

# 植基於邊緣吻合向量量化編碼簿之可逆式資訊 隱藏

洪國龍  
朝陽科技大學資訊管理系  
klhung@cyut.edu.tw

陳家華  
朝陽科技大學資訊管理系  
s9814642@cyut.edu.tw

## 摘要

本論文提出一個基於邊緣吻合向量量化為基礎的可逆式資訊隱藏技術，首先將隱蔽影像以 $4 \times 4$ 大小切割成數個區塊，將目前欲處理區塊 $R$ 與上方及左方區塊的7個鄰近值與編碼簿計算其最小邊緣吻合誤差並取代之。再將區塊 $R$ 取代後的編碼向量計算其變異數。區分平滑區塊與複雜區塊後再分別進行像素值之預測與計算其差異值，將機密訊息藏入差異值中，以推導出偽裝影像。門檻值 $T$ 的設定是調整影像品質與嵌入量。本方法嵌入過程簡單且藏入效果佳，與Lee等學者所提方法比較，實驗結果顯示出我們提出的方法，能提供不錯的影像品質與一定程度的藏入量。

**關鍵詞：** 邊緣吻合向量量化、編碼簿、可逆式資訊隱藏

## Abstract

This paper proposed a reversible data hiding scheme based on side-match vector quantization. Firstly, the cover image is cut into several blocks in  $4 \times 4$  size. Then in block  $R$ , its seven neighboring pixel of the upper and left blocks are used to calculate the side-match distortion. The code vector with minimum distance are calculated to obtain the variance for desting wishing the smoothness of the block. Each block are classified into two types: smooth block or complex block. Then the predicted pixels and difference values are calculated and

the secret information is hidden into the difference values to derive the stego-images. The threshold  $T$  is set to adjust the image quality and embedding capacity. The proposed method is simple and has a good embedded quality. Compared to Lee et al, our experimental results demonstrate the proposed method achieves a good image quality for the stego-image with a certain degree of embedded capacity.

**Keywords:** SMVQ; Codebook; Reversible data hiding

## 1. 前言

隨著網際網路的快速發展，提供了數位媒體發佈的方便性，身處於高資訊化的時代，科技的進步大量改善人類的生活，任何資訊皆可以轉換為數位資料，透過網路傳遞可以隨時隨地取得所需的資訊內容，但此種傳遞方式也帶給來極大危險例如，資料竊取、監聽與偷窺；著作被複製、歪曲、偽造、篡改等。因此確保數位資料在網路傳遞的安全，成為數位時代重要議題。為了保護機密訊息的安全，確保智慧財產權，學者們提出了資訊隱藏[2]概念，將重要之機密訊息嵌入在文件、影片、影像等多媒體中，要隱藏資訊的媒體我們稱為隱蔽媒體，而嵌入後的媒體我們稱作偽裝媒體。由於藏有機密訊息的偽裝媒體與隱蔽媒體非常相似，以影像來說，高峰影像信號雜訊比(Peak

Signal of Noise Ratio, PSNR)[3]高於 30dB 以上，以人類肉眼的視覺感官是不容易察覺異樣，因此能夠有效達到隱藏訊息的效果 [1]。

近期已有非常多的資訊隱藏技術被提出來，如 2004 年 Chang 及 Tseng 學者提出的邊緣吻合技術[4]、Wu 等學者提出的結合像素差異值與 LSB 取代之資訊隱藏方法[6]及 2008 年 Wang 等學者的像素差異擴張與模數函式隱藏法[6]等。上述方法皆是從鄰近像素中找出一個參考點，做為差異值計算的基準點，之後再將機密訊息藏入差異值中。雖然對自然影像而言，鄰近像素會非常相似，所得差異值會很小，差異擴張的幅度並不大，但是有些時候鄰近像素並不全都非常相似，例如，複雜影像或邊緣、紋理較多的影像。若採用上述的方法進行藏入，則會造成擴張程度很大，且有時會因差距過大而無法藏入。Lee 和 Chen[3]提出了一種基於預測的可逆數據隱藏的方案，不需要其他輔助資訊的內容之可逆式方法，也就是說，沒有大量的訊息負載存在於他們的計劃。接收端可以根據預測之間的差值，隱蔽像素和偽裝像素完全嵌入訊息和提取恢復原來的像素。在本論文中，我們提出了一種修改自適應預測為基礎的可逆式數據隱藏方法，提高了 Lee 等學者的嵌入容量，維持高的視覺品質，並且不需要記錄座標的位置。嵌入機密訊息是透過隱蔽像素和相應的預測像素之間的差值擴張，該預測像素是來自每個隱蔽像素的周圍像素值計算可得。由於每個像素包括其周圍的像素相似，大部分的隱蔽像素和相應的預測像素之間的差值較小，利用了差異較小值，此方法實驗結果表明它已實現高嵌入容量和最小的視覺失真[3]。

