

# 改良MED邊緣檢測法以增加可逆式隱藏藏量的方法

冷輝世

國立彰化師範大學數學系講師  
朝陽科技大學資訊管理系博士生  
lenghs@cc.ncue.edu.tw

余奕憲

國立彰化師範大學數學系大學部學生  
s9922117@mail.ncue.edu.tw

## 摘要

資訊隱藏技術可分為可逆式與不可逆式兩種。可逆式隱藏的主要技術有兩種，一是利用峰值點的直方圖位移技術，另一是利用差值擴張做資訊隱藏。本研究首先介紹MED(Median Edge Detect)邊緣檢測法，藉由修改其非邊緣區的預測方式，提出新的方法使單一或區域的峰值點提高增加資訊隱藏的藏量。更進一步的，我們可藉由此新的方法，經由上述方式以原始像素與預測像素差值的絕對值的直方圖觀察影像的特性，以選擇適合的可逆式資訊隱藏技術。實驗結果顯示，本研究所提出的方法可使區域或單一的峰值點提高，並針對影像的特性選擇適用的可逆式資訊隱藏技術，使其在可逆式隱藏中提高藏量。

**關鍵詞：** MED、資訊隱藏。

## Abstract

Data hiding is a technique that embed secret message into cover media. It has two types: reversible and non-reversible. The main methods of reversible data hiding include histogram shifting and difference expansion. In this study, we first introduce median edge detect (MED), and modify its formula by add another condition for non-edge pixel. The benefit of our method is to increase the number of peak point or total number of peak area. Therefore, we obtain higher capacity. In addition, by the histogram of difference value, we can discriminate the characteristic of different image, and apply appropriate method for reversible data hiding either histogram shifting or difference expansion. The experiment results prove what we claim above.

**Keywords:** Reversible data hiding, MED.

## 1. 前言

科技的快速發展，網際網路縮短了人與人之間的距離，世界各地的人每天都有無數的資訊透過網路傳遞訊息，而對於高度機密的資訊，其安全性更受到重視。資訊隱藏技術是將機密訊息隱藏在圖像或視訊檔案等媒介之中，且不易被人所察覺出來。資訊隱藏技術又可分為可逆式資訊隱藏與不可逆式資訊隱藏，若藏入機密訊息後無法回復至原始影像稱的稱為不可逆式，可逆式則可回復至原始的影像。相較於不可逆式資訊隱藏，可逆式因為要保留還原的資訊所以藏量較低。因此，如何在可逆式資訊隱藏中藏入更多的機密資訊為我們的目標。

MED 邊緣預測是一個著名的邊緣預測技術，它具有低複雜性的優點。在本文中，將藉由修改 MED 邊緣檢測的預測方法，使區域或單一的峰值點提高增加其資訊隱藏的藏量並進而判斷影像的特性選擇適用的可逆式資訊隱藏技術。

在文章其餘的部分安排如下：第二章介紹相關研究，研究方法則在第三章說明，而其研究結果在第四章顯示，最後是我們的結論。

## 2. 相關研究

在本章節中將簡單介紹：MED 邊緣檢測、兩種可逆式資訊隱藏技術：直方圖位移與差值擴張。

在底下的小節中，我們定義原始像素值為  $x$ ，其預測像素值為  $\hat{x}$ ，我們用圖 1 來展示，陰影區域代表是  $x$  的相鄰像素。為了簡單起見， $a$ 、 $b$ 、 $c$  和  $x$  代表像素值與它們的位置。

$c$	$b$
$a$	$x$

圖 1  $x$  的相鄰像素與位置

### 2.1 MED 邊緣檢測

學者 Weinberger 和 Seroussi[9]在 2000 年提出 MED 邊緣預測，其具有低複雜性的優點，而且對於邊緣像素的預測具有相當的準確性。方法如下：

假設在原始影像中  $a$ 、 $b$ 、 $c$  為原始像素  $x$  的鄰近像素。

$$\hat{x} = \begin{cases} \min(a,b), & \text{if } c \geq \max(a,b) \\ \max(a,b), & \text{if } c \leq \min(a,b) \\ a+b-c, & \text{otherwise} \end{cases}$$

但是對於非邊緣像預測卻未必準確，本研究針對影像的漸層效果提出修正 MED 的預測方式以提高預測非邊緣像素的準確度。

## 2.2 直方圖位移

在 2006 年，Ni 學者[5]提出利用單一峰值點直方圖位移方法進行資訊隱藏，對於一個  $M \times N$  的影像，每一個灰階像素  $x \in [0,255]$ ，其嵌入有四個步驟：

