

# 漸進背景影像的建構

王俊明

陳世旺

國立臺灣師範大學資訊教育系 國立臺灣師範大學資訊工程研究所

在對靜態攝影機取得連續影像處理時，爲了要能快速地偵測出影像中的前景物體，較簡單的方法，就是事先建構好背景影像，之後將連續輸入的影像和背景影像相減，即可快速地取得前景物。而建立背景影像時，若能事先淨空環境，則背景影像的建立並不困難；但是在某些運用，如交通監控，事先環境淨空並不可行。本文提供一種演算法，可以從非淨空的環境視訊中，漸進式地建立起環境的背景影像，又由於這種漸進式的機制，背景影像會隨著環境的變化，隨時自動地更新。過去的方法常將建構與更新的步驟分開，本文所提的方法則將兩者結合成一體，且可同時應用在單色及彩色影像上，目前實驗的結果相當符合人類的認知

**關鍵字：**部分背景影像 漸進式背景建構 影像處理

## 簡介

監控系統在視訊應用中爲一相當重要的發展項目之一；通常這類系統包含有三項重要的工作：環境變化的偵測，對變化的追蹤，以及對變化的辨別。本文著重在靜態環境中變化的偵測上。在一靜態的環境中變化的產生原因有二：環境中物體的變動以及環境照明度的改變。通常我們對前者較有興趣，但因兩者都會使得影像明亮度改變，因此如何正確地區別它們，對偵測結果的品質相當重要。

偵測靜態環境中之變化的技術基本上可分爲兩種：background subtraction method[2][4]和 temporal difference method[5]。前者事先建立一背景影像，之後輸入的影像藉著與背景影像相減可快速地在影像中將環境變化的區域找到。而 temporal difference method 則將連續輸入的影像彼此相減，然後標出明亮度變化較大的地方，即爲環境變化的區域。

在 background subtraction method 中，須事先建立一背景影像且須隨著時間不斷地更新。過去已有人提出不少背景影像建構的方法，它們大致上可歸成兩種

模式：一種是統計法[1][6]，另一種則是漸進法。統計法將一段時間的影像序列，利用統計的方式，計算出影像中每一點可能的背景值，如此建構成一背景影像。最簡單的統計方法就是「平均」，只要將連續影像簡單地取平均，就能得到一個不錯的背景影像。這種方法雖然簡單而且快速，但缺點是須要較長時間的影像序列，且在前景物很多、體積太大或移動速度較慢時，所得到的背景影像結果並不佳。另一種統計的方法是只平均那些較穩定的值，而忽略變化較大的值。例如邊界偵測法(edge detector method)[1]就是屬於這樣的例子，當影像中某一位置點有前景物通過時，會使得該點的灰階值隨著物體邊線的通過而產生變化，在計算某個像點的背景值時，便忽略亮度有明顯變化的地方，僅對灰階值較平穩的段落加以平均。又爲了加強背景灰階值的可信度，可再利用平滑偵測法(smoothness detector process)[1]，此過程除了將較平滑的灰階值平均外，還限制該灰階值平滑的時間長度。若有某些像點因沒有平滑的灰階值超過所預期的

時間長度時，則可縮小預期時間的長度或加大灰階值平滑的容忍範圍，這種方法則稱為動態平滑偵測法 (adaptive smoothness detector method)[1]。然而上述各種平均統計的方法都會因物體形狀過大或移動速度太慢，使前景物被誤認為背景使得結果並不是很理想。

前面的方法只單獨考慮一像點的亮度變化，但影像通常都是由一些相近亮度的區塊所組成的，因此有人提出 stable frame filter method，這種方法加入考慮鄰近位置點的變化來改良前述動態平滑偵測的方法。由於動態平滑偵測法在背景值無法決定時，以縮小時間段落的方式來決定背景值，但是如果時間段落一直縮小，最後有可能會取出不理想的背景值來。於是有人認為應先定義出時間段落在整個影像序列中至少應占有的比率，若時間段落小於這個比率時，即放棄以此段落來決定像點的背景值，而以其他的方式來決定。其方法為對於那些尚未決定背景值的像點，若其週圍已有點有背景值的話，則回到原影像序列找出決定那些景值的時段，求其交集的時段，以此來決定先前尚未定背景值的像點，如此反覆進行，直到所有像點都決定出背景值為止。這種方法必須對所有未知點反覆不停的計算，花費較長的時間，因此較不適用於即時系統。

除了利用上述的統計方法外，還有人使用投票法[6]，也就是考慮同一像點其灰階出現最多次的作為背景值。這是一種相當合理的統計方式，但須要較長的影像序列才能獲得正確的背景值，又由於所有的影像都必須放在記憶體中，會占用較大的硬體空間。