此外，第三章介紹所提出的方法，將詳細介紹嵌入與取出流程，第四章列出實驗結果，驗證本方法在資訊負載量與影像品質都有不錯的效果，最後在第五章為本論文結論。

## 2. 相關文獻探討

此章節將介紹與本論文相關的資訊隱藏技術，Lee 等學者[3]的方法。2010 年 Lee 等學者[3]提出一種使用像素差異擴張的方法改善藏入量並提升圖像品質的資訊隱藏方法，其方法改進 2009 年 Tseng 和 Hsieh 學者所提出的像素差異值方法[7]。Lee 等學者在藏入前必須先定義一些符號。隱蔽圖像是一個八位元灰階大小為  $M \times N$ 。  $I(x, y)$  表示隱蔽圖像的座標  $(x, y)$ ，其中  $1 \leq x \leq M$  和  $1 \leq y \leq N$  其相應的預測像素為  $\hat{I}(x, y)$ 。隱藏的機密訊息  $S$  轉換為位元串列，其中每個機密位元為  $S \in \{0, 1\}$ 。符號  $T$  表示預定義的門檻值，可用於控制圖像的失真。 $\delta$  表示隱蔽圖像直方圖兩端收縮距離的大小，防止嵌入過程後溢出與下溢問題，其中  $\delta = T + 1$ 。換言之，隱蔽圖像屬於  $(0, \delta)$  被轉化成  $\delta$ 。同樣的如果隱蔽圖像屬於  $(255 - \delta, 255)$  像素值轉換成  $(255 - \delta)$ 。以下介紹嵌入過程最後描述了提取和恢復過程。

隱蔽圖像第一次的順序掃描是除了像素的第一行和第一列，而獲得預測像素  $\hat{I}(x, y)$ ，其計算方式為：

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

然後計算出差異值  $d$

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

該方法中  $d$  是區分  $d \leq T$  和  $d > T$  兩個條件，前者的情況可攜帶機密位元  $S$ ，而後者情況則不能。

**Case1.** 如果  $d \leq T$ ，則可傳送一個機密位元  $S$  為公式(1):

$$I' = \begin{cases} \hat{I}(x, y) + 2 \times d + s, & \text{if } \hat{I}(x, y) \leq I(x, y), \\ \hat{I}(x, y) - 2 \times d - s, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

**Case2.** 如果  $d > T$ ，則無嵌入機密位元，偽裝像素的計算方式為公式(2):

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

首先利用順序掃描，取得  $\hat{I}(x, y)$  和  $I'(x, y)$  除了位於像素的第一行和第一列。在提取和恢復的過程中有以下兩種情況計算每個嵌入機密訊息的提取位元  $S$  和恢復隱蔽影像  $I(x, y)$ ：

**Case1.** 如果  $d' \leq 2 \times T + 1$ ，則提取機密位元  $S$  和恢復  $I(x, y)$

$$S = \text{LSB}(d'),$$

$$I(x, y) = \begin{cases} I'(x, y) + \left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor, & \text{if } \hat{I} \leq I'(x, y), \\ \hat{I}(x, y) - \left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

**Case2.** 如果  $d' > 2 \times T + 1$ ，則恢復  $I(x, y)$

$$I(x, y) = \begin{cases} I'(x, y) - \delta, & \text{if } \hat{I}(x, y) \leq I'(x, y), \\ I'(x, y) + \delta, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

接收端在沒有額外輔助的位置位元圖，根據  $d'$  來提取嵌入的機密訊息和恢復原始圖像。最後，嵌入的機密訊息被取出，所有偽裝像素可以恢復到原來的像素不失真。

### 3. 提出方法

本章節首先會介紹本篇方法如何運用邊緣吻合向量量化編碼簿之技術，以區分整張隱蔽圖像為平滑區塊或複雜區塊，平滑區塊使用一種預測方式嵌入機密資訊，複雜區塊則使用另一種預測方式做為機密資訊的嵌入。