- (1) 將原始影像像素值依序統計作直方圖  $H(x)$ 。
- (2) 在直方圖  $H(x)$  中，找出峰值點(Peak point)  $h(a)$   $a \in [0,255]$ ，和零值點(Zero point)  $h(b)$   $b \in [0,255]$  若沒有零值點，則以最小值代替。
- (3) 在不失一般性的情況下，假設  $a < b$ ，將直方圖  $H(x)$  中  $x \in (a,b)$  的部分向右移一個單位，其意思為在這部分的原始像素值加一。
- (4) 在  $a$  值進行嵌入，藏入資訊為 0 或 1，若嵌入 0 則不變；若嵌入 1 則值改為  $a+1$ 。

已知偽裝影像的峰值點  $a$  與零值點  $b$ ，假設  $a < b$ ，被嵌入資訊的影像大小為  $M \times N$ ，每一個灰階像素  $x \in [0,255]$ ，其取出的步驟如下：

- (1) 就像嵌入的過程一樣，在相同的順序下掃描被嵌入的影像，如果掃到的灰階像素值為  $a+1$ ，可得知嵌入資訊為 1，若掃到的灰階像素為  $a$ ，可知嵌入的資訊為 0。並還原原始的像素值。
- (2) 將圖像在掃描一次，若灰階像素值  $x \in (a,b)$ ，將其像素值減去一，以還原原始像素值。

Ni 學者利用峰值點進行直方圖位移，有很好的影像品質，但其藏量不高，所以有學者將其改良，例如：在 2007 年，Thodi 等學者[6]將直方圖位移技術結合了差值擴張(difference-expansion)。在 2008 年，Lin 學者[3]利用預測誤差的直方圖進行位移及嵌入。在

2009 年，Kim 學者[1]提出利用區塊子影像的空間相關性做出直方圖以提高資訊藏量。而 Tsai 學者[7]則是修改了預測誤差的方法，使其資訊隱藏有更好的品質。

## 2.3 差值擴張

在 2003 年，Tian 學者[6]提出差值擴張的方法利用鄰近像素的相關性進行資訊隱藏，假設兩個預測像素分別為  $u=3, v=6$ ，藏入的機密訊息為  $b=(01)_2$ ，首先計算整數平均值  $l$  及預測像素差值  $d$

$$l = \left\lfloor \frac{u+v}{2} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{3+6}{2} \right\rfloor = 4$$

$$d = v - u = 6 - 3 = 3$$

接著新的預測像素差值  $d'$  獲得如下：

$$d' = 2 \times d + b = 2 \times 3 + 1 = 7$$

最後，利用新的預測像素差值  $d'$  和  $l$  完成嵌入

$$v' = l + \left\lfloor \frac{d'+b}{2} \right\rfloor = 4 + \left\lfloor \frac{7+1}{2} \right\rfloor = 8$$

$$u' = l - \left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor = 4 - 3 = 1$$

知道新的預測像素  $v', u'$ ，計算平均數  $l'$  及預測像素差值  $d'$ ，可取出嵌入資訊且可還原。

$$\text{平均數} : l' = \left\lfloor \frac{u'+v'}{2} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{1+8}{2} \right\rfloor = 4$$

$$\text{像素差值} : d' = v' - u' = 8 - 1 = 7$$

$$\text{嵌入的資訊} : b = d' - \left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor \times 2 = 7 - 6 = 1$$

$$\text{原像素差值} : d = \left\lfloor \frac{d'-b}{2} \right\rfloor = \left\lfloor \frac{7-1}{2} \right\rfloor = 3$$

$$\text{還原後} : v = l' + \left\lfloor \frac{d+b}{2} \right\rfloor = 4 + 2 = 6$$

$$\text{還原後} : u = l' - \left\lfloor \frac{d}{2} \right\rfloor = 4 - 1 = 3$$

在 2010 時，Lee 學者[3]提出了利用預測像素值與原始像素值的差值進行可逆式隱藏，此方法不僅大大的增加嵌入量，且減少影像的失真。

原始影像為一個  $M \times N$  的灰階影像圖，定義  $I(x,y)$  為原始影像某一像素的座標  $(x,y)$ ，被預測像素定義為  $\hat{I}(x,y)$ ， $T$  代表門檻值，用來控制影像失真，符號  $\delta$  代表原始影像直方圖收縮的

