

Journal of Image
and Graphics

中国图象图形学报



ISSN1006-8961
CN11-3758/TB

2012 **2**
Vol.17 No.

中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会主办
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

Zhongguo Tuxiang Tuxing Xuebao

2012年2月 第17卷 第2期(总第190期)

目次

综述

内容感知图像缩放技术综述 施美玲,徐丹(157)

图像处理和编码

引入纹理相似性的纺织品图像增强 杨学志,田晓梅,方静,卢洁(169)

保持边缘特征和增强对比度的图像缩放算法 计忠平,方美娥,王毅刚,吴向阳(178)

以图像认证为目的的分形编码数字水印算法 黄晓晴,于盛林(183)

结合运动矢量和像素递归的全局运动估计方法 赵亚湘,刘少强,樊晓平(191)

无缝栅格数据小波金字塔构建 马伯宁,冷志光,汤晓安,匡纲要(197)

图像分析和识别

伪彩色空间完全非结构化道路检测方法 胡晓辉,孙苗强,苏晓许(203)

未知环境下机器人障碍物检测技术 王文格,武凯宾,朱江,段文彬,许重阳(209)

局部 GAC 模型在医学图像分割中的应用 张建伟,方林,陈允杰,詹天明,罗春燕(215)

判别割(Dcut)的图像分割及其快速分割算法 邹小林,陈伟福,冯国灿(222)

改进的遮挡条件下瞳孔检测方法 潘林,魏丽芳,郑炳锜,余轮(229)

木材显微图像的局部水平集分割方法 汪杭军,祁亨年(236)

关键点检测的线要素综合算法 黄志坚,张金芳,徐帆江(241)

GPU 加速的高分辨率 DEM 图像地形特征线提取算法 刘洲俊,胡包钢(249)

改进 GVF 的自动 Snakes 模型 周亚男,程熙,骆剑承,沈占锋,胡晓东(256)

曲波变换用于磨粒图像不变矩的提取 张云强,张培林,任国全,王国德,徐超,李兵(263)

图像理解和计算机视觉

深度图像中基于轮廓曲线和局部区域特征的3维物体识别 吴莉婷,张宇,杨一平,田原(269)

机载 LiDAR 数据的 LZD 航带平差 王丽英,宋伟东(279)

计算机图形学

基于 Z 曲线的瓦片地图服务空间索引 聂云峰,周文生,舒坚,许虎(286)

虚拟现实和增强现实

GPU 加速的台风可视化方法 秦绪佳,张勤锋,陈坚,郑红波,徐晓刚(293)

中国图象图形学报

刊名题字: 宋 健 月刊(1996 年创刊)

第 17 卷 第 2 期

2012 年 2 月 16 日出版

主管单位 中国科学院
主 办 中国科学院遥感应用研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版 《中国图象图形学报》编辑出版委员会

北京 9718 信箱 邮编 100101

电子信箱: jig@irsa.ac.cn

电话: 010-68407995 010-82614429

网 址: www.cjig.cn

印刷装订 北京北林印刷厂

广告经营许可证 京朝工商广字第 0346 号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

国外发行 中国国际图书贸易总公司

(中国国际书店)

(北京 399 信箱 邮编 100044)

Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Institute of Remote Sensing Application,
CAS China Society of Image and Graphics
Institute of Applied Physics and Computational
Mathematics
Chief editor LI Xiaowen
Editor, Publisher Editorial and Publishing Board
of Journal of Image and Graphics
(P. O. Box 9718, Beijing 100101, China)
E-mail: jig@irsa.ac.cn
Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers
and Journals
Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing 100044, China)
Printed by Beijing Beilin Printing House

Journal of Image and Graphics

(Monthly, Started in 1996)

Vol. 17 No. 2 February 2012

Contents

Review

Survey on content-aware image resizing techniques Shi Meiling, Xu Dan (157)

Image Processing and Coding

Enhancement of textile image with texture similarity Yang Xuezhi, Tian Xiaomei, Fang Jing, Lu Jie (169)