#### 3.1 邊緣吻合向量量化編碼法(SMVQ)

Kim 於 1992 年所提出 SMVQ 的一種影像壓縮法[1]，他是以相鄰的兩個區塊會非常相似的特性，做為區域編碼時的依據，利用預測的方式進行壓縮，增加 VQ 的壓縮率，同時減少 VQ 壓縮法的區塊效應。在 SMVQ 的系統中，影像區域的第一行和第一列為種子區塊 (Seed Block)，採用原始 VQ 壓縮法進行編碼，其他的影像區塊 (Residual Block) 則利用鄰

近的種子區塊進行預測。以圖 1 為例，影像區塊  $R$  是目前要處理的區塊， $L$  及  $U$  是已經編碼完成的區塊，分別位於  $R$  的左方及上方。當我們進行  $R$  的編碼時，會以  $L$  及  $U$  區塊的像素值預測  $R$  在編碼簿的索引值 [1]。

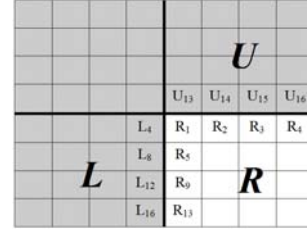


圖 1. SMVQ 示意圖

#### 3.2 運用 SMVQ 編碼簿區分平滑與複雜區塊

將目前欲處理區塊  $R$  內的 7 個預測值  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_9, R_{13}$  與編碼簿計算其最小距離並取代之。再將區塊  $R$  取代後的 16 個像素值計算其平均數與變異數。變異數門檻值為  $T$ ， $\text{Var} \leq T$  表示此區塊為平滑區塊，相反的  $\text{Var} > T$  則表示為複雜區塊。

#### 3.3 嵌入過程

將整張隱蔽圖像  $I(x, y)$  使用邊緣吻合向量量化編碼簿區分為平滑區塊及複雜區塊兩類後，再分別以不同的預測方式作為嵌入機密訊息。如  $\text{Var} \leq T_1$  此情形屬於平滑區塊， $\text{Var} > T_1$  則是屬於複雜區塊，平滑區塊的預測方式是使用鄰近的兩個像素點求平均， $P(x, y)$  計算方式為公式(5)。平滑區塊的預測方式與 Lee 等學者[3]提出之方法。複雜區塊的預測方式則使用邊緣檢測中位數預測[7]，邊緣檢測中位數的預測是基於  $a, b$  和  $c$  來預測像素值  $x$  的情況，如圖 2 所示。公式(6)為計算輸出的預測像素值。

$$\text{Var} \leq T_1$$

$$P(x, y) = \left\lfloor \frac{I(x-1, y) + I(x, y-1)}{2} \right\rfloor \quad (5)$$

$$\text{Var} > T_1$$

$$P(x, y) = \begin{cases} \min(a, b), & \text{if } c \geq \max(a, b), \\ \max(a, b), & \text{if } c \leq \min(a, b), \\ a + b - c, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (6)$$

計算完所有預測值  $P(x, y)$  然後再計算其差值  $d$  :

$$d = |I(x, y) - P(x, y)| \quad (7)$$

在該方法中，包含兩個條件式  $d \leq T$  和  $d > T$ ，其中前面的情況可以攜帶一個機密位元  $S$ ，而後者則不能攜帶。

**Case1.** 如  $d \leq T_2$ ，可攜帶機密位元  $S$ ，計算公式為：

$$I'(x, y) = \begin{cases} P(x, y) + 2 \times d + S, & \text{if } P(x, y) \leq I(x, y), \\ P(x, y) - 2 \times d - S, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

**Case2.** 如  $d > T_2$ ，則是無須嵌入機密位元，偽裝像素的計算為：

$$I'(x, y) = \begin{cases} I(x, y) + T + 1, & \text{if } P(x, y) \leq I(x, y), \\ I(x, y) - T + 1, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (9)$$