距離，且  $\delta=T+1$ ，機密訊息  $s=\{0,1\}$ 。  
除了第一行和第一列外，以 raster-scan 方式進行掃描原始影像以得到預測像素  $\hat{I}(x,y)$ ，計算如下：

$$\hat{I}(x,y)=\left\lfloor \frac{I(x-1,y)+I(x,y-1)}{2} \right\rfloor$$

差值  $d$  計算如下：

$$d=|I(x,y)-\hat{I}(x,y)|$$

在此方法中，差值  $d$  可能出現兩種情況： $d \leq T$  和  $d > T$ ，前者可嵌入機密訊息，後者則不能。  
嵌入機密訊息：

(1) 如果  $d \leq T$ ，機密訊息藉如下面的式子嵌入：

$$I'(x,y)=\begin{cases} \hat{I}(x,y)+2 \times d+s, & \text{if } \hat{I}(x,y) \leq I(x,y) \\ \hat{I}(x,y)-2 \times d-s, & \text{otherwise} \end{cases}$$

(2) 如果  $d > T$ ，則執行下面式子：

$$I'(x,y)=\begin{cases} I(x,y)+\delta, & \text{if } \hat{I}(x,y) \leq I(x,y) \\ I(x,y)-\delta, & \text{otherwise} \end{cases}$$

取出機密訊息：

除了第一行和第一列外，以 raster-scan 方式進行掃描含有機密訊息的影像以得到預測像素  $\hat{I}'(x,y)$ ，以及  $\hat{I}'(x,y)$  和  $I'(x,y)$  的差值  $d'$

(1)  $d' \leq 2 \times T + 1$ ，機密訊息可被取出，且  $I(x,y)$  回復如下：

$$s=\text{LSB}(d')$$

$$I(x,y)=\begin{cases} \hat{I}'(x,y)+\left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor, & \text{if } \hat{I}'(x,y) \leq I'(x,y) \\ \hat{I}'(x,y)-\left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor, & \text{otherwise} \end{cases}$$

(2)  $d' > 2 \times T + 1$ ， $p(x,y)$  回復如下：

$$I(x,y)=\begin{cases} \hat{I}'(x,y)-\delta, & \text{if } \hat{I}'(x,y) \leq p'(x,y) \\ \hat{I}'(x,y)+\delta, & \text{otherwise} \end{cases}$$

### 3. 研究方法

我們修改的 MED 如下：假設在原始影像中  $a, b, c$  為目標像素  $x$  的鄰近像素，且假設一個門檻值  $T$ 。

$$\hat{x}=\begin{cases} \min(a,b), & \text{if } c \geq \max(a,b) \\ \max(a,b), & \text{if } c \leq \min(a,b) \\ \frac{a+b+c}{3}, & c \in [a,b] \\ a+b-c, & \text{otherwise} \end{cases} \left| c - \frac{a+b}{2} \right| < T, T \in N$$

在本研究中，將目標像素定位在非邊緣區中，如果  $a, b, c$  之間的差值夠小，小於我們所設

的門檻值  $T$ ，那  $x$  的預測值則為  $a, b, c$  的平均值，修改後的 MED 預測，而可減少預測的誤差(證明如下)，且可使單一或區域提高峰值點提高，增加其資訊隱藏的容量，進而判斷影像的特性選擇適用的可逆式資訊隱藏技術。

當  $\hat{x}$  與  $a, b, c$  的像素值相近時，若  $c$  在  $[a, b]$  之間，令預測值為  $\hat{x} = \frac{a+b+c}{3}$

則證明  $d = (\hat{x}-a)^2 + (\hat{x}-b)^2 + (\hat{x}-c)^2$  具有最小值。

$$\begin{aligned} \text{證明：} d &= \hat{x}^2 - 2a\hat{x} + a^2 + \hat{x}^2 - 2b\hat{x} + b^2 + \hat{x}^2 - 2c\hat{x} + c^2 \\ &= 3\hat{x}^2 - 2\hat{x}(a+b+c) + a^2 + b^2 + c^2 \\ &= 3\left[\hat{x}^2 - \frac{2}{3}\hat{x}(a+b+c)\right] + a^2 + b^2 + c^2 \\ &= 3\left(\hat{x} - \frac{a+b+c}{3}\right)^2 + a^2 + b^2 + c^2 - \frac{(a+b+c)^2}{3} \\ &\Rightarrow \hat{x} = \frac{a+b+c}{3} \end{aligned}$$

### 4. 實驗結果

本研究使用了 SIPI 影像資料庫的六張 512 x 512 灰階影像進行測試如圖 2 所示



圖 2 六張測試圖

#### 4.1 MED 修改前後之比較

表 1-6 為原 MED 預測的像素值與修改後的 MED 相做比較，以表 5 為例，當門檻值 T=12 時，像素誤差是 1 的個數(D=2)，從原本的 29155 增高至 29969，將峰值點拉高了 814，又以表 6 為例，當門檻值 T=8 時，像素誤差是 0 到 5 的區域(D=1~D=6)，共增加了 2809。