利用統計法建構出背景影像後，為了使其更接近目前正確的背景，通常還必須隨著目前的環境影像作適當的調整。最常使用的調整方式，是將背景影像的各像點  $B(x)$  與當時所得到的環境影像  $I(x)$  依下列公式調整[9][10]：

$$B_{i+1}(x) = W \cdot B_i(x) + (1 - W) \cdot I_i(x),$$

其中  $W$  是加權值，通常是指建構目前背景影像所使

用的影像張數  $N$ ，其在更新後的背景所占的比例，計算公式如下：

$$W = N / (N + 1)。$$

雖然背景影像能隨著目前影像依上述公式不斷的更新，但仍得每隔一段時間，重新以原統計法建構出背景影像，以避免隨著  $N$  越大而使背景影像越難隨著目前影像作調整。

另一種漸進式的建構方法[7][8]，將可免除上述方法所可能遭遇的一些問題。首先給定一個初始的背景影像，再以該背景影像為基礎，與當時所得到的環境影像  $I(x)$  作比較；再依比較結果，將各像點值  $B(x)$  以極小的變化作調整，調整公式如下：

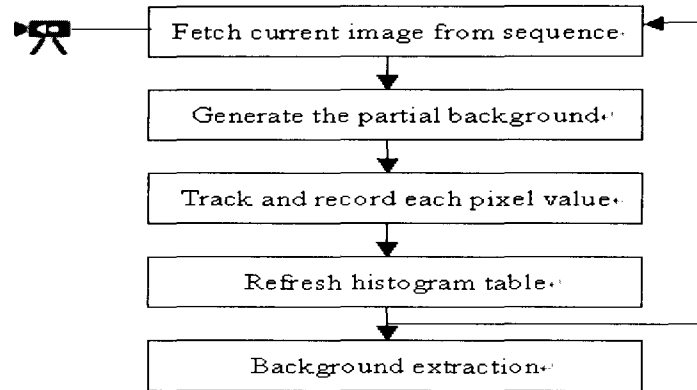
$$B_{i+1}(x) = \begin{cases} B_i(x) + 1, & \text{if } B_i(x) < I_i(x) \\ B_i(x) - 1, & \text{otherwise} \end{cases}$$

這種方法不須事先儲存影像序列，因此可以節省大量的記憶體空間；又其結合建構與更新步驟於一體，能獲得符合現場的背景影像，可以說是較符合視訊應用的背景建構方式。

上述漸進式建構背景的方法雖然有許多優點，可是在場景亮度發生變化時，其背景像點值的變化過於緩慢，使得建構出的背景影像無法迅速符合當時正確的背景。因此本研究提出一種改良漸進式背景建構的方法，其主要觀念在於採用 histogram table 來記錄像點的亮度變化，在場景發生改變時，能以較快的速度建構出正確的背景影像；另外，histogram table 同時也能反應出建構出來的背景影像，其符合正確背景的程度，以便使用者決定是否採用。這種方式，對變化頻繁的戶外監測影像而言，於建構其背景時具有相當大的幫助。

本文共分成以下幾節：第二節說明整個系統的流程架構，第三節說明如何建立差異影像，第四節說明如何利用 histogram 追蹤像點變化，第五節說明背景影像建立，第六節是實驗結果，最後則是結論。

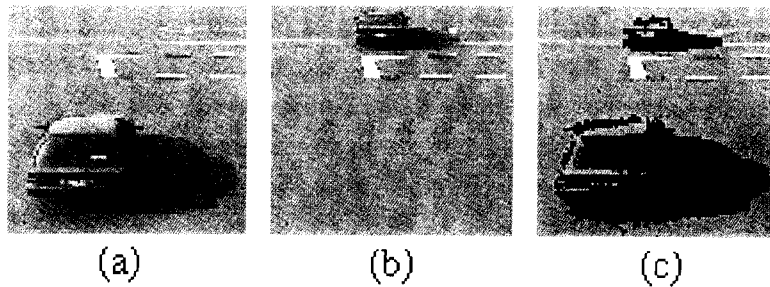
## 流程架構



圖一 漸進式建構背景影像之流程圖

本節將說明整個建立背景影像的過程(見圖一)：首先從攝影機中取得一張影像，將目前這張影像與前一張影像作差異分析，移除可能的前景物後，所得的

影像稱為差異影像，如圖 2。此差異影像的背景部分並不完整，只是部分的背景影像，最後的背景影像即根據此差異影像來建立。



圖二 (a)前一張影像；(b)目前的影像；(c)目前的差異影像

接下來對差異影像中的每一個像點建構一 histogram 來記錄此像點灰階值的變化，該 histogram 主要並不在單純記錄灰階值出現的次數，而在反映該像點具有某一灰階值的程度，其中程度值最大的灰階值即為該像點最有可能背景值。