Edge-preserving and contrast-enhancement image scaling Ji Zhongping, Fang Mei'e, Wang Yigang, Wu Xiangyang (178)

Watermarking method on fractal coding for image authentication Huang Xiaoqing, Yu Shenglin (183)

Global motion estimation method with motion vectors and pixel recursion Zhao Yaxiang, Liu Shaoqiang, Fan Xiaoping (191)

Seamless wavelet pyramid construction for raster data Ma Boning, Leng Zhiguang, Tang Xiao'an, Kuang Gangyao (197)

Image Analysis and Recognition

Completely unstructured road detection for pseudo-color space Hu Xiaohui, Sun Miaoqiang, Su Xiaoxu (203)

Obstacle detection for robot in unknown environment
..... Wang Wenge, Wu Kaibin, Zhu Jiang, Duan Wenbin, Xu Chongyang (209)

Application of local GAC model for medical image segmentation
..... Zhang Jianwei, Fang Lin, Chen Yunjie, Zhan Tianming, Luo Chunyan (215)

Fast image segmentations of Deut Zou Xiaolin, Chen Weifu, Feng Guocan (222)

Improved method for the pupil measurement under occlusion Pan Lin, Wei Lifang, Zheng Bingkun, Yu Lun (229)

Segmentation method of wood microscopic image based on local level set Wang Hangjun, Qi Hengnian (236)

Algorithm of line generalization with key point detection Huang Zhijian, Zhang Jinfang, Xu Fanjiang (241)

High resolution DEM topographic feature line extraction algorithm using GPU Liu Zhoujun, Hu Baogang (249)

Automatic snakes model based on modified GVF Zhou Yanan, Cheng Xi, Luo Jiancheng, Shen Zhanfeng, Hu Xiaodong (256)

Invariant moment extraction by curvelet transform for wear particle images
..... Zhang Yunqiang, Zhang Peilin, Ren Guoquan, Wang Guode, Xu Chao, Li Bing (263)

Image Understanding and Computer Vision

Three-dimensional free-form object recognition based on contour curve and local surface patches in range images
..... Wu Liting, Zhang Yu, Yang Yiping, Tian Yuan (269)

Least Z-difference strip adjustment of airborne LiDAR data Wang Liying, Song Weidong (279)

Computer Graphics

Spatial index for tile map service based on Z curve Nie Yunfeng, Zhou Wensheng, Shu Jian, Xu Hu (286)

Virtual Reality and Augmented Reality

GPU accelerated typhoon visualization method Qin Xujia, Zhang Qinfeng, Chen Jian, Zheng Hongbo, Xu Xiaogang (293)

中图分类号: TP311 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2012)02-0197-06

论文引用格式: 马伯宁, 冷志光, 汤晓安, 匡纲要. 无缝栅格数据小波金字塔构建 [J]. 中国图象图形学报, 2012, 17(2): 197-202

无缝栅格数据小波金字塔构建

马伯宁, 冷志光, 汤晓安, 匡纲要

国防科学技术大学电子科学与工程学院, 长沙 410073

摘要: 栅格数据金字塔是空间信息系统中的一类基本组织结构, 基于小波的金字塔构建方法需要考虑数据分块导致的边界问题, 现有算法或者未考虑边界问题, 或者在消除边界缝隙问题时需增加大量的计算。针对分块数据小波变换的边界问题, 提出分块数据的小波系数拼接算法, 该算法对相邻子块边界系数进行叠加, 使拼接后的小波系数等效于直接对大数据进行小波变换。在此基础上, 提出无缝栅格数据小波金字塔构建方法: 首先对大块数据进行分块多级小波变换, 然后利用小波系数拼接算法完成对各块系数的无缝拼接。该金字塔结构消除了边界系数, 实现了各子带小波系数的无缝组织。实验结果表明, 拼接算法可大幅减少高层金字塔的数据量, 且易于实现。