**表 1 Tiffany**

D	原始	T=3
1	33181	33351
2	55390	55926
3	43866	44092
4	33456	33356
5	23842	23534
6	16319	16050
7	11222	11150
8	8121	8026
9	5897	5903
10	4527	4465

**表 2 Baboon**

D	原始	T=10
1	8923	9115
2	17483	17650
3	17204	17345
4	16414	16589
5	15392	15572
6	14103	14116
7	12782	12749
8	11857	11832
9	10869	10797
10	9603	9633

**表 3 Lena**

D	原始	T=3
1	33181	33351
2	55390	55926
3	43866	44092
4	33456	33356
5	23842	23534
6	16319	16050
7	11222	11150

8	8121	8026
9	5897	5903
10	4527	4465

**表 4 F16**

D	原始	T=3
1	45200	45453
2	70529	70751
3	43915	43919
4	26628	26671
5	17260	17104
6	11765	11609
7	8334	8145
8	6105	5927
9	4816	4846
10	3602	3655

**表 5 Boats**

D	原始	T=12
1	15233	15522
2	29155	29969
3	26344	26722
4	23429	23643
5	20717	20878
6	18407	18519
7	16445	16618
8	14323	14271
9	12712	12527
10	11052	10863

**表 6 Peppers**

D	原始	T=8
1	16642	17133
2	32424	33315
3	31253	32179
4	29175	29560
5	26173	26286
6	22632	22545
7	19344	19141
8	16188	15699
9	13286	13013
10	10554	10189

