

遥感影像中多个机密信息的授权使用技术

王贤敏¹⁾ 王乘¹⁾ 周建中¹⁾ 张勇传¹⁾ 关泽群²⁾

¹⁾(华中科技大学水电与数字化工程学院, 武汉 430074) ²⁾(武汉大学遥感信息工程学院, 武汉 430079)

摘要 一般的图像域信息隐藏算法并不适用于遥感影像, 将信息隐藏的涵义加以拓广, 提出了遥感影像中多个机密信息的授权使用技术, 即根据用户的不同权限对遥感影像中的多个机密信息进行不同程度的隐藏, 并提出了适用于遥感影像的信息隐藏小波域算法, 该算法是盲算法, 且基于HVS(human visual system)特性, 并自适应于遥感影像特征。能很好地保存机密地物的纹理与光谱特性, 复原遥感影像逼真, 对遥感影像的应用价值没有影响, 且对影像添噪与JPEG有损压缩具有较强的鲁棒性。

关键词 信息安全 遥感影像 权限 离散小波变换

中图分类号: TP391.4 TP309.2 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2007)09-1568-11

Authorized Exploitation of Multi Secretes in Remote Sensing Image

WANG Xian-min¹⁾, WANG Cheng¹⁾, ZHOU Jian-zhong¹⁾,
ZHANG Yong-chuan¹⁾, GUAN Ze-qun²⁾

¹⁾(College of Hydropower and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

²⁾(School of Remote Sensing Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079)

Abstract In this paper, we illuminated that general image hiding algorithms don't adapt to remote sensing image, developed the connotation of information hiding and proposed a technique for authorized exploitation of multi secretes in remote sensing image, namely hiding to different degrees the multi secretes in a remote sensing image according to users' different authorizations. In the paper we also proposed a wavelet information hiding algorithm suitable for a remote sensing image, which is a practical blind information hiding algorithm adapting to characters of a remote sensing image and based on HVS(human visual system) character. The algorithm has the advantages of strong transparency, large information hiding amount, exact extraction results of secrete information, good conservation of textural and spectral features of the secrete ground object, vivid resumption of the remote sensing image and strong robustness against noise-adding and JPEG lossy compression. Furthermore the algorithm has no influence on the applied value of a remote sensing image.

Keywords information safety, remote sensing image, authorization, discrete wavelet transform

1 引言

现代遥感技术提供了一种新的获取信息的有效手段。遥感影像中有时存在某些机密信息不能让非授权用户看到, 必须在遥感影像中隐藏这些机密信息。遥感影像数据量庞大, 价格昂贵, 用途广泛, 包

含了一些机密信息和用于特殊用途的地物, 并且类型繁多, 因此遥感影像的信息隐藏技术与一般图像域信息隐藏技术存在较大的区别和差异; 且该技术具有十分广泛的用途, 因此其具有十分重要的研究价值和实用价值。

一幅遥感影像中有时存在多个机密信息需要隐藏, 如军事基地、弹药库、战备仓库、国家粮食储备库

基金项目: 国家“973”重点基础研究发展计划项目(2003CB415205); 国家“973”重大基础研究前期专项(2004CCA2500); 中国博士后科学基金项目(2005038537)

收稿日期: 2005-12-26; **改回日期**: 2006-03-21

第一作者简介: 王贤敏(1978 -), 女, 博士后研究人员。主要研究方向为遥感影像处理与应用、信息隐藏与数字水印技术、空间数据挖掘。E-mail: wangxianmin781029@hotmail.com

等,且它们对于不同的部门,需要隐藏的程度也各不相同,对于有的部门,某些机密信息需要完全隐藏,某些机密信息只需部分程度的隐藏,而对于另一些部门,不同机密信息的隐藏程度又有所变化;即根据用户的不同权限,对遥感影像中的多个机密信息进行不同程度地隐藏。而目前国内外主要致力于信息完全隐藏的研究^[1~4],而对于不同权限机密信息隐藏的研究文献却未见报道;且对信息隐藏的研究主要是对图像中单个机密信息隐藏的研究,而对一幅图像中多个机密信息隐藏研究的文献较少^[5]。本文提出了一幅遥感影像中多个机密信息的授权使用信息隐藏技术。

在过去的几年,信息隐藏技术在遥感影像领域中的应用一直受到限制,因为专家们一直将遥感数据的科学性作为无论如何不允许修改遥感数据的理由;直到最近人们才认识到,由于遥感数据受到固有的测量噪声的影响,只要满足合适的质量要求,轻微的修改是可以接受的^[6]。一般的图像域信息隐藏算法的嵌入域与嵌入强度的选择往往不考虑遥感影像的特点与要求,因此并不适用于遥感影像,必须提出适用于遥感影像的实用算法。目前国际上关于遥感影像信息隐藏技术的研究主要局限于对遥感影像数字水印技术与版权保护的研究^[6~11],而极少关注遥感影像的机密信息隐藏技术;至于国内关于遥感影像信息隐藏技术与数字水印技术领域的文献均罕有报道^[12~16]。Barni^[6]将一般图像域 DFT(discrete fourier transform)与 DWT(discrete wavelet transform)信息隐藏算法用于遥感影像,并对嵌入水印后的遥感影像进行分类应用,对误分像素数与误分像素比率(misclassified pixel, MP)进行统计,指出一般的图像域信息隐藏算法对遥感影像的应用有较大的影响,应该寻找适合于遥感影像的信息隐藏算法。Yogesh^[7]提出了一种适用于遥感影像的空域水印算法,即针对不同的用户,将水印嵌入遥感影像中的不同区域,如用户不感兴趣的区域,但该算法对不同的用户都必须重新生成嵌入水印的遥感影像,操作复杂且鲁棒性有待增强。Sean^[8]提出了一种遥感影像 DWT 域最大均方根子带算法,但该算法为非盲算法,并不实用。文献[12]提出了基于 JPEG 标准量化表与奇偶嵌入法的遥感影像信息隐藏空域算法,将机密信息隐藏在像素值补值的伪造区域中,但算法需对机密信息进行压缩比为 8:1 的压缩,不适用于纹理信息很丰富的机密地物。文献[13]将奇异值