关键词: 影像金字塔; 数据无缝组织; 小波变换; 小波系数拼接

Seamless wavelet pyramid construction for raster data

Ma Boning, Leng Zhiguang, Tang Xiao'an, Kuang Gangyao

College of Electronic Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China

Abstract: A raster data pyramid is a basic data structure in spatial information systems. The boundary issue caused by blocking must be considered in a wavelet-based pyramid construction method. This issue is not mentioned in most existing algorithms or a large amount of calculations is needed to eliminate the border gap in those other methods. This paper presents a wavelet coefficient stitching algorithm for data blocks, which addresses the block boundaries in the wavelet transformation. The key point of our stitching algorithm is that one block coefficients is patched by its adjoining blocks boundary coefficients. The stitching result is equivalent to proceeding wavelet transformation on the whole data. A pyramid construction method is proposed that is named seamless wavelet pyramid construction method (SWPCM). In the SWPCM, the whole data is divided into a large number of blocks and a wavelet transformation is performed on each block. Then, the stitching algorithm is executed on the blocks' wavelet coefficients. The boundary coefficients are eliminated and data seamless organization is achieved with SWPCM. The experiments show that the stitching algorithm can significantly reduce the sizes of high level coefficients and that the proposed method is easy to implement.

Key words: image pyramid; data seamless organization; wavelet transformation; wavelet coefficients stitching

0 引言

随着卫星遥感技术和空间信息系统的发展, 对于全球海量空间数据的组织管理成为信息领域的一个热点研究问题。目前, 这些海量空间数

据主要是栅格数据, 如卫星影像、数字高程模型 (DEM) 数据。

对于海量栅格数据的多分辨率组织研究可追溯到 Tanimoto 提出的均值金字塔^[1], 之后出现了各种改进的金字塔结构, 如 Sloan 的 Reduced-sum 金字塔^[2]、Burt 等人的高斯-拉普拉斯金字塔^[3]、Wang 等

收稿日期: 2010-12-31; 修回日期: 2011-05-10

第一作者简介: 马伯宁 (1975—), 男, 讲师, 国防科学技术大学信息与通信工程专业博士研究生, 主要研究方向为图形图像、信息系统集成。E-mail: boning_ma@sina.com

人的 Difference 金字塔^[4]、Dube 等人的压缩金字塔^[5]、Rosiles 等人的方向金字塔^[6]。这些金字塔的基本思想是通过抽取或预测的思想,由高分辨率数据获取低分辨率数据,并将这些数据依据分辨率由高至低顺序组织成金字塔形式。该类算法实现简单,计算量小,但是这类金字塔结构最大问题是组织后的数据较原始数据增加了约 1/3 的数据量^[7],为此谢耀华提出无精度截断及数据膨胀的图像金字塔结构^[7],但该结构依赖于预测精度,若存在预测误差,则会导致无法精确恢复出原始数据。

随着小波的出现,出现了基于小波的空间数据多分辨率组织方法,如文献[8-9]等。这类方法的思想是利用小波分析固有的多分辨率特性实现海量栅格数据的多尺度表达。其优点是组织后的数据量与原始数据量相同(不考虑边界扩展),且变换后的数据可直接适合压缩。

目前基于小波的方法存在的主要问题是:在实际操作中,出于内存和性能的考虑,大数据都被分成多个小块(称为 Tile)后再进行小波变换,变换后的小波系数 Tile 由于其拓展的边界,会使系数 Tile 大于原始数据 Tile。首先这导致了数据量增加;更重要的是,由于拓展边界系数的存在,在数据组织时,需要保存各块的边界信息,使系数不能实现无缝组织,增加了组织的复杂性;同样,在传输时,这些边界信息也需要传递。

在小波变换的边界拓展方法中,使用对称周期拓展方法,可以使变换后的系数大小与原始数据大小一致,但该方法的实质是利用数据的对称性隐含了拓展的边界系数,因此该方法仍需记录各个系数 Tile 的边界信息。

在目前大多数基于小波的多尺度表示的文献中,并未考虑消除边界引起的“缝隙”问题^[10-13],因此小波系数实际以事先确定的分块形式组织,数据的获取也只能以块为单位进行。文献[8]考虑了缝隙的消除:在对边界数据变换时,读取其相邻块的相关数据,从而避免扩展边界系数产生;但该方法在多级小波变换时,需读取的相邻块数据会随着小波变换的级数指数增长,使该方法不适合实际使用。

