

文章编号: 1671-8860(2003)05-0525-04

文献标识码: A

城市三维可视化中规则房屋墙面纹理图像的压缩与恢复

薛玉彩¹ 张祖勋¹ 张剑清¹

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路129号, 430079)

摘要: 以城市三维可视化中的房屋墙面纹理图像为对象, 就其压缩与恢复的方法进行了研究, 提出了一种基于自相似性墙面纹理分割的纹理图像压缩与恢复方法, 以及对由于遮挡而墙面不完整的纹理图像的复原方法, 并通过实例说明了此种方法对于城市三维可视墙面纹理贴图的实用性。

关键词: 城市三维可视化; 纹理压缩; 纹理恢复; 纹理图像复原

中图法分类号: P231.5; P237.9; TP753

为了构建具有真实感的三维城市模型, 就需要用数字相机拍摄大量的建筑物侧面图像。因此, 在三维城市的构建过程中, 建筑物对象对应的纹理数据(一般为图像)量非常大。如何对其进行压缩存储, 是构建数字城市必须解决的问题。

现有的各种压缩方法基本上没有考虑墙面纹理影像的特殊结构特征, 因而压缩倍率不是很理想。由于现实环境中建筑物侧面纹理具有自相似的结构特征, 例如对于城市大部分的建筑物楼群来讲, 高楼的每一个侧面均由许多窗格子构成, 窗格子之间都有相似性, 从而有可能大比率地对其进行压缩; 又由于这些建筑物的侧面图像都是从现实环境中拍摄的, 不可避免地受到树木遮挡及其他物体遮挡的影响, 这就需要对这些图像进行相应的处理以恢复建筑物的侧面纹理。利用建筑物侧面图像的自相似结构特征, 可以将这些被遮挡的侧面纹理恢复出来。

1 建筑物墙面纹理图像的分割

要利用建筑物墙面纹理的自相似性实现对纹理的压缩, 就要对建筑物侧面纹理图像以窗格子为单位进行分割。又由于地面摄影获取的原始纹理图像常常被树木、路灯及其他物体遮挡, 这就需要设计一种抗干扰性强的算法实现纹理分割。

由于墙面纹理图像比较简单, 可以采用类间

方差阈值分割方法(即最大类间方差法)对图像进行分割。试验证明, 此方法对于墙面纹理分割较理想。最大类间方差法是在判决分析最小二乘法原理的基础上推导出来的。首先, 对于原始彩色图像来说, 可以利用公式^[1]

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

将其RGB值转换为亮度值。式中, R、G、B分别为彩色图像某一点的3个彩色分量, 而Y为该点的亮度值。其次, 以彩色图像的亮度场特征为依据进行分割。虽然以亮度场为特征忽略了在亮度不变区域内可能存在色调、饱和度的不连续性, 但由于分割的目的是相似的区域, 并且在墙面纹理图像中, 墙面及窗格子色调、饱和度比较均匀, 对纹理图像的分割不会产生很大的影响, 所以以亮度为特征进行分割完全可以满足要求。

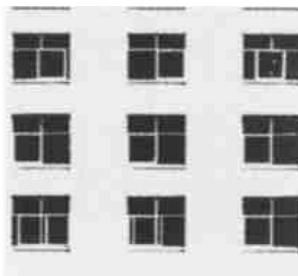
图1(a)为原纹理图像, 图1(b)为应用类间方差阈值分割得到的结果。由图可见, 分割结果较理想。

2 在分割图像上提取纹理基元

1) 提取直线元素。利用近景摄影获取的墙面纹理图像存在树木、路灯及其他物体的遮挡, 在对图像进行边缘检测之后, 它们相对于要提取的直线来说是噪声, 因此, 选用一种抗干扰性强的直线提取方法是必要的。将Hough变换用于直线