分解(SVD)引入遥感影像信息隐藏算法中,从而较好地保护了机密地物的纹理与光谱信息,但算法需要一些原始信息,属于半盲算法。本文根据遥感影像信息隐藏技术的要求,提出了基于 DWT 嵌入对策与 HVS 特性的小波域信息隐藏盲算法,并根据遥感影像的特征合理地选择量化因子,从而既保证了算法具有很好的不可见性和大信息容量,又使得算法对遥感影像的应用价值没有影响;算法还引入了扩频技术与汉明编码,进一步增强了算法抗影像处理的鲁棒性。

本文将信息隐藏的涵义加以拓广,即将遥感影像中的机密信息仍隐藏于遥感影像中,这样相对于将机密信息隐藏于另一不相关的数字媒体中,可以减少传递、存储与处理的数据量,并增强信息隐藏系统的保密性与安全性^[14~16]。

2 遥感影像多个信息授权使用

2.1 遥感影像授权使用的基本思路

遥感影像的授权使用信息隐藏技术是根据不同的用户权限,进行机密信息不同程度的隐藏,即机密信息只让授权用户能够清晰地看到,而部分授权用户只能大概模糊地看到,非授权用户则完全看不到。而对于不同权限的信息隐藏技术,我们采用不同的技术思路:

(1) 对于一般的用户(即完全隐藏机密信息)

在遥感影像中,对机密信息进行分析、分解和综合;对遥感影像中提取机密信息后的空白影像块进行像素值补值,制造抹去机密信息的伪遥感影像;然后将机密信息以不可见的方式嵌入伪遥感影像中,生成隐藏了机密信息的伪遥感影像。这样对于普通用户而言,见到的影像就是抹去机密信息后的伪遥感影像,他们并不知道该影像中隐藏着机密信息。

(2) 对于具有部分权限的用户(即部分程度地隐藏机密信息)

在遥感影像中,对机密信息进行分析、分解和综合后;利用伪遥感影像生成算法,使影像中的机密信息变得模糊,轮廓不清晰,从而生成部分程度隐藏机密信息的伪遥感影像;然后将机密信息以不可见的方式嵌入到伪遥感影像中。从而对于拥有部分权限的用户,他们看到的只是拥有模糊机密信息的伪遥感影像,而并不知道其中隐藏了清晰的机密影像。

(3) 对于拥有完全权限的用户(即不隐藏机密

信息)

他们可以通过 3 种方式看到机密信息:

(1) 直接将原始遥感影像给这些用户;

(2) 从完全隐藏了机密信息的伪遥感影像中盲提取出机密信息,并恢复遥感影像原貌;

(3) 从部分程度隐藏机密信息的伪遥感影像中盲提取出清晰的机密信息,并恢复遥感影像原貌。

2.2 伪遥感影像生成算法——影像融合法

将经过像素值补值抹去机密信息后的伪遥感影像作为背景影像 $background(x, y)$, 提取的机密影像块作为前景影像 $forward(x, y)$, 它们的维数分别为 $P \times Q$ 与 $M \times N$, 且 $M \leq P, N \leq Q$, 则融合区域为 $M \times N$. 在影像融合过程中, 采用空间域中的点处理方法^[17], 从融合区域中心开始, 像素从里向外由前景逐渐过渡到背景, 在边缘处完全与背景重合, 实现融合影像的渐变一体化. 设背景影像中处于融合区域的影像块为 $backfusion(x, y)$, 融合后的影像为 $fusion(x, y)$, 则有

$$fusion(x, y) = inlay(w \times forward(x, y) + v \times backfusion(x, y), background(x, y)) \quad (1)$$

其中, $w, v \in [0, 1]$, 且 $w + v = 1$. 函数 $inlay(\cdot)$ 为内嵌函数, 即将融合后的影像块在融合区域处复制到背景影像中去, 从而实现两幅影像的有效无缝镶嵌. 采用影像融合算法可以使得融合区域中的每个像素既包含来自背景的信息, 又包含前景的信息, 并实现前景与背景在边界处的流畅和平滑过渡. 在融合后的影像 $fusion(x, y)$ 中, 既实现了影像的完整、自然, 又起到了模糊前景影像, 即机密影像块的作用, 因此融合影像 $fusion(x, y)$ 即为生成的部分程度隐藏机密信息的伪遥感影像。

其中权系数 w, v 的确定方法如下. 设影像 $forward(x, y)$ 的中心为 (o_x, o_y) , 在 $M \times N$ 的融合区域中, 以中心 (o_x, o_y) 为圆心确定最小的内切圆, 半径为 r . 在圆内实现动态加权. 令权系数 w 为距离的函数, 设距离为 $d(x, y)$, 按欧式距离, 则

$$d(x, y) = \sqrt{(x - o_x)^2 + (y - o_y)^2} \quad (2)$$

在融合区域内, 采用相对距离

$$l(x, y) = \begin{cases} d/r & d \leq r \\ 1 & d > r \end{cases} \quad (3)$$

则有

$$w = T(l) \quad (4)$$

其中, $T(\cdot)$ 表示 w 和 l 满足的函数映射。

为了实现前景影像到背景影像的平滑过渡, 对融合区域进行影像增强处理, 利用图像增强技术中的 γ 算法, 构造 $v(v = 1 - w)$ 与 l 的关系:

$$v = l^\gamma \quad (5)$$

其中, $v, l \in [0, 1]$, γ 的取值可根据具体的应用, 按不同的用户权限进行选取, γ 的值越大, 前景越清晰, 反之, γ 越小, 则前景越模糊; 在论文算法中取 $\gamma = 3$, 以在机密地物显示的清晰度与模糊度之间取得较好的折衷。