另外我們用一 histogram table 來記錄由各像點的 histogram 所決定出來最有可能的背景值，作為建構背景影像的依據。在 Histogram table 中，每個欄位記錄每個像點最有可能的背景值及其程度值，建構好目前

的差異影像後，會利用它來更新每個像點的 histogram，進而更新 histogram table 的資料。在更新 histogram table 之後，再讀取攝影機所拍攝的影像，重覆上述的動作，histogram table 便會在不斷的更新中，擁有最新的背景資訊。當使用者欲使用背景影像時，便能由 histogram table 迅速建立最新的背景影像。值得注意的是，當取得目前影像與前一張影像作比較以建立差異影像時，較大的時間差距反而能得到較好的差異影像，因此，此種方法並不需要藉重高速的電

腦運算，相當適用於即時系統。在我們的交通監測影像中，是以一秒鐘一張影像的時間差距，來建立背景影像；在其他應用，若前景物移動速度較慢，應該

加大時間差距，以使物體移動距離能超過本身在影像中所占之範圍。

## 連續影像差異分析

將一影像序列的前後兩張影像相減時，會將影像中相同灰階值的部分減去，這些具有相同灰階值的地方通常對應背景的部分，相減的結果將留下影像中的前景物[5]。利用這樣的概念，我們可以反過來將影像中的前景物移除，而留下影像中背景影像的部分，這樣的影像我們稱之為差異影像。

建立差異影像的方法可以下列式子來表示：

$$b_i(t) = \begin{cases} p_i(t) & |p_i(t) - p_i(t-1)| < \varepsilon \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases},$$

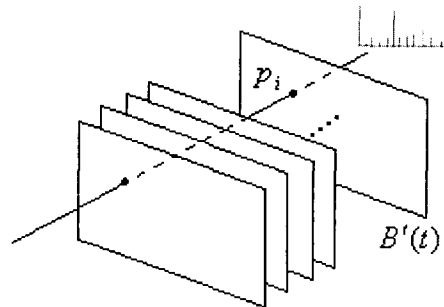
其中  $b_i(t)$  代表在  $t$  時間差異影像，而  $p_i$  代表影像中

位置  $i$  的灰階值。上式指出，若兩張影像的對應像點其灰階值相似則保留該灰階值，若差距太大則將該灰階值設為 0。以圖二為例，當(a)圖與(b)圖比較之後，會得到我們所謂的差異影像(見(c)圖)，(c)圖中的兩塊黑色區塊則代表了前後兩張影像中前景物的位置。漸進式背景影像的建構方法，即根據每個階段所得到的部份背景影像，不斷地累積統計而得。在初期因資料不夠完整，所得的背景影像為不完整的影像；但隨著時間資料越來越多，則背景影像將越來越完整，因此稱此種建構方式為漸進式；此外，這種方式也同時結合了背景影像的更新，不需要額外的步驟。

## 像素點的 Histogram

此差異影像中的每一像點我們都建有一個 histogram 來追縱其灰階值的變化(見圖三)，從另一種角度來看，此 histogram 反映該像點每一種灰階值可

能為背景值的程度值，程度值最高的灰階值代表該像點最有可能的背景值。



圖三 差異影像中的每一像點，皆對應一個 histogram

當差異影像  $B(t)$  於時間  $t$  建構出來時，使用它來調整影像中每一像點所對應的 histogram。假設  $b_i(t)$  為差異影像  $B(t)$  中的第  $i$  像點值，其對應 histogram 的調整方式是將其中的一種灰階值  $a$  所對應的程度