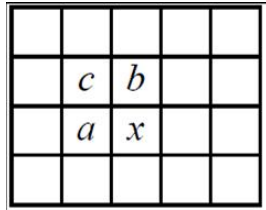


圖 2.a、b 和 c 像素值為預測 x 值

以下我們描述了一個詳細描述嵌入的過程，以平滑區塊為例，假設門檻值  $T_2 = 2$  和機密訊息  $S = "101"$ 。圖 3(a) 像素值  $I(2,2) = 87$  為起始點，從鄰近像素點計算可獲得預測值  $P(2,2)$ ，計算其差異值  $d$ ， $d = |87 - 70| = 17$ ，由於  $d > T_2$  則  $I(2,2)$  透過公式(9)修改，偽裝像素為  $I'(2,2) = 87 + 2 + 1 = 90$ 。同樣的，其他像素值根據  $d$  屬於之情況透過公式(8)或公式(9)計算出嵌入機密訊息之偽裝或修改之偽裝像素如圖 3 所示。

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 81  | 57  | 85  | 140 |
| 83  | 87  | 87  | 145 |
| 86  | 84  | 107 | 92  |
| 109 | 109 | 106 | 96  |

I

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 81  | 57  | 85  | 140 |
| 83  | 90  | 89  | 148 |
| 86  | 81  | 110 | 89  |
| 109 | 112 | 103 | 93  |

I'

圖 3. 平滑區塊嵌入程序之範例

接下來，以複雜區塊嵌入為例，圖 4(a) 隱蔽影像  $I$  大小為  $4 \times 4$ ，然後第一行與第一列初始化結果顯示於圖 4(b)，設門檻值  $T = 2$  機密訊息  $S = "1101"$   $a = I'_{1,0} = 154$   $b = I'_{0,1} = 156$  和  $c = I'_{0,0} = 154$ ，由公式(6)可獲得預測  $P_{1,1} = 156$ ， $d = I_{(1,1)} - P_{1,1} = 0$  屬於  $d \leq T_2$  所以可嵌入機密訊息  $S_1 = 1$ ，修改像素值如  $156 + 2 \times 0 + 1 = 157$ ，此為  $I'_{1,1}$  的偽裝像素值。同樣的，其他像素值的預測，可透過公式(6)得知，根據  $d$  屬於之情況透過公式(8)或公式(9)計算出嵌入機密訊息之偽裝或修改之偽裝像素如圖 4(b)。

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 154 | 156 | 153 | 153 |
| 154 | 156 | 150 | 148 |
| 154 | 157 | 157 | 157 |
| 151 | 158 | 157 | 155 |

(a)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 154 | 156 | 153 | 153 |
| 154 | 157 | 157 | 145 |
| 154 | 158 | 160 | 160 |
| 151 | 161 | 156 | 153 |

(b)

圖 4.(a)原始圖像 (b)偽裝圖像

### 3.4 提取及圖像恢復過程

接收到偽裝的圖像  $I'$ ，首先分割區塊大小為  $4 \times 4$ ，再計算區塊內 16 個像素值的平均數與變異數。變異數門檻值為  $T_1$ ， $Var \leq T_1$  表示此區塊為平滑區塊，相反的  $Var > T_1$  則表示為複雜區塊。

接下來詳細說明平滑區塊與複雜區塊的提取以及恢復原始圖像之過程。首先平滑區塊的提取與恢復，使用嵌入階段相同的掃描順序除了像素的第一行和第一列，獲得預測像素  $P'$  計算方式為公式(10)，而複雜區塊獲得預測像素  $P'$  計算方式為公式(11)，分別計算出預測像素值後再計算其差值  $d'$  為公式(12)如下所示：

$$P'(x, y) = \left\lfloor \frac{I'(x-1, y) + I'(x, y-1)}{2} \right\rfloor \quad (10)$$

$$P'(x, y) = \begin{cases} \min(a, b), & \text{if } c \geq \max(a, b), \\ \max(a, b), & \text{if } c \leq \min(a, b), \\ a + b - c, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (11)$$

$$d' = |I'(x, y) - P'(x, y)| \quad (12)$$

$d'$  包含兩個條件式  $d' \leq 2 \times T_2 + 1$  和

$d' > 2 \times T_2 + 1$ ，前者可提取機密訊息  $S$  以及恢復，後者則無需提取直接恢復像素。

**Case1.**如  $d' \leq 2 \times T + 1$ ，提取機密訊息  $S$  和恢復像素  $I(x, y)$  計算方式如下：

$$S = LSB(d'),$$

$$I(x, y) = \begin{cases} P'(x, y) + \left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor, & \text{if } P'(x, y) \leq I'(x, y), \\ P'(x, y) - \left\lfloor \frac{d'}{2} \right\rfloor, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