2.3 遥感影像多个机密信息授权隐藏技术

遥感影像中多个机密信息授权隐藏技术如图 1 所示, 图 1(a) 为多个机密信息嵌入技术, 图 1(b) 为多个机密信息提取与恢复技术。

(1) 机密信息分解、分析与综合

将遥感影像进行分类, 如分为建筑物、河流、绿地等各类, 然后根据要隐藏的各机密信息的空间性质和光谱特性, 在相应的地物类别中分析出每个机密信息, 无论机密信息是什么形状的地物, 均可用其最小外接矩形来选定、分割和提取, 我们称分割出来的包含机密地物的矩形影像块为机密影像块, 从而得到多个机密影像块。

(2) 像素值补值和伪遥感影像生成

像素值补值的最终目的是在遥感影像上恢复没有机密地物时的原始地貌, 或者用另一种无需保密的地物类型来替代机密地物, 从而生成伪遥感影像; 即对非授权用户形成一种视觉欺骗, 让他们觉得补值区域的纹理特性以及地物地貌的过渡都和周边的纹理、地貌十分吻合, 过渡十分自然, 从而无法察觉曾有机密地物存在. 依据每个机密地物需要隐藏的程度, 生成多个机密信息不同程度隐藏的伪遥感影像. 首先对提取多个机密影像块后的遥感影像, 利用每个机密地物的周边地物的类型, 边界以及纹理特征进行像素值补值, 生成抹去多个机密信息后的伪遥感影像; 然后, 对于需要部分程度隐藏的机密地物, 则在抹去所有机密信息后的伪遥感影像上, 利用影像融合法, 使得伪遥感影像中显现轮廓模糊不清的对应机密地物; 这样, 在生成的伪遥感影像中, 需要完全隐藏的机密地物已完全抹去, 而需要部分程度隐藏的地物, 也变得模糊不清, 达到部分隐藏的目的, 从而得到多个机密信息不同程度隐藏的伪遥感影像。

(3) 机密信息嵌入与提取

考察多个机密影像块的数据总和与载体影像

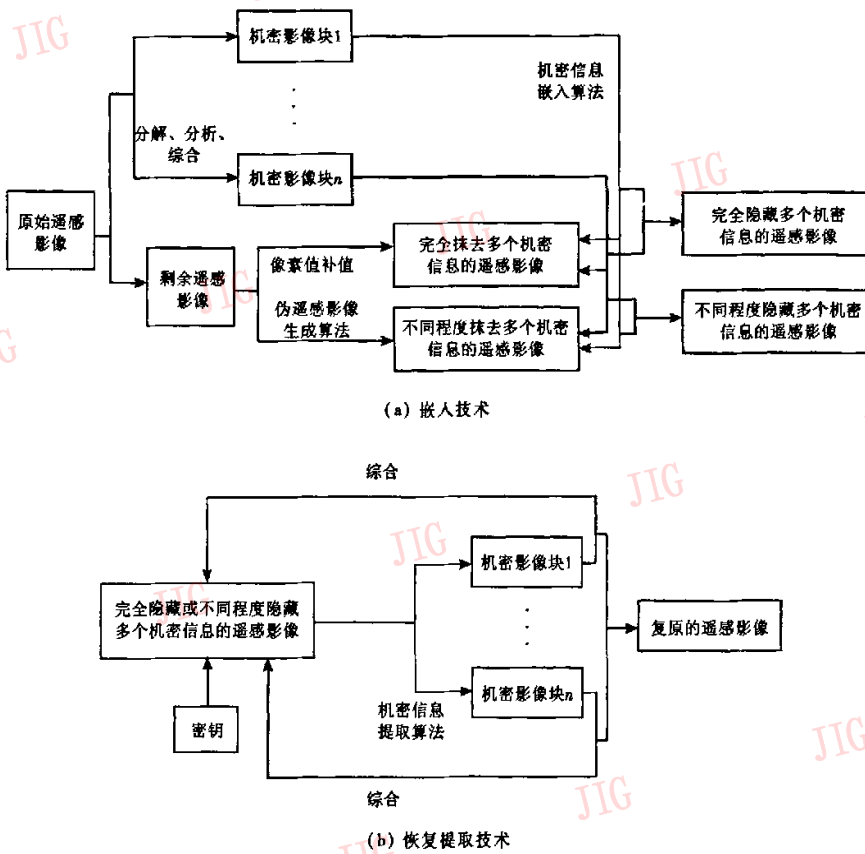


图 1 遥感影像多个机密信息隐藏技术

Fig. 1 Information hiding technique for various secretes in remote sensing image

(伪遥感影像)数据之比,当比值很小时,为了更好地保留各机密地物的纹理特征与光谱属性,可考虑对各机密影像块或其中的几个关键的机密影像块不进行压缩;而当比值较大时,考虑到遥感影像的应用价值和机密信息的不可见性,则必须对各机密影像块根据其关键性进行适当的压缩,以减少嵌入的数据量。当进行压缩时,本文采用如下压缩算法:对每个机密影像块进行一级小波变换,提取低频部分,然后将低频部分中的每个系数用 8bits 表示,且只保留其中的前 5bits。将多个机密信号有序地综合成一个二进制序列,以视觉不可见的近无损方式自适应地嵌入伪遥感影像中。

恢复机密影像块时,利用密钥信息,即各机密影像块的大小,提取每个机密信号,并将其中的二进制码以 5bits 为一组,再在低比特处补 3bits,共 8bits 转换为十进制数表示,得到压缩机密影像块,然后进行逆小波变换解压缩,即可恢复机密影像块。

(4) 遥感影像复原

利用密钥信息,即各机密影像块的大小及它们在原始遥感影像中的位置,在不同程度隐藏各机密信息的伪遥感影像中,将经过像素值补值和经过影像融合模糊处理的各伪造影像块分别用恢复的对应机密影像块来替换,即可得到复原的遥感影像。