值  $g_i$  依以下公式調整：

$$g_i(t, a) = g_i(t-1, a) + A\delta(b_i, a) - D, \quad (1)$$

其中  $0 \leq g_i(t, a) \leq K$ ，這裏的  $A$ 、 $D$  及  $K$  是常數值，

關係如下：

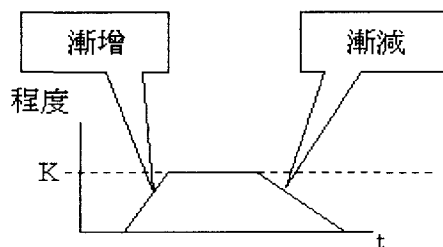
$$D < A < K,$$

而  $\delta$  為 delta 函數，定義如下：

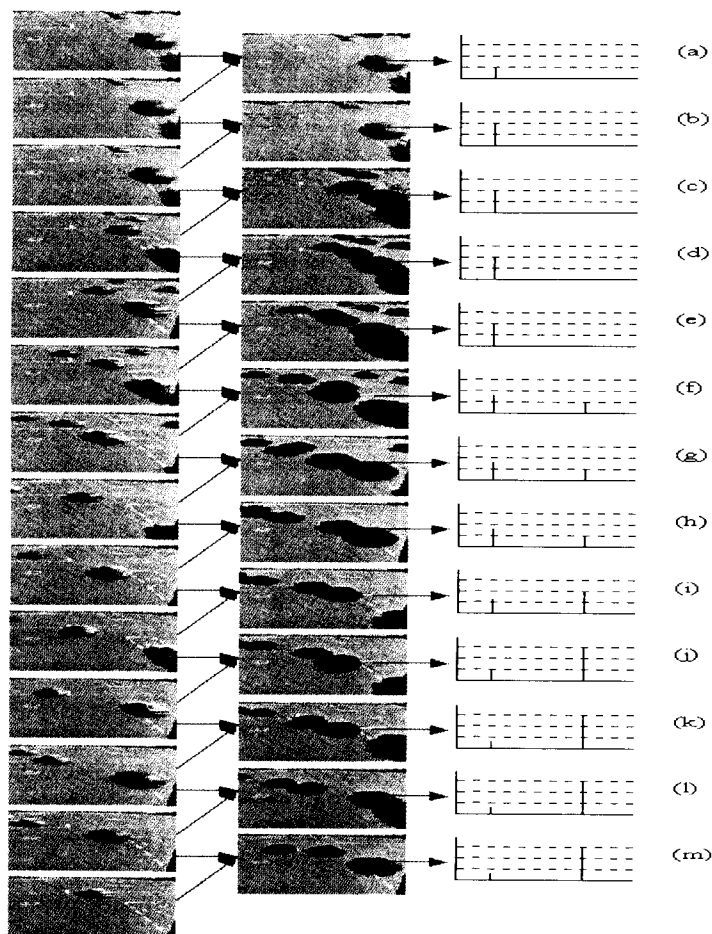
$$\delta(b_i, a) = \begin{cases} 1 & |b_i - a| < \varepsilon \\ 0 & otherwise \end{cases}.$$

亦即在差異影像建立後，若差異影像位置  $i$  的灰階值為  $a \pm \varepsilon$ ，則  $a$  所對應的程度值  $g_i$  會增加  $(A-D)$ ，而

同一像點其他的灰階值所對應的程度值則減去  $D$ 。在這樣的設計下，程度值會因為目前的灰階值一不斷出現而以  $(A-D)$  的斜率漸漸增加；當該灰階值不再出現時，程度值則會以  $(-D)$  的斜率漸漸變小，如圖四所示。在實驗中，我們將  $K$  值定為 10， $A$  值定為 3， $D$  值定為 1；其值的定義主要根據場景的狀況實驗決定，若是該場景的物體移動速度較慢，則需要較小的  $A$  值及  $D$  值，以避免前景物被當作背景建構出來。



圖四 該像點之灰階值，其程度值隨著差異影像中之該像點為此值而漸增，非此值而漸減



圖五 影像中某像點，其灰階值的程度值變化

因為差異背影像是已移除前景物的影像，因此實際設計時有下列三點應該注意：

1. 影像中有一部分前景區塊其灰階值為 0，遇到這種灰階值為 0 的像素點時並不調整該像素點的 histogram。

2. 因為沒有前景物的影響，一像點的 histogram 會集中在少數的灰階值，因此大部分的灰階值其所對應的程度值皆為 0，可將有程度值的灰階值以 linked list 的方式建立 histogram，這種建立 histogram 的方式可以節省大量的記憶體空間。

3. 若是應用在彩色影像上，同一個像點必須分別建立紅、綠、藍三種不同的 histogram，以追蹤其不同的灰階值。

圖五以一連串的影響為例，說明一個像素點其 histogram 的變化。圖中最左邊一行為原始影像序列，

第二行為差異影像，最右邊一行則為影像中某像素點的 histogram 變化；該像素點所在的位置一開始是汽車影像的一部分，在(a)及(b)中，因為汽車是靜止不動的，該點的灰階值並不會改變，該灰階值的程度值會被提升。後來汽車駛離後，出現路面影像，在(c)、(d)及(e)中，由於前景開始變化，使得該點一直被視為前景物體，差異影像該區塊被設定為 0，因此，該像點的 histogram 並不會發生變化。在(f)時，該點出現路面，與先前的灰階值並不相同，因此 histogram 中出現了另一個具有程度值的灰階值，而原來的灰階值，其程度值會緩慢降低；在(i)、(j)及(k)中，原來的程度值持續降低，而新的程度值會持續增加到上限值  $K$  為止。