本文主要是通过对变换后的小波系数 Tile 进行拼接,并利用拼接建立基于小波的无缝栅格数据金字塔,实现海量栅格数据的小波系数无缝组织。

1 分块小波系数拼接及无缝小波系数金字塔构建

根据小波变换的 Mallat 计算方法,多级小波变换可看做是多个一级小波变换的级联,因此本文先推导分块数据单级小波变换的拼接公式,进而递推出多级小波变换的拼接方法。

1.1 1 维分块数据单级小波变换拼接公式

设两个长度相等的 1 维信号(此处信号可以为原始数据,也可以为某一级的小波系数) $a(n)$ 、 $b(n)$,其信号区间为 $[1, 2^p + \lambda]$,其中 $p \geq 1$ 。 $A(n)$ 、 $B(n)$ 是 $a(n)$ 、 $b(n)$ 的零扩展信号,即

$$\begin{aligned} A(n) &= \begin{cases} a(n) & n \in [1, 2^p + \lambda] \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \\ B(n) &= \begin{cases} b(n) & n \in [1, 2^p + \lambda] \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

定义 $C(n) = A(n) + B(n - 2^p)$ 。设小波分析滤波器为 $h(n)$,其支撑长度为 k ;抽取算子为 $D(\cdot)$;采用零扩展边界的小波变换算子为 $W(\cdot)$;信号的延时算子为 $T_{(m)}(\cdot)$,其含义为将信号延时 m ;则 $C(n)$ 经过一级小波分解为

$$\begin{aligned} C_w(n) &= D((A(n) + B(n - 2^p)) * h(n)) = \\ &= D(A(n) * h(n)) + D(B(n - 2^p) * h(n)) = \\ &= D(A(n) * h(n)) + D(T_{(2^p)}(B(n) * h(n))) = \\ &= D(A(n) * h(n)) + T_{(2^{p-1})}(D(B(n) * h(n))) = \\ &= W(A(n)) + T_{(2^{p-1})}(W(B(n))) \end{aligned} \quad (2)$$

为书写方便,记 $\beta = \lceil (\lambda + k - 1)/2 \rceil$ 。考虑到 $a(n) * h(n)$ 、 $b(n) * h(n)$ 的信号支撑区间为 $[1, 2^p + \lambda + k - 1]$;以及在 $W(a(n))$ 、 $W(b(n))$ 的各自区间内,有 $W(a(n)) = W(A(n))$ 、 $W(b(n)) = W(B(n))$ 。对 $C_w(n)$ 可根据小波系数的区间分如下 3 种情况讨论:

1) 当 $1 \leq n \leq 2^{p-1}$ 时,由于平移算子 $T_{(2^{p-1})}(\cdot)$ 的作用, $T_{(2^{p-1})}(W(B(n))) = 0$,有

$$C_w(n) = W(A(n)) = W(a(n)) \quad (3)$$

2) 当 $2^{p-1} < n \leq \lceil (2^p + \lambda + k - 1)/2 \rceil$,即 $2^{p-1} < n \leq 2^{p-1} + \beta$ 时,有

$$C_w(n) = W(a(n)) + T_{(2^{p-1})}(W(b(n))) \quad (4)$$

3) 当 $2^{p-1} + \beta < n \leq 2^p + \beta$ 时, $W(A(n)) = 0$,有

$$C_w(n) = T_{(2^{p-1})}(W(B(n))) =$$

$$T_{(2^{p-1})}(W(b(n))) \quad (5)$$

上述各式实质上表示了1维信号拼接后(可包含重叠区域)的小波变换系数与各拼接信号的小波变换系数之间的关系。 $C(n)$ 表示的是将信号 $b(n)$ 拼接在 $a(n)$ 的 $2^p + 1$ 位置(存在 λ 长度的重叠区域);式(4)表示对于拼接后信号进行小波变换,其在拼接处(即 $2^{p-1} + 1$ 的位置)的 β 个小波系数等于将 $a(n)$ 的最后 β 个小波系数与 $b(n)$ 的最前 β 个小波系数对应相加;式(3)(5)表示在其他两个区间,拼接后信号小