3 遥感影像信息隐藏小波域算法

遥感影像信息隐藏小波域算法流程图如图 2 所示。其中 n 级小波变换, n 取 3, 4, 5。

3.1 机密信息嵌入算法

3.1.1 基于 DWT 的机密信息嵌入对策

遥感影像的低频成分是感知最重要的部分,在其中嵌入机密信息会影响遥感影像的质量与使用价值;而将机密信息嵌入高频部分,又经不起有损压缩等影像处理,鲁棒性较差,因此论文选择小波变换的中低

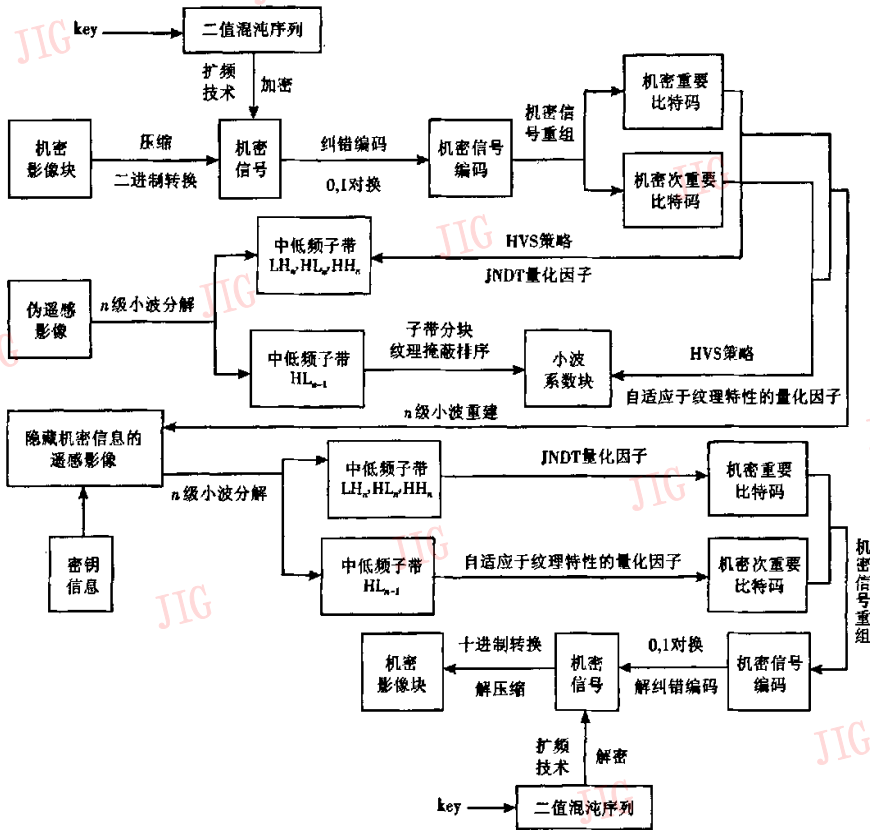


图 2 遥感影像信息隐藏小波域算法流程图

Fig. 2 Plot of information hiding wavelet algorithm for remote sensing image

频系数作为嵌入点。对遥感影像进行 n 级 (n 为 3~5) 小波分解, 首先选择中低频子带 HL_n , 内嵌机密信号, 若机密信号还有剩余, 则按照频带重要性^[18,19] 的排序: LH_n 、 HH_n 和 HL_{n-1} 内嵌剩余的机密信号。

3.1.2 基于 HVS 的自适应机密信息隐藏算法

本文的基于 HVS 的自适应嵌入策略是基于充分利用视觉系统的视觉特性, 在满足不可见性和不影响遥感影像应用价值的前提下, 合理分配嵌入的信息能量, 尽可能提高局部嵌入的强度, 即自适应于各小波子带的特性。对小波子带 HL_n , LH_n 和 HH_n ($n=5, 4$ 或 3), 采用刚能鉴别的失真域值 JNDT (just noticeable threshold) 作为量化步长进行比特分配, 从而利用人眼视觉特性, 在不超出 JNDT 的约束下, 使信息的能量取得最大值, 以保证机密信息的鲁棒性, JNDT 的计算参见文献[20]; 对于小波子带 HL_{n-1} , 将其分成 8×8 的小波系数块, 依式(6)计算每一小波系数块的视觉系统纹理掩蔽特性, 并依此

确定各小波系数块的量化因子, 然后根据纹理掩蔽值从大到小对各小波系数块进行排序, 首先将机密信号嵌入纹理掩蔽值最大的小波系数块中, 若机密信号还有剩余, 则按纹理掩蔽值从大到小的排序, 依次嵌入各对应的小波系数块中。

$$B(k, l) = \frac{1}{64} \sum_{i,j=0}^7 D^{k,l}(i, j) \tag{6}$$

$$T(k, l) = \sum_{i,j=0}^7 |D^{k,l}(i, j) - B(k, l)|$$

其中, $D^{k,l}(i, j)$ 是第 (k, l) 个小波系数块 (i, j) 位置处的 DWT 系数, $B(k, l)$ 是第 (k, l) 小波系数块的亮度掩蔽, $T(k, l)$ 是第 (k, l) 小波系数块的纹理掩蔽。