## Histogram table 及背景影像

當影像中的每一像素之 histogram 作更新後，便將具有最大程度值的灰階值記錄在 histogram table 中。Table 中的每個欄位記錄影像中每一位置點最有可能的背景值，也同時記錄該背景值當時的程度值(見圖六)。當更新 histogram 之後，便檢查更新後的程

度值是否大於 histogram table 相對應欄位的程度值，以決定是否替換該欄位的資料。這樣的設計，可以在使用者欲取得背景影像時，快速的從 histogram table 中，根據灰階值建立出來。

像點	灰階值	程度值
(0,0)	56	6
(0,1)	59	3
(0,2)	59	7
	⋮	
	⋮	
	⋮	
(320,240)	127	2

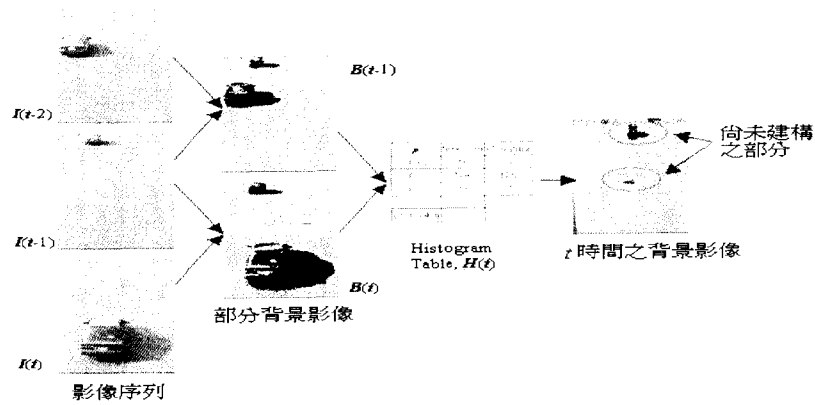
圖六 histogram table 中包含了所有像點之最佳背景灰階值及其程度值

雖然 histogram table 的每個欄位已記錄了每個像點最有可能的背景值，但若希望得到較可信的背景

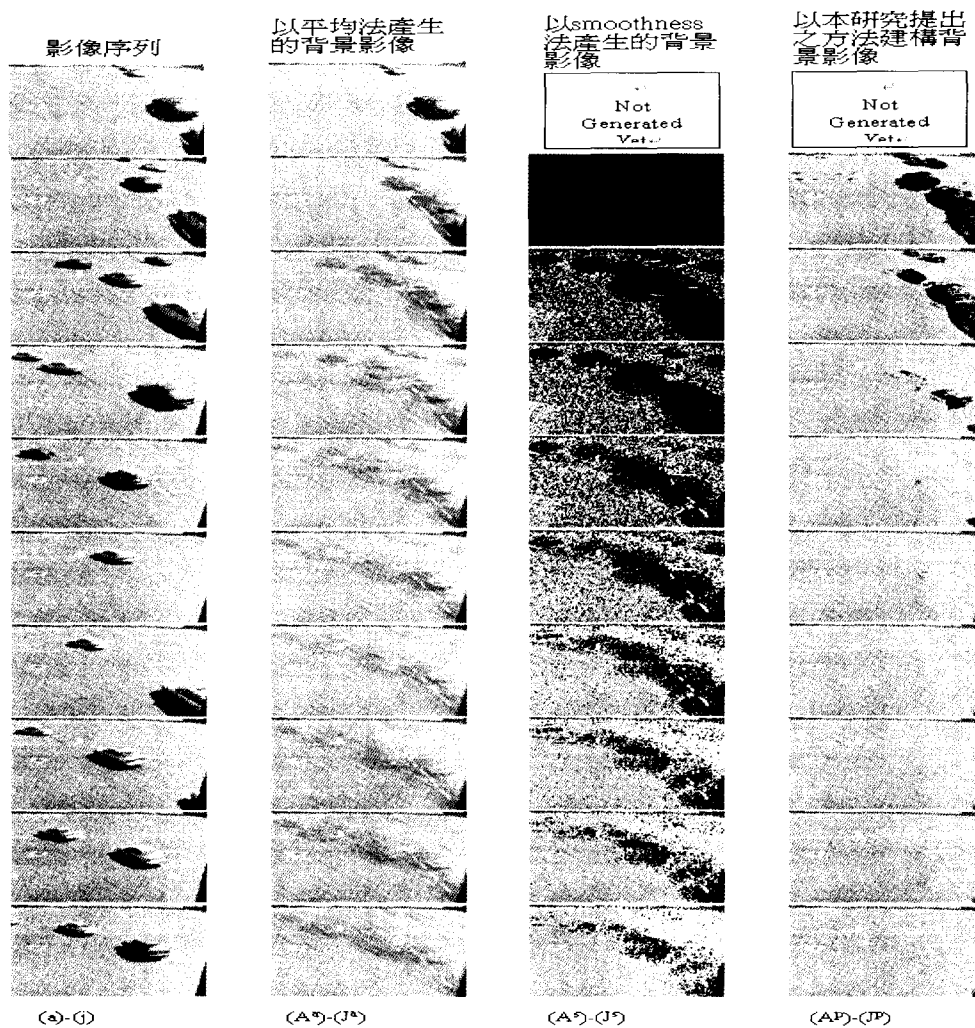
值，應在取出背景影像前，對該像點所對應之程度值作一考慮。通常在場景亮度有變化或系統啟動的初期