(a) 原始纹理图像



(b) 类间方差阈值法分割结果

图 1 建筑物墙面纹理图像的分割
Fig. 1 Segmentation of Profile Texture Images of Buildings

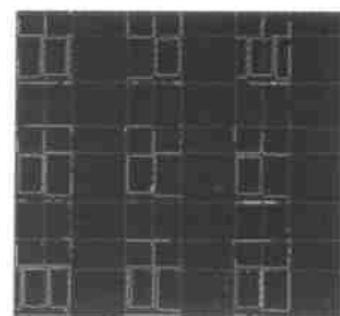


图 2 提取的直线

Fig. 2 Line Detection Result

的提取, 具有抗干扰性强的特点, 即使待检测线条上有小的扰动或断裂, 仍能检测出对应的直线。由于纹理图像比较简单, 利用边缘检测算法很容易把图像边缘检测出来。在检测出图像边缘之后, 就可以利用 Hough 变换检测直线。对墙面纹理图像来说, 在对纹理图像进行纠正之后, 直线的方向集中在水平与垂直方向, 这样就可以在进行边缘提取时, 有针对性地将这两个方向的边缘提取出来。在进行 Hough 变换提取直线时, 可以集中在这两个方向上进行, 这样就加快了直线搜索的时间, 提高了直线提取的效率。

2) 提取纹理基元。如图 2 所示, 图中直线是对分割图像提取边缘后实施 Hough 变换提取出来的, 这些直线将纹理图像分割为许多区域, 同时窗格子也被分割为许多区域。在纹理图像上寻找重复基元, 就可以实现纹理的压缩。对于一般的墙面纹理图像来说, 首先要将窗子和墙面分离出来。考虑到原始纹理图像中窗子和墙面内部各自的灰度基本保持一致, 就可以灰度为特征, 利用迭代的方法对原始图像进行分割合并, 直到分割单元内的灰度保持一致为止。若图像上存在不容忽视的大量噪声, 只以灰度为特征进行分割, 难以获得正确的分割结果, 这时就应该考虑纹理图像纹理基元之间的内在联系。对墙面纹理图像来说, 墙面的窗格子在水平和垂直方向上成行成列地保持一致, 即对于墙面来说, 分割单元在水平和垂直方向上保持一致。因而, 在对原始纹理图像进行分割合并迭代时, 不是针对每个分割单元来进行, 而是以分割直线为对象, 利用分割直线两侧的左右分割基元(对垂直分割线来说), 或上下分割基元(对水平分割线来说)的灰度统计特性为依据, 来决定删除或保留这条分割线, 如果删除了这条分割线, 就意味着将两侧的分割基元合并。这就避免了原始纹理图像上物体遮挡形成噪声的影响, 从而获得正确的分割结果, 同时也保证了在直线提取结果不太理想时,

也可以获得正确的分割结果(图 3)。

由于最终结果是为了寻找纹理图像上的重复基元, 所以在将窗子分割出来之后还要和周围的墙面进行合并, 以形成纹理图像上的重复基元, 作为以后纹理压缩的处理对象。

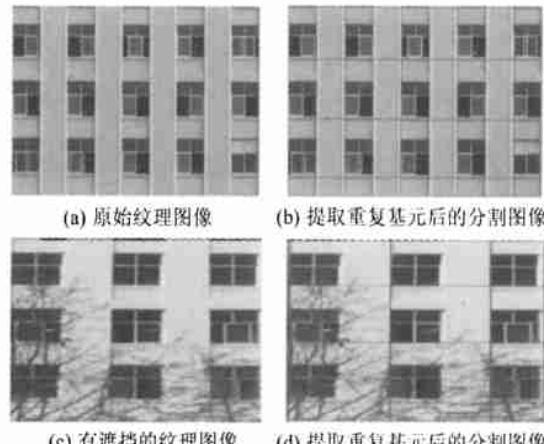


图 3 纹理基元的提取

Fig. 3 Extraction of the Texture Units
for Compression and Restoration

3 墙面纹理图像的压缩

对于基于城市三维可视化的墙面纹理压缩来讲, 墙面纹理主要用于建筑物侧面纹理贴图, 不要求解压缩后的图像同原图像相比准确无误, 也不要求数字图像在视觉效果上完全一样。如对于有树木、路灯及其他物体遮挡的墙面纹理来说, 在解压缩后的图像中, 要求重现墙面光滑纹理, 也就是说, 应该把原纹理图像中的树木、路灯等噪声滤掉。同时, 对于墙面纹理内部结构的细微差别, 如在现实环境拍摄的某一墙面纹理来说, 可能不同时刻拍摄的窗子的状态是不同的(开或关, 窗帘的拉开或拉上), 这些在图像上表现为窗子纹理结构内部的不一致, 存在细微差别, 对于城市三维可视墙面纹理