则小波系数块 (k, l) 的量化因子为

$$q(k, l) = T(k, l) / K \tag{7}$$

其中, K 为常数, 其取值视具体遥感影像而定。

3.1.3 机密信息嵌入

对多个机密信号采用扩频技术以及用密钥 key

(各密钥可以相同,也可各不相同,以增强算法的鲁棒性)产生的混沌二值序列调制以加密;为了保证机密信号的鲁棒性和精确提取,采用(7,4)汉明编码对机密信号进行纠错编码;并计算机密信号中的“0”,“1”个数,若“1”的个数多,则进行0-1对换,以减少嵌入信息对载体遥感影像的影响。在嵌入机密信号时,算法对机密信号的嵌入顺序进行重组,将机密信号中的重要比特位嵌入重要的小波系数中,次要比特位嵌入次要的小波系数中,这样可在最大程度上增强机密信息的鲁棒性。论文选择整数小波 Dauberchies9/7。机密信息的嵌入采用奇偶嵌入法与量化算法:设 $I(i, j)$ 和 $I^*(i, j)$ 分别为信息嵌入前后小波系数块 I 在 (i, j) 处的值,则

$$I^*(i, j) = (\text{round}(I(i, j)/q(i, j)) + \eta)q(i, j) \quad (8)$$

其中

$$\eta = \begin{cases} 0, & \text{假如 } \text{mod}(\text{round}(I(i, j)/q(i, j)), 2) = Q_i^* \\ \text{sgn}(I(i, j)/q(i, j) - \text{round}(I(i, j)/q(i, j))), & \text{其他} \end{cases} \quad (9)$$

其中, Q_i^* 是位置 (i, j) 处嵌入的机密比特值, $\text{sgn}() \in \{-1, +1\}$ 是正负号函数, $q(i, j)$ 是位置 (i, j) 处的量化步长。

3.2 机密信息提取

算法在机密信息提取和复原遥感影像时不需要原始遥感影像,是一种盲算法。其中密钥 key 和各机密影像块的大小与其在原始遥感影像中的位置(左上角坐标)可作为密钥,用于机密信息的提取。

除了可通过恢复的机密影像块来判别恢复出的机密信息的正确与否,也可通过验证检测出的机密信号与原始机密信号之间相似性,如互相关 NC (normalized correlation) 函数和正确率 BCR (Bit correction ratio) 函数来验证。其中阈值 T 取值一般在 0.5 左右。

4 模拟实验

论文采用广东三水市的 SAR 影像作为实验遥感影像(600×555),并选择其中的一个四边形建筑物与一片绿地作为待隐藏的 2 个机密信息,它们的大小分别为 $18 \times 17 \times 8 = 2448\text{bits}$ 和 $30 \times 24 \times 8 = 5760\text{bits}$,如图 3(a)~(c)所示。机密地物周边是植被、建筑物和一些格网状纹理特征,因此在像素值补值时,要将这些纹理特征补齐,并用格网状纹理特

征来填补空白影像块,生成完全抹去 2 个机密地物的伪遥感影像,如图 3(e)所示。论文对 2 个机密地物进行授权隐藏,即 2 个机密地物均完全隐藏,或 2 个机密地物一个完全隐藏,一个部分隐藏,或 2 个机密地物均部分隐藏的实验。在完全隐藏 2 个机密信息、部分隐藏 2 个机密信息和不同程度隐藏 2 个机密信息的情况下,嵌入 2 个机密信息的伪 SAR 影像分别如图 3(h),图 4(b)与图 5(b)所示,其 PSNR (peak signal noise ratio)值分别为 56.86dB,57.16dB 和 57.16dB;嵌入 2 个机密信息的伪 SAR 影像与原伪 SAR 影像之间的差异增强 10 倍后分别如图 3(h),图 4(c),图 5(c)所示。由高 PSNR 值和增强差异影像可见,小波域算法具有很强的透明性和高逼真度,具有很好的机密性和隐蔽性;提取出的建筑物、绿地和复原的 SAR 影像如图 3(i)~(k),图 4(d)~(f),图 5(d)~(f)所示;3 种隐藏情况下,提取出的 2 个机密信息的 NC 值与正确率均为: NC = 1, BCR = 100%。

以完全隐藏 2 个机密信息情况下的 SAR 影像为例,对原始 SAR 影像,像素值补值的伪 SAR 影像,隐藏机密信息的伪 SAR 影像和复原的 SAR 影像分别进行边缘检测(Canny 算子)和影像分类(分 8 类)应用实验,并对实验结果进行统计,分别如表 1,表 2 所示。几幅影像的边缘检测与影像分类结果是基本一致的。由于篇幅所限,实验结果图从略。由实验结果可见,论文提出的遥感影像多个机密信息授权使用技术与算法对遥感影像的应用基本没有影响。

对于遥感影像的信息隐藏技术,要求的主要是机密性、隐蔽性和对应用的最小影响性,而对鲁棒性的要求相对较低。鉴于对遥感影像传递方式的考虑,作者认为对鲁棒性的要求,主要考虑抗影像压缩和添加噪声的鲁棒性。以完全隐藏机密信息情况下提取的机密影像块 b 为例,进行鲁棒性测试实验。

对嵌入机密信息的遥感影像进行品质因子为 100%~10% 的压缩。图 6 是 JPEG 有损压缩攻击下提取机密信号的检测响应曲线图;图 7(a)~(d)分别是品质因子为 100%,80%,60%和 40%时,提取出的机密影像块。由实验结果可见,当 JPEG 压缩品质因子高于 40%时,机密影像块均能较精确的提取出来,可见算法具有很好的抵抗 JPEG 压缩的鲁棒性。