(如圖七)，會有某些像點其程度值較低，此時的背景影像並不是正確的背景影像。較正確的背景影像，是在

所有像點的程度值都非常接近  $K$  時，因此程度值可以用來判斷背景影像是否已到了穩定可供利用的狀態。



圖七 系統啟動初期，背景建立不完全的例子



圖八 影像序列(a)-(j)以各種方法建構背景影像的過程，顯示本研究所提出之方法較快且較好。

## 實驗結果

我們實驗的影像皆是由攝影機拍攝後，轉換為解析度 320x240 的影像檔作處理。圖八為利用攝影機架設在十字路口的行人天橋上所拍攝到的連續影像，此一序列為 20 秒鐘的連續影像，實驗結果顯示：背景影像建立速度比其他方法更快速且建立出來的背景效果也更好。當系統開始啟動時，背景影像因資料不夠齊全，使得建立出來的背景影像並不完全，可以看到此時有一些黑色的未知的區塊。過了不久，隨著影像從攝影機繼續獲得，背景中未知的區塊很快就填補起來。

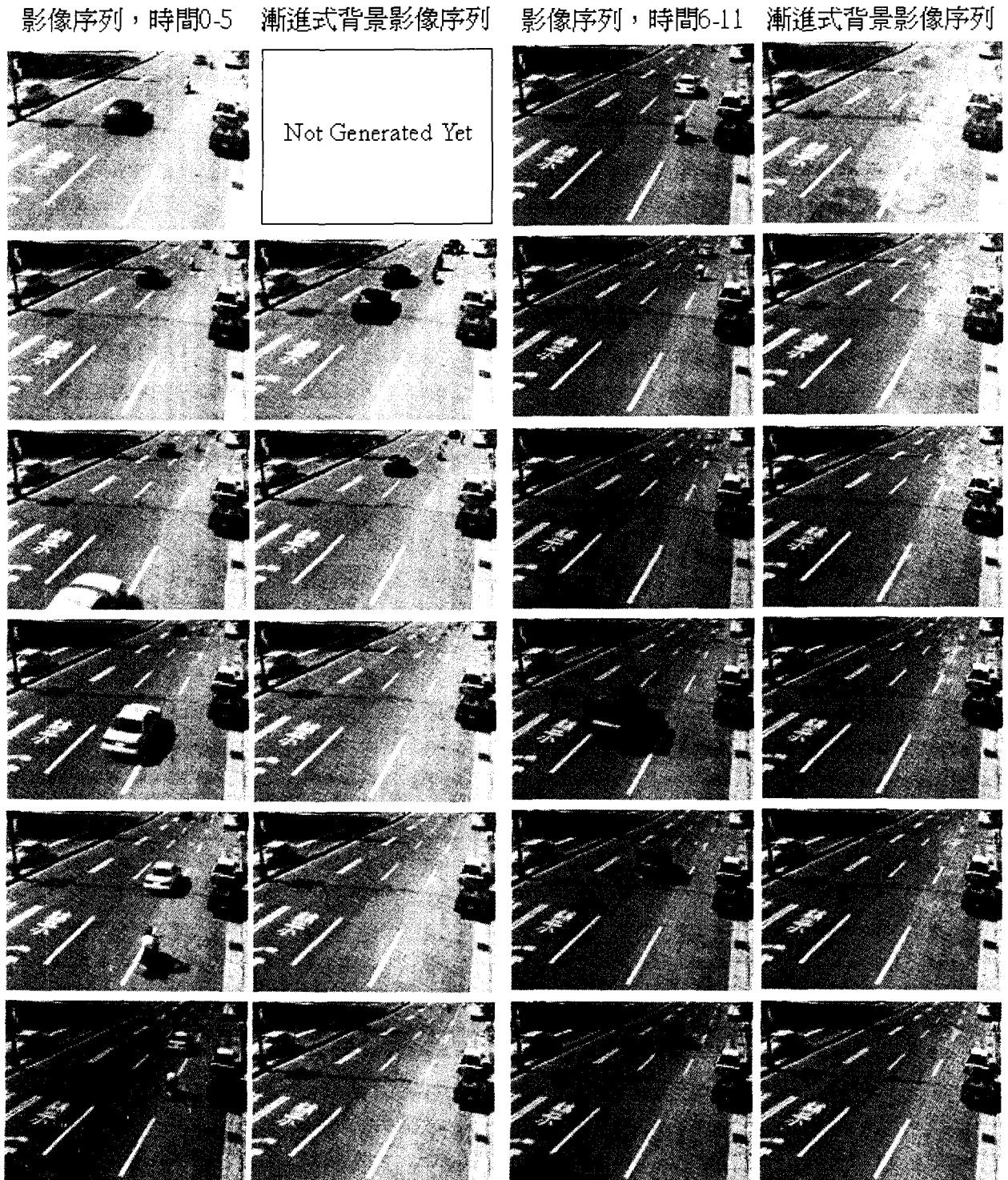
因影像的右方有兩輛車停在路口待轉，使系統一開始將其視為背景影像；這種情況雖然不盡合理，可是過了不久，車輛開始移動，路面跟著出現後，背景影便會迅速更新，而建構出更正確的背景影像。十字路口常會有車輛暫停在路口，利用我們所提出來的的方法建構出來的背景可以對場景作快速的更新。