波变换的系数分别为 $a(n)$ 与 $b(n)$ 变换后的小波系数。

对于1维数据连续多块的拼接情况如图1(a)所示,拼接过程如下:对于各块数据分别进行小波变换后,将第 $i-1$ 块小波系数最后 β 个数据叠加在第 i 块小波系数最前 β 个数据上,将第 i 块小波系数最后 β 个数据叠加在第 $i+1$ 块小波系数最前 β 个数据上,以此类推。

注意上述关系是以零扩展边界小波变换条件为前提的。

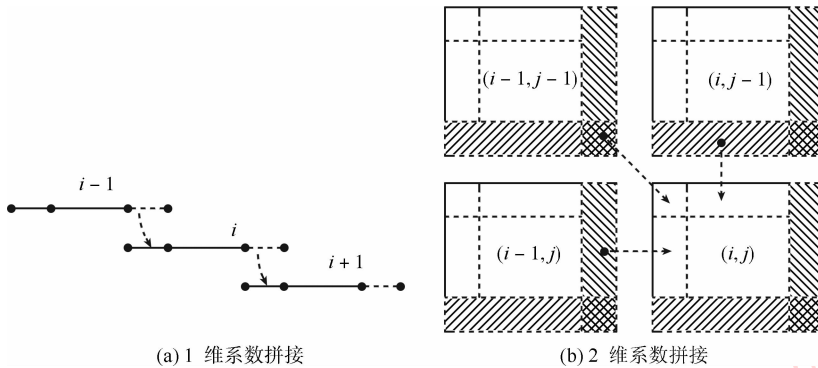


图1 小波系数拼接示意图

Fig. 1 Diagram of wavelet coefficients stitching

1.2 1维多级小波系数拼接计算

金字塔的构建涉及多级小波分解,下面考虑多级小波系数拼接的情况。

若将上述 $a(n)$ 与 $b(n)$ 看做第 s 级小波系数,则式(3)~(5)表示的则是怎样通过拼接获得第 $s+1$ 级小波系数的情况。因此,对于每一级小波系数拼接的方法与上述推导的拼接方法是类似的,不同的是每一级需叠加的系数个数不同。

各级需叠加的系数长度可通过递推计算。原数据拼接时重叠长度 $\lambda_0 = 0$,经过一级小波变换后,各块数据之间重叠长度为 $\lceil (\lambda_0 + k - 1)/2 \rceil$,依次递推,可得到每一级小波系数各块系数重叠的长度(即需叠加的系数个数),其递推公式为

$$\lambda_0 = 0$$

$$\lambda_s = \lceil (\lambda_{s-1} + k - 1)/2 \rceil \quad s \in N \quad (6)$$

因此,对于1维大尺寸数据的多级小波变换,可先将其分割为 2^p 大小的子块,对每个子块进行多级小波变换后,利用前面的拼接算法,对每一级的小波系数进行拼接,从而等效于直接对大尺寸数据进行多级小波变换。

1.3 2维小波系数拼接及无缝金字塔构建

1维的计算可以很容易地扩展至2维,其拼接方法如图1(b)所示。首先将大尺寸2维数据分割为 $2^p \times 2^q$ 大小的子块,对每个子块进行多级小波变换,假设水平和垂直方向使用同一滤波器,则变换后的第 s 级小波系数可依图1(b)进行拼接:对于位置 (i, j) 子块的小波系数,其最上方 $2^{p-s} \times \lambda_s$ 个系数与 $(i, j - 1)$ 子块最下方 $2^{p-s} \times \lambda_s$ 个系数对应相加,其最左方 $\lambda_s \times 2^{q-s}$ 个系数与 $(i - 1, j)$ 子块最右方 $\lambda_s \times 2^{q-s}$ 个系数对应相加,其左上角 $\lambda_s \times \lambda_s$ 个系数与 $(i - 1, j - 1)$ 子块右下角 $\lambda_s \times \lambda_s$ 个系数对应相加,其中 λ_s 为式(6)计算的第 s 级重叠长度。