**Case2.**如  $d' > 2 \times T_2 + 1$ ，則恢復  $I(x, y)$  如下：

$$I(x, y) = \begin{cases} I'(x, y) - T_2 + 1, & \text{if } P'(x, y) \leq I'(x, y), \\ I'(x, y) + T_2 + 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

接收端提取嵌入機密訊息和恢復原來的像素是根據差值  $d'$  而不需要額外的輔助位置地圖。下面詳細描述了提取和恢復過程。以平滑區塊為例，首先是計算出預測值  $P'(x, y)$  使用公式(10)為：

$P'(2,2) = \lfloor (I'(1,2) + I'(2,1))/2 \rfloor = \lfloor (57+83)/2 \rfloor = 70$ ，求出  $P'(2,2)$  和  $I'(2,2)$  差異值  $d' = |87 - 70| = 17$ ，因為差異值屬於 Case2 為  $d' > 2 \times T_2 + 1$ ，使用公式(13)計算恢復像素值不需提取機密訊息。  
 $P'(2,3) = \lfloor (85+87)/2 \rfloor = 86$ ，差異值  $d' = |89 - 86| = 3$  屬於 Case1，提取機密訊息  $LSB(3) = 1$ ，公式(12)恢復原始像素值  $I(2,3) = P'(x, y) + \lfloor d'/2 \rfloor = 86 + 1 = 87$ 。  
 同樣的，其他像素值根據  $d'$  屬於之情況透過公式(12)或公式(13)提取機密訊息和恢復原始像素。取出機密訊息為  $S = "101"$  分別位於  $I'(2,3)$ 、 $I'(3,2)$  和  $I'(4,3)$  的位置提取機密訊息。

複雜區塊為例，計算出預測值  $P'(x, y)$  公式(11)  $a = I'_{1,0} = 154, b = I'_{0,1} = 156, c = I'_{0,0} = 154$ ，預測結果  $P'_{1,1} = 156$ ， $I'_{1,1}$  和  $P'_{1,1}$  之間的差異值  $d = |157 - 156| = 1$  是屬於 Case1，提取機密訊息  $LSB(d') = LSB(1) = 1$ ，恢復  $I_{1,1}$  像素值計算如下  $I_{1,1} = P'_{1,1} + \lfloor d'/2 \rfloor = 156 + \lfloor 1/2 \rfloor = 156$ ，同樣的，其他像素值根據  $d'$  屬於之情況透過公式(12)或公式(13)提取機密訊息和恢復原始像素。

## 4. 實驗結果

本章節的部分將呈現出本方法之實驗結果與分析，包括隱蔽圖像、偽裝影像的展示。本論文以兩張大小為  $512 \times 512$  的灰階影像做為實驗影像見圖 6，分別為 Baboon 和 Lena，以這兩張影像當作隱蔽影像。機密訊息為隨機產生之二元字串，至於編碼簿的產生，乃透過標準的 LBG 演算法[8]以 4 張灰階影像，見圖 5，訓練出 256 個編碼字維度為 16 的編碼簿。另外，本方法的程式開發與實驗環境如下：電腦為 Duo P7450 處理器，具有 2G 的主記憶體，程式語言採用 MATLAB®R2010a 版本的軟體來撰寫，並架構於 WIN7 Premium 作業系統下執行。

本論文使用影像信號雜訊比(Peak Signal of Noise Ration, PSNR)做為判斷偽裝影像品質之基準，其公式如下：

$$PSNR = 10 \times \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right), \quad (14)$$

其中  $MSE$  為均方差 (Mean Squared Error, MSE)，為原始影像與偽裝影像的差異值，公式如下：

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M \times N - 1} (p_i - p'_i)^2, \quad (15)$$

其中  $M \times N$  為影像像素值總個數， $p_i$  為第  $i$  個原始影像像素值， $p'_i$  為第  $i$  個偽裝影像像素值。

