响底纹轮廓线的 Bézier 曲线段. 假如直接复制这些指定的 Bézier 曲线段, 并将控制点沿着其各自的法线方向平移 d 距离 (如图 8 左图所示), 再用直线把眉纹和眼窝纹间断开处连接起来, 就会形成一个向内的突角 (如图 8 右图所示), 而在手工绘制的脸谱中这个位置上的轮廓线是平坦的.

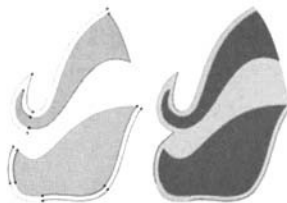


图 8 直接用 Bézier 曲线产生的轮廓结果

解决这个问题的方法是用新的控制点作为端点, 即在曲线段 S_1, S_2 中分别找到合适的点 P_1 和 P_2 作为端点, 如图 9 左图所示. 计算曲线上各点 P 的法线和水平 X 轴的夹角 θ , 对于 S_1 上的点, 如果 $\theta > 180^\circ$, 则去掉该点, 如图 9 中图所示; 对于 S_2 上半部分那些点, 判断条件则变成 $\theta < 180^\circ$. 去掉 S_1 下半部分和 S_2 上半部分那些点后剩下的端点就是 P_1 和 P_2 . 然后将剩余的点沿着它们各自的法线方向平移 d 距离, 对于 2 段 Bézier 曲线的公用尖锐顶点, 我们将它平移 $2.5d$ 的距离, 然后分别用样条曲线对它们插值, 即可获得所希望的外推轮廓线, 如图 9 右图所示.

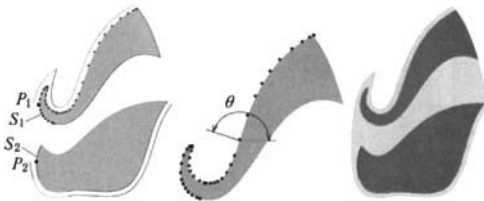


图 9 用新端点后产生的轮廓线结果

4 纹样着色

脸谱颜色有相对固定的象征意义和特殊寓意, 以表现人物的基本性格特征. 戏曲脸谱的设色与我们民族的文化传统、生活习惯密切相关, 脸谱中每种设色都具有特定的象征意义: 红色表示赤胆忠心,

紫色表示智勇刚义,黄色表示武将骁勇善战、残暴等。本文在纹样库中根据纹样反映的性格特征预置了相应的颜色,当然用户也可以交互地修改纹样的颜色。

5 合成结果图例

通过本文系统,用户能直观、快捷地生成精美的矢量化脸谱。用户只需按照脸谱绘制顺序逐层选取所需的纹样,根据创作需要对各层的纹样进行组合得到最终的京剧脸谱图案;还可以进一步替换每一个局部纹样,或根据脸谱需要调整局部纹样的形态。图10所示为本文系统合成的几个的脸谱。



图10 本文系统合成的脸谱

6 总结与展望

本文介绍一个计算机辅助京剧脸谱合成系统。在系统中我们构建了常用京剧脸谱的矢量化纹样库,用户既可以通过组合不同纹样得到新的脸谱,也可以对已有纹样形状进行编辑来设计出各种新脸谱,具体编辑包括对纹样的直接调控以及不同层纹样形状的关联调控。本文系统提供的这种组合上的灵活性以及编辑的方便性,使得用户以比传统手工效率高得多的效率进行京剧脸谱的创作,它在旅游产品开发、书籍装帧、室内设计、建筑装饰、服饰设计、装潢设计、电子贺卡、京剧教学等领域有广泛应用前景。在下一步工作中,我们打算把合成的脸谱映射到人脸照片上,让人们直观地看到画到脸上的脸谱效果,也可以通过人脸照片和性格描述,使系统能自动生成符合其特征的个性化脸谱。

参 考 文 献

- [1] Salisbury M P, Wong M T, Hughes J F, *et al.* Orientable textures for image-based pen-and-ink illustrations [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, 1997: 401-406
- [2] Sousa M C, Buchanan J. Computer-generated graphite pencil rendering of 3D polygonal models [J]. Computer Graphics Forum, 1999, 18(3): 195-207
- [3] Curtis C J, Anderson S E, Seims J E, *et al.* Computer-generated watercolor [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, 1997: 421-430
- [4] Yu Jinhui, Xu Xiaogang, Peng Qunsheng. Computer-generated gouache rendering of 3D polygonal models [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2000, 12(9): 664-667 (in Chinese)
(于金辉, 徐晓刚, 彭群生. 一个三维计算机水粉笔刷模型 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(9): 664-667)
- [5] Sun Jizhou, Bai Haifei, Qi Yafeng. Realization of the half-dry stroke effect in Chinese ink-wash drawing based on texture mapping [J]. Journal of Tianjin University, 2005, 38(1): 74-79 (in Chinese)
(孙济洲, 白海飞, 齐亚峰. 基于纹理映射的中国水墨画“干笔飞白”效果的仿真生成 [J]. 天津大学学报, 2005, 38(1): 74-79)
- [6] Yu J H, Luo G M, Peng Q S. Image based synthesis of Chinese landscape painting [J]. Journal of Computer Science and Technology, 2003, 18(1): 22-28
- [7] Hertzmann A. Painterly rendering with curved brush strokes of multiple sizes [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Orlando, 1998: 453-460
- [8] Litwinowicz P. Processing images and video for an impressionist effect [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, 1997: 407-414
- [9] Meier B J. Painterly rendering for animation [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, New Orleans, 1996: 477-484
- [10] Strassmann S. Hairy brushes [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Dallas, 1986: 225-232
- [11] Li Sheng, Meng Xiangxu. Non-photorealistic rendering based on curve ray tracing [J]. Journal of System Simulation, 2000, 12(5): 544-547 (in Chinese)
(李 胜, 孟祥旭. 基于曲线光线追踪的非真实感绘制算法 [J]. 系统仿真学报, 2000, 12(5): 544-547)