此外，在天橋上的攝影機常會因為車輛經過而產生震動，影像的右下角欄杆中可以發現這種震動，在

影像中欄杆有時較大，有時較小，這是因為震動的關係。這種震動會因為差異影像的削弱，使其並不影響所建構出來的背景影像。

雖然此系統在車輛離開時能快速更新背景，還原路面；但相反的，若車輛暫停一段時間後，也會被當成被背景，這對於十字路口的監視影像並不適用，利用區塊的判別或是降低(1)式中  $A$  及  $D$  的值，可以解決此問題。雖然如此，本系統對於光線變化能迅速更新，非常適用於前景物不斷移動的戶外影像，如高速公路監控。

圖九為場景光線產生變化時，所建構出來的漸進式背景影像。在背景建立後，亮度變暗，此時背景影像中的各像點會漸漸更新。由圖中可以看到，一開始所建構出來的背景較亮，而後來的背景較暗，可見由本系統建構出來的背景影像會隨時更新。而系統是否更新完成，可以參考 histogram table 中各像點的程度值，當各像點的程度值都相當高時，此時的背景影像便可以視為已更新完成的影像。



圖九 當場景光線發生變化時，所建構出來的背景影像序列

## 結論

一個預先建立的背景影像可以幫助研究者快速擷取前景物，背景影像的好壞便間接影響研究的結果。戶外的背景影像常常會受到光線變化及物體的短暫停留，使得背景產生巨大的改變。過去的方法常常是擷取一段長時間的影像序列，利用統計的方式計算出背景影像；之後為了適應場景的變化，得隨時利用目前的影像與背景影像作小部分的更新。當場景產生巨大變化時，這種方法無法很快的發生反應，使得建構出來的背景影像與真實背景有部分的出入。

我們提出一個可以隨著場景變化不斷更新背景影像的方法，這種方法可以在系統啟動的同時開始建立背景影像，而不須擷取一段影像序列另外作統計；另外背景影像可以在很短的時間內建立出來，並且能夠利用已移去前景物的差異影像作不斷的更新，就算場景有巨大變化也能迅速建立出最新的背景影像。

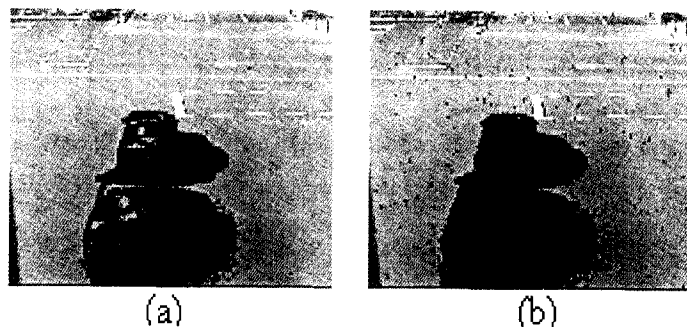
我們利用差異影像來建立背景影像，有下列幾項優點：

1. 改良漸進法：使用傳統漸進法時會將建構出來的背景影像稍加修正，使其趨近於目前影像，達到更

新的目的。我們的設計，可以避免因前景物所在的像素點與先前建立的背景像素不同，而使原本正確的背景影像受到影響，反而改變正確的灰階值。

2. 削弱攝影機震動的影響：戶外的交通監控攝影機通常架設在高處，如天橋、建築物、或高塔上，容易因為風吹或大型車量通過而震動。當攝影機震動時，同一位置點會落在影像中不同的位置上，當影像中的同一像素點代表了場景中不同的位置時，會被視為場景發生移動。此時建構背景影像時，會將這種震動視為前景物，在建構差異影像時將其移除，使得背景更新較不受震動的影響。