本篇實驗我們以圖 5 Lena 及 baboon 使用邊緣吻合向量化編碼簿計算距離與其變異數，變異數門檻值假設  $T_1 = 40$ ，區分平滑與複雜區塊後再分別進行預測像素值與其差異值進行嵌入。差異值  $d$  預設之門檻值為  $T_2 = 0 \sim 10$  做實驗測試，表 1、表 2 為本篇方法與 Lee 等學者的比較，以相同的門檻值  $T$  之下比較其嵌入量 (bpp) 與偽裝影像品質 (PSNR)。圖 5 為 Lena 和 Baboon 之測試圖像，圖 6 是四張原始灰階影像產生之編碼簿。圖 7 及圖 8 是 Lena 和 Baboon 測是圖像與 Lee 等學者的比較結果。





圖 5.原始測試灰階圖像 Lena 和 Baboon



圖 6.原始灰階影像

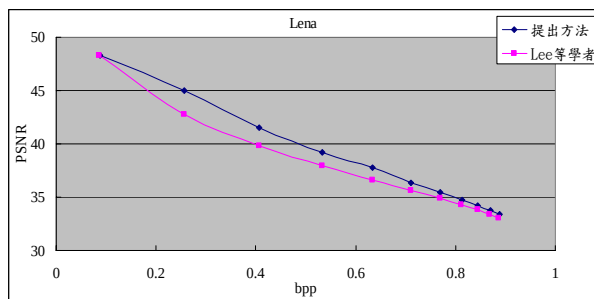


圖 7. 實驗結果為本篇提出方法與 Lee 等學者比較以 Lena 圖為例。

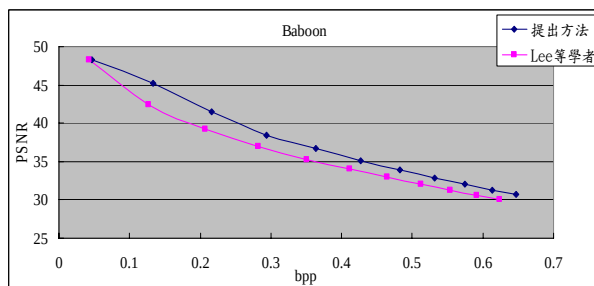


圖 8. 實驗結果為本篇提出方法與 Lee 等學者比較以 Baboon 圖為例。

表 1 本論文提出方法與 Lee 等學者所提方法實驗結果比較，Lena 為測試圖像

| 方法<br>$T_2$ | Lee 等學者      |              | 提出的方法        |              |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|             | 藏入量<br>(bpp) | PSNR<br>(dB) | 藏入量<br>(bpp) | PSNR<br>(dB) |
| 0           | 0.0869       | 48.3422      | 0.087        | 48.3429      |
| 1           | 0.2559       | 42.7818      | 0.2559       | 45.024       |
| 2           | 0.407        | 39.8378      | 0.407        | 41.5318      |
| 3           | 0.533        | 37.9494      | 0.5325       | 39.1704      |
| 4           | 0.6332       | 36.6234      | 0.633        | 37.7588      |
| 5           | 0.7112       | 35.6492      | 0.7113       | 36.3466      |
| 6           | 0.7691       | 34.8999      | 0.7696       | 35.4572      |
| 7           | 0.812        | 34.3089      | 0.813        | 34.7621      |
| 8           | 0.844        | 33.8214      | 0.845        | 34.2043      |
| 9           | 0.8684       | 33.4123      | 0.8693       | 33.7477      |
| 10          | 0.8873       | 33.0646      | 0.8882       | 33.3614      |