图 8 显示了添加不同强度的高斯噪声与椒盐噪

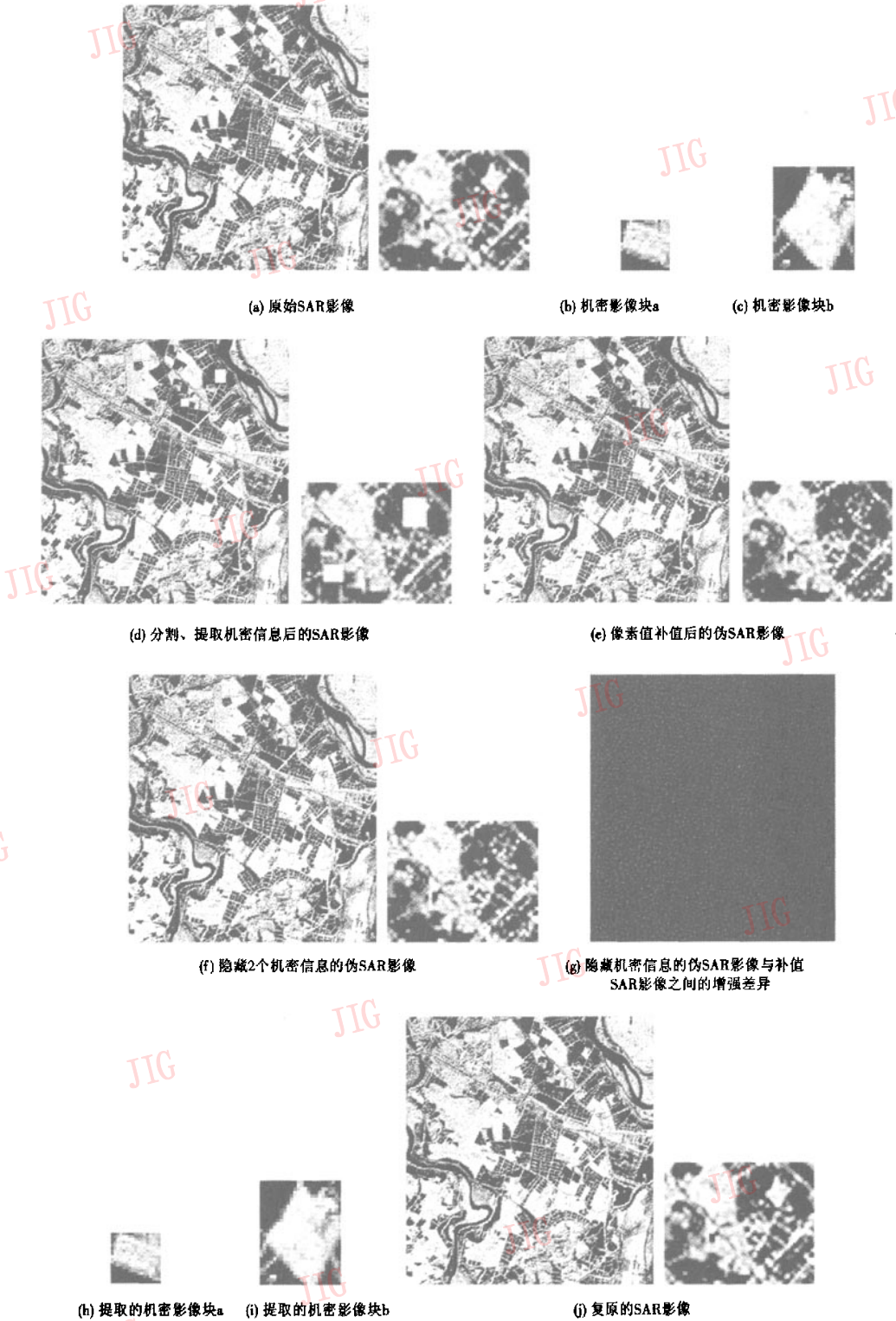
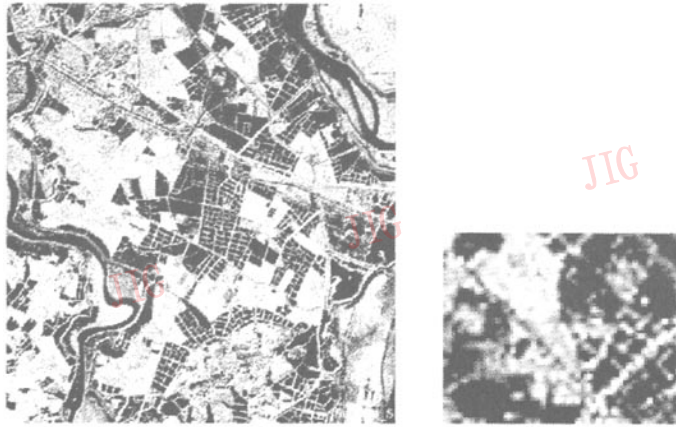
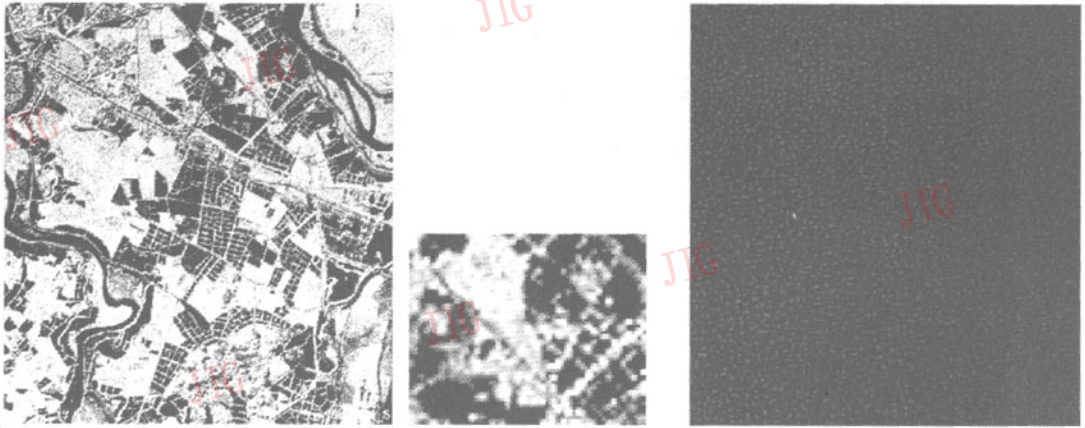


图 3 完全隐藏 2 个机密信息情况下的 SAR 影像与机密影像块
 Fig. 3 SAR image and secrete sub-image when completely hiding 2 secretes