這種建構差異影像的方法除了可以應用於單色影像外，彩色影像因為各像點的灰階值範圍更大，會有更好的建置效果。圖十顯示了利用單色及彩色影像同一時間所建構出來的差異影像，可以發現因為單色影像的灰階值範圍較小，使得有些前景物的部分因為和背景灰階值類似，而被當作背景保留下來，而彩色影像則將前景物移除得相當完整。



圖十 (a) 以單色視訊影像所建立出來的差異背景影像  
(b) 以彩色影像所建立出來的差異背景影像

本研究所提出的方法雖然可以快速的更新背景影像，但也因為如此，使得短時間停留的前景物也會被當作背景建立起來，在某些應用(如十字路口監控)

時，會造成前景物偵測的困難。這種問題可以利用顏色區塊，與建構好的背景影像作判別來解決，這將是我們未來的研究方向。

## 參考文獻

- Long, W., & Yang, Y. H. (1990). Stationary background generation: an alternative to the difference of two images. *Pattern Recognition*, Vol. 23, No. 12, 1351-1359.
- Fathy, M., & Siyal, M. Y. (1995). An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real-time traffic analysis. *Pattern Recognition*, Vol. 16, 1321-1330.
- Stauffer, C., & Grimson, W. E. L. (2000). Learning patterns of activity using real-time tracking. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligenc*, Vol. 22, Issue: 8, Aug., 747-757.
- Lipton, A. J., Fujiyoshi, H., & Patil, R. S. (1998). Moving target classification and tracking from real-time video. *Proc. of Fourth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 8-14.
- Dailey, D. J., Cathey, F. W., & Pumrin, S. (2000). An algorithm to estimate mean traffic speed using uncalibrated cameras. *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 1, Issue: 2, June, 98-107.
- Lai, A. H. S., & Yung, N. H. C. (1998). A fast and accurate scoreboard algorithm for estimating stationary backgrounds in an image sequence. *Proc. of IEEE Int'l Symp. on Circuits and Systems*, Vol. 4, 241-244.
- Lim, D. W., Choi, S. H., & Jun, J. S. (2002). Automated detection of all kinds of violations at a street intersection using real Time individual vehicle tracking. *Proc. of Fifth IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation*, 126-129.
- Jung, Y. K., & Ho, Y. S. (1999) Traffic parameter extraction using video-based vehicle tracking. *Proc. of IEEE Int'l Conf. on Intelligent Transportation Systems*, 1999, 764-769.
- Gupte, S., Masoud, Martin, O. R. F. K., & Papanikolopoulos, N. P. (2002). Detection and classification of vehicles. *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, Vol. 3 Issue: 1, March, 37-47.
- Oron, E. (1999). Motion estimation and image difference for multi-object tracking. *Proc. of IEEE Conf. on Aerospace*, Vol. 4, 401-409.

## 作者簡介

王俊明，國立台灣師範大學資訊教育研究所碩士班研究生，目前任教於國立桃園農工職業學校。

Jung-Ming Wang is a student in the Graduate of Information and Computer Education of National Taiwan Normal University. He is also a teacher in the National Tao-yuan Agricultural & Industrial Vocational High School.  
e-mail: jmwang@mail.tyai.tyc.edu.tw

陳世旺，國立台灣師範大學資訊工程研究所教授。

Sei-Wang Chen is a Professor in the Department of Computer Science and Information Engineering at National Taiwan Normal University  
e-mail: schen@csie.ntnu.edu.tw

收稿日期：91年04月08日  
修正日期：91年06月25日  
接受日期：91年09月18日

# Progressive Background Image Generation

\*Jung-Ming Wang    \*\*Sei-Wang Chen

\* Department of Information and Computer Education  
\*\* Department of Computer Science and Information Engineering  
National Taiwan Normal University

## Abstract

Background images play an important role in the rapid extraction of foreground objects from their background scene. In this paper, a new technique of background image generation *via* the use of partial background images is presented. Partial background images are helpful in facilitating the progressive process of image extraction and may also eliminate the unstable effects of the camera's physical vibrations. In this method, histograms are utilized to record and trace the changes in intensity in order to determine the best background values. This procedure does not require a large space in which to store the image sequences, and it is fast since the constructing and updating processes can be performed simultaneously. Moreover, variations in illumination or in the weather may be tolerated during background image generation, and the method is applicable to both gray and color images. The feasibility of the proposed technique is strongly suggested by our experimental results, which are reported at the end of this paper.

**Keywords:** Partial background image    Progressive background generation    Image processing