贴图来说, 这些图像上的差别就可以完全忽略。因此, 这种纹理压缩同一般严格意义上的图像压缩还有所区别。总体说来, 基于城市三维可视的墙面纹理压缩要求在滤除噪声的同时, 还要完成墙面纹理图像的压缩, 最后在重现墙面光滑纹理的同时, 可以忽略墙面纹理内部结构细节的差异, 以实现对原纹理图像高倍率的压缩, 从而可以达到在重现墙面光滑纹理图像的同时, 既大量减少纹理图像的数据量, 又能满足一幅图像清晰光滑的视觉效果。

在提取纹理图像的重复基元的基础上, 根据提取重复基元后形成的分割图像, 将原图像分割为许多块, 并根据块与块之间的相似关系, 进行纹理图像的压缩。因为重复基元表现在分割图像上大小并不完全相等, 这就需要设计一种大小不等图像块之间的相似匹配算法。首先将纹理分割后的第一块存储起来作为第一个样本块, 并记录下这一块在图像中的位置信息和它作为样本块的块号; 然后将第二个分割图像块与此时存储的样本块(第一个样本块)进行比较。在进行比较时, 首先比较两块的大小是否相等, 如果不等, 则以前面讲的纠正方法将第二块纠正为同第一个样本块大小相等的图像块之后进行比较; 如果两者大小相等, 则直接进行比较。如果两块在判别指标下相似, 则只需记录下第二块的位置信息和与之相匹配的样本块的块号即可; 如果两块在判别指标下不相似, 则需在记录第二块位置信息与其作为样本块的块号的同时, 还要将第二块作为样本存储起来。接着将第三个分割块同现存的样本块相比较, 如此一直进行到最后一个分割块为止。最后, 再对所有的样本块利用传统的方法再进行一次压缩, 从而进一步提高纹理图像的压缩率。

在解压缩时, 首先将样本块进行解压恢复, 然后对所有的分割块根据其位置信息及与之相匹配的样本块数目和相关的图像信息逆过程恢复原图像。图 4 是对一幅图像压缩后解压的结果。利用 JPEG 压缩标准压缩的恢复图像如图 5 所示。

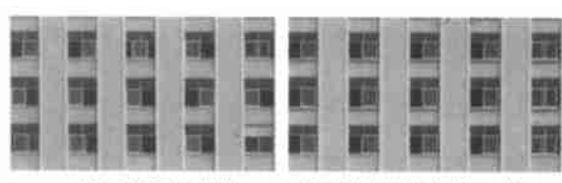


图 4 原始墙面纹理图像与纹理分割压缩结果

Fig. 4 Original Image and Compression Result

从图 5 可以看出, 在压缩倍率差不多(为 70 倍左右)时, 利用 JPEG 压缩的恢复图像的总体视



图 5 JPEG 压缩结果

Fig. 5 Image by JPEG Compression Method

觉质量较差, 同原图像相比, 恢复图像发生了畸变, 不能满足城市三维可视中纹理贴图的需要。利用本文方法进行压缩后的恢复图像总体视觉效果良好, 同时压缩倍率高, 完全满足要求。若在保持原图像的视觉效果的条件下进行压缩, 则利用 JPEG 压缩的倍率不高(仅为 35 倍, 远小于本方法的倍率)。本文的压缩方法省时, 且压缩倍率高, 压缩图像的总体视觉效果好。在对样本纹理块压缩时, 只是用了一种简单的传统压缩方法, 因而对于此种压缩方法, 还可能存在更高的压缩倍率。

4 墙面不完整纹理图像的恢复

对于墙面纹理图像中的干扰, 如树木、电杆、灯泡等, 要将其从图像中滤除掉, 依据墙面纹理的自相似性, 结合已知的墙面纹理信息重建墙面纹理的光滑图像。利用前面介绍的图像提取算法, 提取建筑物侧面纹理图像并进行纠正后, 进行纹理分割, 提取纹理重复基元; 然后将墙面干扰的纹理单元用光滑纹理单元填充, 就可以恢复墙面光滑纹理图像。这种方法简便易行, 费时少, 且相对于其他的去噪方法效果较好, 完全满足城市三维可视中对墙面纹理图像视觉效果好、精确度要求不高的需求。即使对于原纹理图像中有房屋遮挡的情况, 也可以根据没有被房屋遮挡的可见纹理图像中提取纹理基元, 并结合已知的有关墙面纹理的信息(房屋的层数、一层的窗子数及墙面的高和宽等), 从而很容易恢复出墙面纹理图像。纹理图像的恢复结果如图 6 所示。