(a) 部分隐藏2个机密的伪SAR影像



(b) 隐藏2个机密信息的伪SAR影像

(c) 图(a)与图(b)增强差异



(d) 提取的机密影像块a

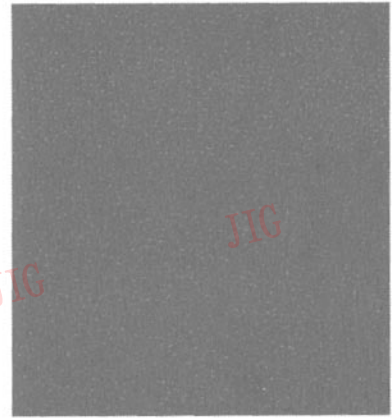
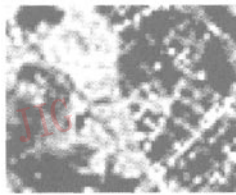
(e) 提取的机密影像块b

(f) 复原的SAR影像

图 4 部分隐藏 2 个机密信息情况下的 SAR 影像与机密影像块
Fig. 4 SAR image and secrete sub-image when partly hiding 2 secretes

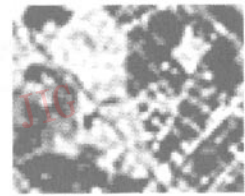


(a) 不同程度隐藏2个机密的伪SAR影像



(b) 隐藏2个机密信息的伪SAR影像

(c) 图(a)与图(b)增强差异



(d) 提取的机密影像块a

(e) 提取的机密影像块b

(f) 复原的SAR影像

图 5 2 个机密信息不同程度隐藏情况下的 SAR 影像与机密影像块

Fig.5 SAR image and secrete sub-image when hiding 2 secretes to different degrees

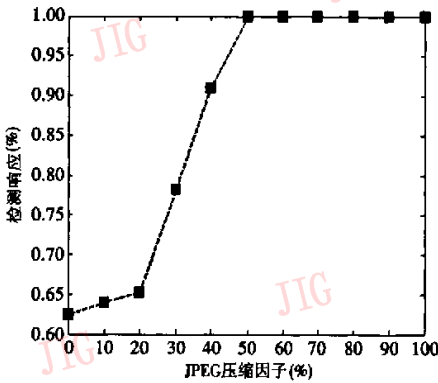


图6 JPEG有损压缩的检测响应曲线图

Fig. 6 Plot of the detector response corresponding to JPEG lossy compression ratio

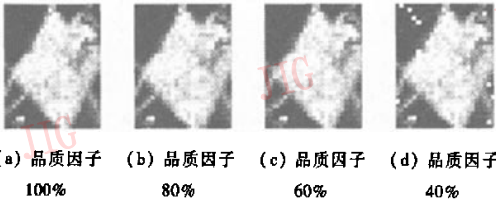


图7 JPEG有损压缩下提取的机密影像块

Fig. 7 Extracted secret sub-image under JPEG lossy compression

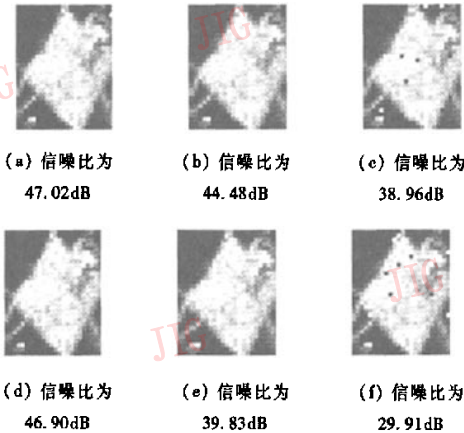


图8 各噪声强度下提取的机密影像块

Fig. 8 Extracted secret sub-images under noise

声提取的机密影像块。表3与表4分别显示了加入不同强度的高斯噪声与椒盐噪声,机密信号检测响应测试数据,提取的机密影像块的NC值和正确比特率(BCR)。实验结果表明,论文算法具有较强的抗噪声能力。

表1 遥感影像的边缘检测应用的统计结果

Tab.1 Statistic results of edge detection of remote sensing images

	不匹配像素数	不匹配像素率(%)
未嵌入机密信息与嵌入机密信息的融合影像	1 348	0.4
原始融合影像与复原的融合影像	1 350	0.4

表2 遥感影像的分类应用的统计结果

Tab.2 Statistic results of classification of remote sensing images

	不匹配像素数	不匹配像素率(%)
未嵌入机密信息与嵌入机密信息的融合影像	610	0.18
原始融合影像与复原的融合影像	610	0.18

表3 在不同强度高斯噪声下提取机密信息的检测响应、NC值及BCR值

Tab.3 Detector responses, NC and BCR values of extracted secret under Gauss noise

噪声类型	信噪功率比 PSNR(dB)	检测响应 NC	正确比特率 (%)
高斯噪声	47.02	0.994 7	99.91
	44.48	0.982 9	98.99
	38.96	0.910 0	91.13

表4 椒盐噪声下提取机密信息的检测响应、NC值与BCR值

Tab.4 Detector responses, NC and BCR values of extracted secret under white-black noise

噪声类型	信噪功率比 PSNR(dB)	检测响应 NC	正确比特率 (%)
椒盐噪声	46.90	0.993 3	99.97
	39.83	0.991 4	99.89
	29.91	0.911 5	91.37

5 结论

本文将信息隐藏的涵义加以拓广,提出了遥感影像中多个机密信息的授权使用技术与自适应于遥感影像特征的小波域盲算法。实验结果表明,论文提出的技术与算法具有很好的透明性、稳健性、信息隐藏量大以及机密信号检测结果准确等优点,对JPEG有损压缩与影像添噪均具有较强的鲁棒性,且对遥感影像的应用价值没有影响,并能很好地保存

机密地物的纹理与光谱特性,复原遥感影像逼真。对于多波段遥感影像,将本文技术与算法应用于其中的每一波段,并利用各波段影像之间的光谱与空间联系,即可实现多波段遥感影像中多个机密信息的授权使用,因此本文提出的遥感影像授权使用技术与算法可推广到融合影像、多光谱影像与高光谱影像等各类遥感影像,是一个易于推向遥感影像实用的授权隐藏技术与算法。