## 4.2 各影像最佳的藏入技術

將表 1-6 整理為直方圖，結果如圖 3-8。

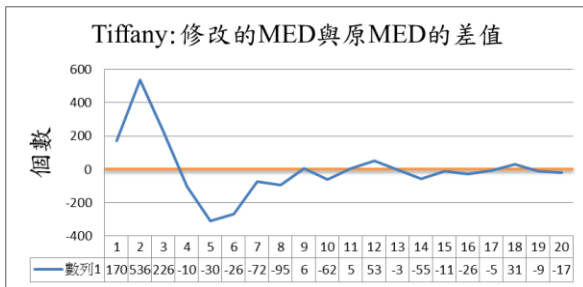


圖 3 Tiffany 修改的 MED 與原 MED 的差值

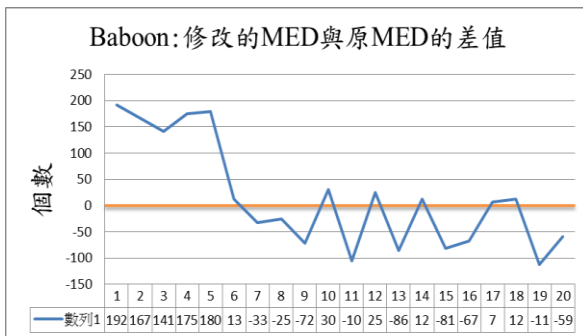


圖 4 Baboon 修改的 MED 與原 MED 的差值

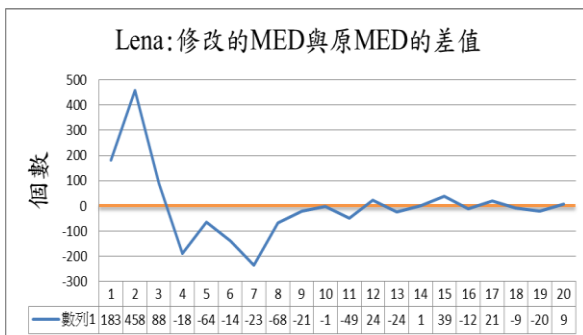


圖 5 Lena 修改的 MED 與原 MED 的差值

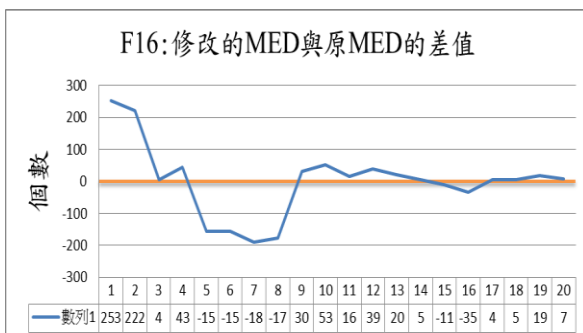


圖 6 F16 修改的 MED 與原 MED 的差值

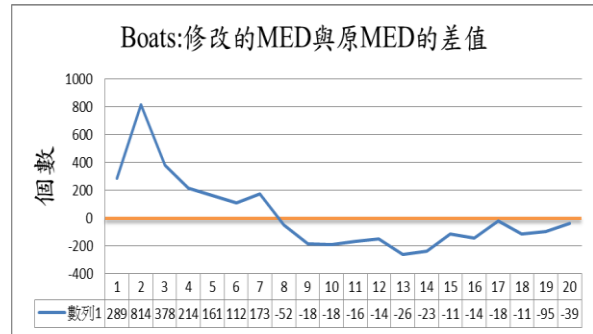


圖 7 Boats 修改的 MED 與原 MED 的差值

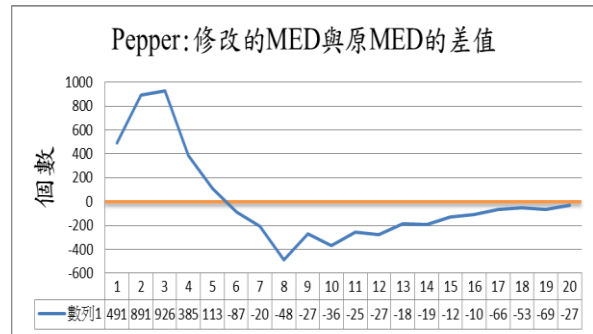


圖 8 Pepper 修改的 MED 與原 MED 的差值

從實驗的數據中，可得知我們修改的 MED 預測可增加其資訊隱藏的容量，且判斷影像的特性選擇適用的可逆式資訊隱藏技術，Tiffany(圖 3)和 Lena(圖 5)適用於長方圖位移，而 Baboon(圖 4)和 F16(圖 6)適用於差值擴張，最後的 Boats(圖 7)與 Pepper(圖 8)兩種可逆式隱藏技術皆適用。

## 5. 結論

本研究首先介紹 MED 邊緣檢測法，藉由修改其非邊緣區的預測方式，提出新的方法使單一或區域的峰值點提高增加其可逆式資訊隱藏的藏量。主要的貢獻為我們可藉由此新的方法，經由上述方式以差值直方圖觀察出影像的特性，以選擇適用的可逆式資訊隱藏技術。本研究並沒有實際的對試測影像做機密資訊的嵌入與取出，所以並沒有做影像品質的評估，而從研究方式與實驗結果可知我們的方法是可行的。

## 參考文獻

- [1] Kim, K., Lee, M., Lee, H., Lee, H., "Reversible data hiding exploiting spatial correlation between sub-sampled images." *Pattern Recognition*, 42 (11), 3083–3096. 1994.

- [2] Lee, C.C., Chen, H.L, Tso, H.K., “Embedding capacity raising in reversible data hiding based on prediction of difference expansion”, *The journal of Systems and Software*, 83, 1864-1872, 2000.
- [3] Lin, C.C., Tai, W.L., Chang, C.C., “Multilevel reversible data hiding based on histogram modification of difference images.” *Pattern Recognition*, 41 (12),3582–3591. 2008. °
- [4] Mehdi Fallahpour, David Megias, Mohammad Ghanbari, “Subjectively adapted high capacity lossless image data hiding based on prediction errors.”, 26 February 2010
- [5] Ni, Z., Shi, Y.Q., Ansari, N., Su, W., “Reversible data hiding”, *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Viseo Technology*, 16(3), 354-362, 2006.
- [6] Thodi, D.M., Rodríguez, J.J., “Expansion embedding techniques for reversible watermarking.” *IEEE Transactions on Image Processing*, 16 (3), 721–730, 2007.
- [7] Tian, J., “Reversible data embedding using a difference expansion.” *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 16 (3), 721–730. 2007.
- [8] Tsai, P.Y., Hu, Y.C., Yeh, H.L., “Reversible image hiding scheme using predictive coding and histogram shifting.” *Signal Processing*, 89 (6), 1129–1143, 2009.
- [9] Weinberger MJ, Seroussi G, “The LOCO-I lossless image compression algorithm: principles and standardization into JPEG-LS.” *IEEE Trans Image Process*, 9(8), 1309–1324, 2000.
- [10] Zhicheng Ni, Yun-Qing Shi, Nirwan Ansari, and Wei Su, “Reversible Data Hiding.” *IEEE Transactions on Circuits and systems for video technology*, Vol. 16, No. 3, March 2006