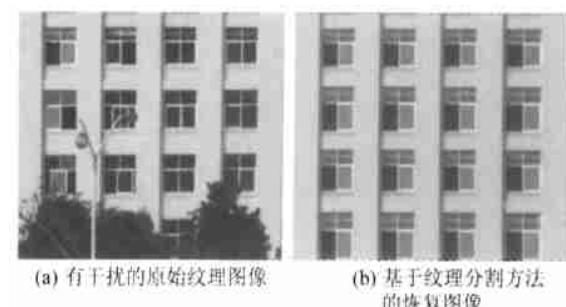


图 6 不完整纹理图像的恢复

Fig. 6 Interfered Image's Restoration

参 考 文 献

- 1 夏良正. 数字图像处理. 南京: 东南大学出版社, 1999
- 2 孙 敏, 陈 军. 三维城市模型的数据获取方法评述. 测绘通报, 2000(11): 4~6
- 3 张剑清, 张祖勋, 徐 芳, 等. 城区大比例尺影像三维景观重建. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(4): 354~358
- 4 朱英浩, 张祖勋, 张剑清. 基于 MapInfo 城市三维可视化 GIS. 测绘通报, 2000(7): 1~3

- 5 Wohlberg B, de Jager G. A Review of the Fractal Image Coding Literature. IEEE, 1999, 8(12): 1 716~1 727
- 6 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1996
- 7 田村秀行. 计算机图像处理技术. 赫荣威译. 北京: 北京师范大学出版社, 1986

第一作者简介: 薛玉彩, 硕士。研究方向为计算机图像处理与城市三维可视化。

E-mail: xueyucai@263.net

Compression and Restoration of Texture Images of Walls for 3D Visualization of Urban Buildings

XUE Yucai¹ ZHANG Zuxun¹ ZHANG Jianqing¹

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

Abstract: A method for texture image's compression and restoration is put forward. This method is based on the texture segmentation. The segmentation units are used as the compressing and restoring object. This method can not only realize the image compression, but also get rid of the interferences and then reconstruct the clean profile texture of buildings. The method takes advantage of higher compression ratio than other conventional compression methods, and the algorithm is fast enough to satisfy the 3D reconstruction. This method can fully satisfy the 3D visualization of urban landscape and is more suitable for the profile texture image compression of 3D visualization than other traditional compression methods.

Key words: texture compression; 3D visualization; reconstruction; texture restoration

About the first author: XUE Yucai master. Her major research is image processing and 3D visualization.

E-mail: xueyucai@263.net

(责任编辑: 洪伟)

欢迎订阅《武汉大学学报·信息科学版》

《武汉大学学报·信息科学版》即原《武汉测绘科技大学学报》，是以测绘为主的专业学术期刊。其办刊宗旨是：立足测绘科学前沿，面向国际测量界，通过发表具有创新性和重大研究价值的测绘理论成果，展示中国测绘研究的最高水平，引导测绘学术研究的方向。本刊为中国核心期刊，国家优秀科技期刊，并入选中国期刊方阵。

本刊主要栏目有院士论坛、学术论文、科技新闻等，内容涉及摄影测量与遥感、大地测量与物理大地测量、工程测量、地图学、图形图像学、地球动力学、地理信息系统、全球定位系统等。收录本刊论文的著名国际检索系统包括 EI、SCI、PK、CSA 等。其影响因子名列中国高校学报第 1 位。

本刊国内外公开发行，读者对象为测绘及相关专业高级研究人员。本刊为月刊，A4 开本，96 面，每月 5 日出版，每册定价 8.0 元，邮购价加 25%。本刊邮发代号：38-317，欢迎广大读者到邮局订阅。漏订的可与本刊编辑部联系补订。