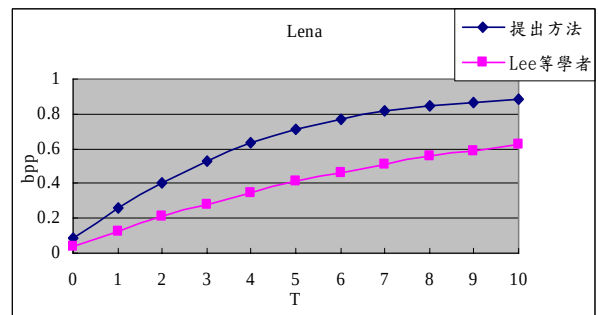


圖 7.本篇提出方法與 Lee 等學者以相同門檻值 T，測試圖像為 Lena 比較其藏入量。

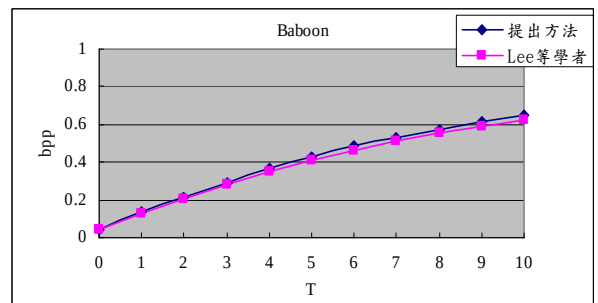


圖 8.本篇提出方法與 Lee 等學者以相同門檻值 T，測試圖像為 Baboon 比較其藏入量。

本實驗結果表明在相同的門檻值  $T_2$  之下，本篇所提出的方法藏入量與 PSNR 的比較

是優於Lee等學者所提出的方法。本篇方法改善了偽裝影像的品質，也提升了機密訊息的藏入量。

表2 本論文提出方法與Lee等學者所提方法實驗結果比較，Baboon 為測試圖像

| 方法<br>T <sub>2</sub> | Lee 等學者      |              | 提出的方法        |              |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                      | 藏入量<br>(bpp) | PSNR<br>(dB) | 藏入量<br>(bpp) | PSNR<br>(dB) |
| 0                    | 0.0428       | 48.2421      | 0.0463       | 48.2491      |
| 1                    | 0.1265       | 42.4376      | 0.1332       | 45.2487      |
| 2                    | 0.2073       | 39.1789      | 0.2163       | 41.4765      |
| 3                    | 0.2827       | 36.9533      | 0.2937       | 38.3747      |
| 4                    | 0.3506       | 35.2923      | 0.3639       | 36.72        |
| 5                    | 0.4111       | 33.9824      | 0.4266       | 35.166       |
| 6                    | 0.4651       | 32.9134      | 0.4832       | 33.9226      |
| 7                    | 0.5125       | 32.0174      | 0.5322       | 32.9035      |
| 8                    | 0.5541       | 31.2525      | 0.5749       | 32.0453      |
| 9                    | 0.5908       | 30.5895      | 0.6129       | 31.3123      |
| 10                   | 0.6237       | 30.0064      | 0.6469       | 30.6749      |

## 5. 結論

本篇論文提出了一種簡單而有效的可逆式資訊隱藏方法，利用邊緣吻合向量量化為基礎的可逆式資訊隱藏技術，採用複雜與平滑區塊兩種不同預測影像方式進行藏入。實驗結果表明在相同門檻值下本篇所提出的方法藏入量與影像品質皆優於Lee等學者的方法。本方法的實驗將門檻值設定為10，藏入大量機密訊息時，影像品質皆可保持在人類肉眼可接受範圍之內。

## 參考文獻

- [1] 呂慈純、陸哲明、張真誠，*多媒體安全技術*，全華圖書公司，2007。
- [2] A. P. Fabien, R. J. Anderson, and M. G. Kuhn, "Information hiding-a survey," *Proceeding*

*of the IEEE Special Issue on Protection of Multimedia Content*, Vol. 87, No. 7, 1999, pp. 1062-1078.

- [3] C. F. Lee, H. L. Chen, and H. K. Tso, "Embedding capacity raising in reversible data hiding based on prediction of difference expansion," *Journal of System and Software*, Vol. 83, No.10, 2010, pp. 1864-1872.
- [4] C. C. Chang and H. W. Tseng, "A steganographic method for digital images using side match," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 25, No.12, 2004, pp. 1431-1437.
- [5] C. M. Wang, N. I. Wu, C. S. Tsai, and M. S. Hwang, "A high quality steganographic method with pixel-value differencing and modulus function," *Journal of Systems and Software*, Vol. 81, No. 1, 2008, pp. 150-158.
- [6] H. C. Wu, N. I. Wu, C. S. Tsai, and M. S. Hwang, "Image steganographic scheme based on pixel-value differencing and LSB replacement methods," *IEE Proceedings Vision, Image & Image Signal Process*, Vol. 152, No. 5, 2005, pp. 611-615.
- [7] W. Hong, T. S. Chen, and C. W. Shiu, "Reversible data hiding for high quality images using modification of prediction errors," *Journal of System and Software*, Vol. 82, No.11, 2009, pp. 1833-1842.
- [8] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 28, No.1, pp. 84-85.