- [12] Curtis C, Green S, Gooch B, *et al.* Non-photorealistic rendering [C] //Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, 1999, Course Notes #17
- [13] Kaplan C S, Salesin D H. Islamic star patterns in absolute geometry [J]. ACM Transactions on Graphics, 2004, 23 (2): 97-119
- [14] Karam H, Nakajing M. Islamic symmetric pattern generation based on group theory [C] //Proceedings of the International Conference on Computer Graphics, Washington D C, 1999: 112-114
- [15] Siromoney G, Siromoney R. Rosenfeld's cycle grammars and kolam [C] //Proceedings of the 3rd International Workshop on Graph- Grammars and their Application to Computer Science, London, 1986: 564-579
- [16] Wong M T, Zongker D E, Salesin D H. Computer-generated floral ornament [C] //Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Orlando, 1998: 423-434
- [17] Liu Y X, Hays J, Xu Y Q, *et al.* Digital papercutting [C] // Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, 2005, Article No. 99
- [18] Zhang Xianquan, Yu Jinhui, Jiang Linlin, *et al.* Computer paper cut-out system based on decorative pattern [J]. Computer Engineering, 2006, 32(11): 248-250 (in Chinese) (张显全, 于金辉, 蒋凌琳, 等. 基于纹样的计算机剪纸系统 [J]. 计算机工程, 2006, 32(11): 248-250)
- [19] Li Y, Yu J H, Ma K L, *et al.* 3D paper-cut modeling and animation [J]. Computer Animation and Virtual World, 2007, 18(4/5): 395-403
- [20] Xu J, Kaplan C S, Mi X F. Computer-generated papercutting [C] //Proceedings of the 15th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications, Hawaii, 2007: 343-350
- [21] Zhao Menglin. Chinese facial make-ups in Peking Opera [M]. Beijing: Zhaohua Press, 2003: 5-40 (in Chinese) (赵梦林. 中国京剧脸谱[M]. 北京: 朝华出版社, 2003: 5-40)

关于推荐 2009 年 CCF 优秀博士学位论文的通知

为推动中国计算机领域的科技进步,鼓励创新性研究,激励计算机领域的博士研究生潜心钻研,务实创新,解决计算机领域中需要解决的理论和实际问题,使做出优秀成果的年轻学者获得同行认可并有成就感,中国计算机学会(CCF)自 2006 年起设优秀博士学位论文奖。2009 年度优秀博士学位论文推荐工作即日启动,现将有关内容通知如下:

参评条件

1) 本次优秀博士学位论文的评选范围为 2007 年 7 月 1 日至 2009 年 6 月 30 日期间在中国获得计算机科学与技术学科相关专业博士学位的学位论文;

2) 参加评选的博士学位论文须经具有计算机科学与技术学科博士点的高校计算机学院(系)或研究机构推荐,每个具有一级学科博士点单位推荐参评学位论文不超过 2 篇,其他不具有一级学科博士点的单位限推荐 1 篇,已经参评过的论文不得再被推荐;

3) 具体参评条件和约束条件见“CCF 优秀博士学位论文奖条例”(http://www.ccf.org.cn 之关于 CCF/规则与条例)。

参评申报材料

1) 印刷论文 2 本;

2) 电子版论文 1 份;

3) CCF 优秀博士学位论文推荐表(必须有作者答辩时所在单位(如系、院、所等)负责人签字、单位盖章,可在 http://www.ccf.org.cn/web/resource/tuijianbiao.doc 下载);

4) 其他有关证明材料;

5) 评审费:1000 元/篇(CCF 会员 800 元/篇)。

6) 申报材料和评审费须于 2009 年 9 月 15 日 17:00 前报送到 CCF,过期无效。

评选时间安排

1) 受理:2009 年 7 月 8 日至 2009 年 9 月 18 日。

2) 格式和资质审查:2009 年 9 月 19 日—9 月 25 日。

3) 初评:2009 年 9 月 26 日—10 月 28 日,CCF 组织小同行专家对申报材料进行初评,从中评选出不超过 30 篇入围候选优秀博士学位论文。

4) 初评公示:2009 年 11 月 2 日—11 月 16 日。

5) 终评:2009 年 11 月 17 日—11 月 26 日,CCF 终评委员会进行终评,评出获奖者。获奖总数不超过 10 篇,另有不超过 5 篇论文获提名奖。

6) 终评公示:2009 年 11 月 27 日至 2009 年 12 月 11 日。

通信地址:北京 2704 信箱,中国计算机学会,邮编:100190

联系人:韩玉琦 电话:010-62601340 Email:ccf-ed6@ict.ac.cn

朱征瑜 电话:010-62562503-16 Email:ccfad@ict.ac.cn