基于上述方法,可以对每一级子块的小波系数进行拼接,最终形成多级无缝的小波系数,即实现基于小波的全局无缝栅格数据金字塔。图2画出了不使用拼接和使用拼接两种情况构建的金字塔结构图,图2(a)为未使用拼接组织的金字塔,可以看出每一子块小波系数与其相邻子块系数在边界处存在位置重叠,非常不便于数据组织和提取。图2(b)为各级的子块系数拼接后的金字塔结构,该结构

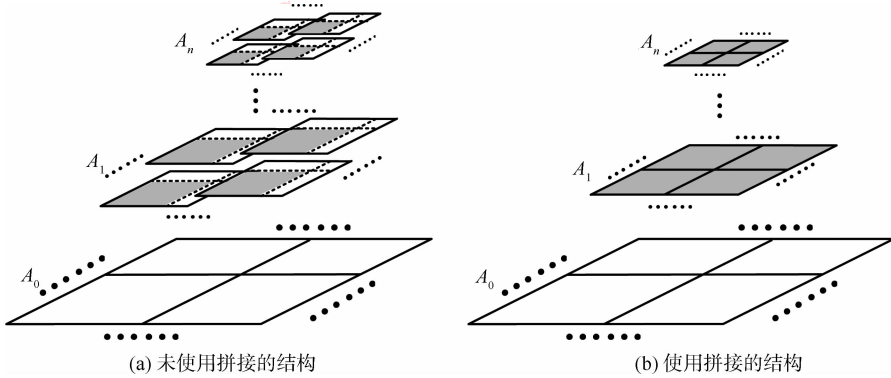


图2 基于小波的2维栅格数据金字塔结构

Fig.2 Wavelet-based pyramid structure of 2D raster data

与数据子块的划分已无任何关系,即实现了各级小波系数的无缝组织。图中仅画出了一个子带的情况,其他子带情况类似。

1.4 限制条件

下面对以上公式推导中一些限制条件进行分析。

1) 数据分块的大小

拼接算法中,都假设将原始数据分割为 2^p 或 $2^p \times 2^q$ 大小的子块,这是由于需使式(2)中 $D(T_{(2^p)}(\cdot)) = T_{(2^{p-1})}(D(\cdot))$ 成立。若数据分割为 $l \cdot 2^p$ 大小(其中 l 为奇数),则对于 p 级以后的小波变换,式(2)不能成立,即拼接算法只能针对前 p 级小波系数。

2) 小波变换边界延拓方法

本文小波系数拼接方法是建立在零边界延拓条件上的,对于其他边界延拓方式,并不能得到本文的拼接公式。

3) 小波变换级数

对于全球数据的金字塔组织,其级数有可能达到10级甚至更多,即要求数据分块大小 p 、 q 大于10。为降低对内存的要求,可以先对数据子块进行较低级数的小波变换,然后利用拼接算法对子块的小波系数进行拼接,最后再对拼接后的系数进行更高级别的小波变换,这样可使金字塔的级数可以不受限于数据子块的大小。

4) 小波系数叠加长度 λ

对于式(6),考虑到

$$\left\lfloor (\lambda_{s-1} + k - 1) / 2 \right\rfloor \leq (\lambda_{s-1} + k) / 2$$

因此有

$$\lambda_s \leq \frac{\lambda_{s-1} + k}{2} = k \left(\frac{1}{2^s} + \frac{1}{2^{s-1}} + \cdots + \frac{1}{2} \right) = k \left(1 - \frac{1}{2^s} \right)$$

由于 λ_s 为整数,因此 λ_s 不超过 $\left\lfloor k \left(1 - \frac{1}{2^s} \right) \right\rfloor$ 。

2 性能分析

本文方法为空间栅格数据的组织、提取及后续的压缩提供了极大方便。对于数据组织的便利性可以由图2的对比清楚看出,在计算量上也仅对边界系数增加了加法操作。下面主要对比使用拼接和未使用拼接两种方法在数据量上的差别。