本文算法有待完善之处:

(1) 可考虑先将机密影像块进行置乱加密,如幻方变换或骑士巡游变换,再嵌入遥感影像中,以增强机密影像块的鲁棒性;

(2) 选择更为合适的无损压缩算法,从而增强对机密信息纹理特性与光谱特性的保护。

参考文献 (References)

- Zhou Rui-hui, Jing Ji-wu. New field of information security-information hiding[J]. Application Research of Computers, 2001, (Suppl.): 6~8. [周瑞辉,荆继武. 信息安全的新兴领域——信息隐藏[J]. 计算机应用研究, 2001, (增刊): 6~8.]
- Bender W, Gruhi D, Morimoto N. Techniques for data hiding[J]. IBM System Journal, 1996, 35(4,5): 313~336.
- Sun Rui, Sun Hong. Digital information hiding techniques[J]. Communications Technology, 2001, 7(7): 71~73. [孙锐,孙洪. 数字图像信息隐藏技术[J]. 通信技术, 2001, 7(7): 71~73.]
- Wu M, Yu H, Liu B. Data hiding in image and video: part I—designs and applications[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2003, 12(6): 696~704.
- Ji Zhen. A multiple watermarking algorithm for digital image based on chaotic sequences[J]. Chinese Journal of Computers, 2003, 26(11): 1555~1561. [纪震. 基于混沌序列的多重数字图像水印算法[J]. 计算机学报, 2003, 26(11): 1555~1561.]
- Barni M, Bartolini F, Cappellini V. Watermarking—based protection of remote sensing images: requirements and possible solutions[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2003, 12(6): 1~12.
- Yogesh C, Gupta P, Majumder K L. Digital watermarking of satellite images[A]. In: Proceedings. of IEEE International Conference on Image Processing[C], Barcelona, Spain, 2003: 288~297.
- Sean B Z, Hrishikesh T, Fowler J E. Wavelet-based watermarking of remotely sensed imagery tailored to classification performance[A]. In: Proceedings. of the IEEE Workshop on Advances in Techniques for Analysis of Remotely Sensed Data[C], Washington. DC, 2003: 564~579.
- Heileman G L, Yang Y. The effects of invisible watermarking on satellite image classification[A]. In: Proceedings. of the 2003 ACM Workshop on Digital Rights Management[C], Washington, DC, USA, 2003: 120~132.
- Barni M, Bartolini F, Cappellini V, et al. Watermarking techniques for electronic delivery of remote sensing images[J]. Optical Engineering Journal "Special Section on Remote Sensing Technology and Applications", 2002, 41(9): 2111~2119.
- Barni M, Bartolini F, Cappellini V, et al. Near-lossless digital watermarking for copyright protection of remotely sensed images[A]. In: Proceedings. IGARSS, Toronto, Canada, 2002, 3: 1447~1449.
- Guan Ze-qun, Wang Xian-min, Wu Chen-han. A practical blind algorithm for 2-Dimension secrete information hiding in remote sensing image[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2004, 29(4): 296~301. [关泽群,王贤敏,吴沉寒. 一种实用的遥感影像二维信息隐藏盲算法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(4): 296~301.]
- Wang Xian-min, Guan Ze-qun, Wu Chen-han. An adaptive blind algorithm for 2-Dimension secrete information hiding based on feature of remote sensing image[J]. Computer Engineering and Application, 2004, 40(19): 17~20. [王贤敏,关泽群,吴沉寒. 基于遥感影像特征的自适应二维信息隐藏盲算法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(19): 17~20.]
- Wang Xian-min, Guan Ze-qun, Wu Chen-han. A blind information hiding algorithm of high fidelity for remote sensing image[J]. Computer Engineering and Application, 2004, 40(13): 3~5. [王贤敏,关泽群,吴沉寒. 遥感影像高逼真度信息隐藏盲算法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 40(13): 3~5.]
- Wang X M, Guan Z Q, Wu C H. An adaptive algorithm of 2-dimension information hiding for remote sensing image[A]. In: SPIE Electronic Imaging and Multimedia Technology IV[C], Beijing, China, 2005, 5637: 313~320.
- Wang X M, Guan Z Q, Wu C H. An adaptive wavelet 2-dimension watermarking algorithm for remote sensing image[A]. In: SPIE Electronic Imaging and Multimedia Technology IV[C], Beijing, China, 2005, 5637: 649~656.
- Wang Yong, Han Jiu-qiang, Zhang Xin-man. A new algorithm for image fusion based on edge information[J]. Microelectronics, 2004, 21(4): 66~68. [王勇,韩九强,张新曼. 基于边缘信息的图像融合算法研究[J]. 微电子学与计算机, 2004, 21(4): 66~68.]
- Huang Da-ren, Liu Jiu-fen, Huang Ji-wu. An embedding strategy and algorithm for image watermarking in DWT domain[J]. Journal of Software, 2002, 13(7): 1290~1296. [黄达人,刘九芬,黄继武. 小波变换域图像水印嵌入对策和算法[J]. 软件学报, 2002, 13(7): 1290~1296.]
- Wang Xian-min, Guan Ze-qun, Wu Chen-han. An image content-based localized adaptive watermarking algorithm[J]. Journal of Computer-Aided Design and Computer Graphics, 2004, 16(4): 465~469. [王贤敏,关泽群,吴沉寒. 基于图像内容的局部化自适应数字水印算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(4): 465~469.]
- Wo Yan, Han Guo-qiang, Zhang Bo. Gray-level adaptive blind watermarking based on human visual perception[J]. Journal of China Institute of Communications, 2003, 24(9): 132~141. [沃焱,韩国强,张波. 基于视觉特性的灰度级自适应盲水印算法[J]. 通信学报, 2003, 24(9): 132~141.]