设一个区域的数据被分割为 $m_1 \times m_2$ 个子块,每个子块的大小为 $2^p \times 2^q$,小波变换级数为 n ,滤波器支撑长度为 k ,实际中都为有限支撑。

未采用拼接方法的第 s 级小波系数(一个子带)的大小为

$$L_1^s = m_1 \cdot m_2 \cdot (2^{p-s} + \lambda_s)(2^{q-s} + \lambda_s)$$

采用拼接方法的第 s 级小波系数(一个子带)的大小为

$$L_2^s = (m_1 2^{p-s} + \lambda_s)(m_2 2^{q-s} + \lambda_s)$$

定义两种方法数据量比值为

$$\sigma_s \triangleq \frac{L_2^s}{L_1^s} = \frac{(m_1 2^{p-s} + \lambda_s)(m_2 2^{q-s} + \lambda_s)}{m_1 \cdot m_2 \cdot (2^{p-s} + \lambda_s)(2^{q-s} + \lambda_s)}$$

考虑到 $\lambda_s < k$, $s \leq \min(p, q)$,且对于全球数据有 $m_1 \gg 1$, $m_2 \gg 1$,因此 σ_s 可近似为

$$\sigma_s \approx \frac{1}{1 + \lambda_s(2^{-(q-s)} + 2^{-(p-s)}) + \lambda_s^2 2^{-(p+q-2s)}}$$

3 实验结果及分析

为验证算法的性能,利用常用小波构建了小波系数金字塔:Haar 小波($k=2$)、5/3 小波($k=5$)、9/7小波($k=9$),数据分块的大小为 $1\ 024 \times 1\ 024$ (即 $p=q=10$),各级小波分解系数的数据量比值如表 1 所示。

表 1 数据块大小为 $1\ 024 \times 1\ 024$ 时,典型小波分解的数据量比值

Table 1 The data size ratio of typical wavelet decomposition with block size of $1\ 024 \times 1\ 024$

k	小波级数 l s								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	0.996	0.992	0.985	0.969	0.940	0.886	0.790	0.640	0.444
5	0.992	0.977	0.940	0.886	0.790	0.640	0.444	0.250	0.111
9	0.985	0.955	0.899	0.790	0.640	0.444	0.250	0.111	0.040

图 3 画出了常用分块大小情况下各级系数数据量的比值,图中不同的标记对应不同的数据分块大小,分解变换选取了 9/7 小波。由图中看可出,分块大小越小,拼接算法的优越性越好。

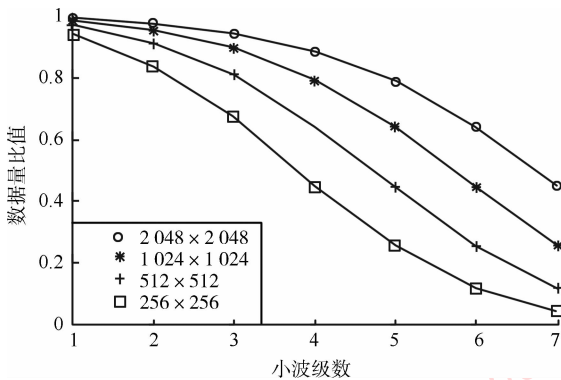


图 3 不同分块大小情况下的数据量比值

Fig. 3 The data size ratio with different block size

在空间数据的实际使用中,金字塔高层的数据访问和传输较低层更为频繁,而本文拼接法正好能适应这种特性,如对于常用的 9/7 小波,当分解级数达到 6 级或更高时,拼接法可以使数据量减少 50% 以上,这可以大大减少对系数数据的访问传输量。

4 结 论

分析了分块小波系数的拼接,并利用小波系数拼接,构建了基于小波的无缝栅格数据金字塔,该金

由表 1 可以看出:

1) 小波分解采用的滤波器支撑长度越长,拼接法减小的数据量越多。理由很明显,支撑长度长,边界扩展影响的长度也越长。

2) 小波分解级数越高,拼接法减小的数据量越多。这是由于随着分解级数增高,受边界扩展影响的数据长度增大(即 λ_s 增大),同时该级的数据尺寸却在减小。

金字塔相比传统的小波金字塔具有以下优点:

1) 本文方法在计算上是对数据子块分别进行小波变换,而在结果上等效于对整块数据直接进行小波变换,实现了小波系数的无缝组织,既便于计算,又便于数据的访问和管理。

2) 通过小波系数的拼接,消除了边界系数,减少了小波系数的存储和传输数据量。尤其对于访问频繁金字塔高层数据,效果尤为明显。

参考文献 (References)

- [1] Tanimoto S L. Image transmission with gross information first[J]. Computer Graphics and Image Processing,1979,9 (1) :72-76.
- [2] Sloan K R,Tanimoto S L. Progressive refinement of raster images [J]. IEEE Transactions on Computers,1979,28(11) :871-874.
- [3] Burt P J,Adelson E H. The laplacian pyramid as a compact image code[J]. IEEE Transactions on Communications,1983,31(4) : 532-540.
- [4] Wang L,Goldberg M. Progressing image transmission using vector quantization on images in pyramid form[J]. IEEE Transactions on Communications,1989,37(12) :1339-1349.
- [5] Dube S, Hong L. Adaptive Image Pyramid Based Compression Algorithm[EB/OL]. (2002-08-06) [2011-04-12]. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=910674.
- [6] Rosiles J G, Smith M J T. A Low Complexity Overcomplete Directional Image Pyramid[EB/OL]. (2003-11-24) [2011-04-12]. <http://ieeexplore.ieee.org/search/freesrabstract.jsp?tp=&arnumber=1247146>.
- [7] Xie Y H. Research on Key Techniques of Storage and Management for Large Scale Images [D]. Changsha: National

- University of Defense Technology, 2009. [谢耀华. 海量影像存储与管理关键技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2009]
- [8] Wei Y M, Zhou K, Wu L D. Key techniques on terrain rendering based on wavelet translation [J]. Application Research of Computers, 2009, 26(11): 4378-4381. [魏迎梅, 周侃, 吴玲达. 基于小波变换的地形绘制关键技术研究[J]. 计算机应用研究, 2009, 26(11): 4378-4381.]
- [9] Zhai Z J, Wang P, Jiang H M. A practical and effective multi-resolution terra in model generation algorithm using wavelet analysis [J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2009, 27(1): 77-82. [翟正军, 王培, 姜红梅. 基于小波分析的多分辨率地形模型生成算法研究[J]. 西北工业大学学报, 2009, 27(1): 77-82.]
- [10] Shi S X, Zhang Y, Ye X Z, et al. Progressive streaming of massive terrain data [J]. Journal of Zhejiang University, 2008, 42(11): 1862-1867. [施松新, 张引, 叶修梓, 等. 大规模地形场景流式渐进传输[J]. 浙江大学学报, 2008, 42(11): 1862-1867.]
- [11] Zhen J J, Fang J Y, Han C D. Progressive transmission method of DEM data based on JPEG2000 lossless-compression [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2009, 34(4): 395-399. [郑晶晶, 方金云, 韩承德. 基于 JPEG2000 无损压缩的 DEM 网络渐进传输方法[J]. 武汉大学学报, 2009, 34(4): 395-399.]
- [12] Zhang Y B, Liu G S, Wang G X. DEM simplification method based on wavelet transform and filter [J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2008, 25(2): 135-138. [张寅宝, 刘广社, 王光霞. 基于小波变换与滤波的 DEM 简化方法[J]. 测绘科学技术学报, 2008, 25(2): 135-138.]
- [13] Yu H, Yang Q K, Zhang X P, et al. Generalization of DEM data based on multi-scale wavelet analysis [J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(3): 93-95. [于浩, 杨勤科, 张晓萍, 等. 基于小波多尺度分析的 DEM 数据综合研究[J]. 测绘科学, 2008, 33(3): 93-95.]