

客觀評估雨滴偵測移除效果之研究

范尊閔

朝陽科技大學資訊工程系
413 台中市霧峰區吉峰東路 168 號
(04)23323000 ext 4538
emerynode@gmail.com

王德譽

朝陽科技大學資訊工程系
413 台中市霧峰區吉峰東路 168 號
(04)23323000 ext 4560
dywang@csie.cyut.edu.tw

摘要

日常生活中已隨處可見視訊監視系統，故行車紀錄器也因此漸漸普遍，但由於此類系統會很容易的受到天氣影響，如雨、霧與霾以及雪與冰雹等，故有許多關於偵測以及去除天氣影響的研究，其中又以去除雨滴以及雨絲為大宗，但大部分研究並無客觀之評估結果的方法，大多是以人眼決定好壞，故本論文提出一個新方法，此方法首先將雨滴隨機加入影像之中，再使用前述研究方法將其移除之後使用均方差、訊噪比以及峰值訊噪比等方法評估後即可取得客觀評估結果，且實驗結果也說明此方法是有效的。

關鍵詞：影像處理、雨滴移除、視訊監視系統。

Abstract

Video surveillance systems have been everywhere in daily life. Therefore driving recorder has gradually widespread. However, these systems would be very easy affected by the weather, such as rain, fog and haze, snow and hail. So there are many studies on the detection and removal of the weather. Among them, the removal of raindrops and rain for the bulk. However, most studies did not evaluate the results with objective methods, mostly of results were evaluated by the human eyes. Therefore, this paper proposes a method. First, the raindrops will be randomly added to the image. Then use the aforementioned methods to remove it. Finally, the objective results will be got by using MSE, SNR and PSNR. And the experimental results show that the method is effective.

Keywords : Image processing, raindrops removal, video surveillance systems.

1 前言

視訊監視系統已在目前的日常生活中隨處可見，如便利商店普遍使用的監視攝影機、用以記錄行車路況的行車紀錄器等，對於提升安全性或提供視訊紀錄有不錯的效果，但此類系統會受到天氣的因素而使結果變差，常見的天氣因素可分為兩種類型，穩態(如霧與霾)以及動態(如雨滴、雪與冰雹等)，在前項中雨滴發生的機率高於其他因素許多。在穩態的天氣中，其成分個體非常小(1-10mm)並且穩定地分散在空中，因此要藉由鏡頭來捕捉水滴個體是非常困難的。但在動態的天氣組成中，其構成水滴大小至少是穩態個體的1000倍。由於這種大尺寸，使得這些水滴的可以輕易地被鏡頭捕捉。但也是由於這些水滴可以輕易地被捕捉到所以經由行車紀錄器所取得之影像會明顯地受到天氣因素影響，故目前在去除雨滴的方面已有許多研究，如楊慶琳學者在2011年所發表的研究[1]，在該研究中提出一個可以偵測雨滴範圍並進行修補的方法，其研究也明確說明該方法並沒有客觀的評量方法，只是以人眼進行評量結果好壞與否，再加上其資料集是使用在雨天錄影視訊之截取圖檔，故也無法將第三方雨滴加上以取得客觀評量數據。

如同前面所提，不只是偵測以及移除雨滴的研究相當充足，雨滴模型的研究在目前也已有頗為豐碩的成果，如在 Garg 與 Nayar[2]的研究中，提出了可以精確偵測圖像中雨滴以及模擬雨滴的方法。而在 Kurihata 等人[3]的研究裡，他們使用機器學習法模擬背景為天空時的雨滴有很好的效果，但是在一般城市背景中會產生大量雜訊。也有研究使用光線追蹤法來模擬雨滴模型，此做法雖然可以得到準確的光影結構，但光線追蹤法的計算時間相當長，故 Cameron 等人[4]使用多個 DSP(Digital Signal Processor，數位訊號處理器)以求降低運算時間，但無法在動態環境下有好的結果。

雖然在檢測以及去除雨滴以及雨滴模型方

面的研究成果相當豐碩，但是單純爲了探討結果客觀性的研究卻相當稀少，故本篇將以楊學者的研究所提出的方法爲基礎，使用其提出的方法去除由本文所放上的第三方雨滴之後將結果進行評估。

本文在雨滴方面將使用 OpenGL[5]模擬外型，並在可容許的計算時間內在畫面上隨機位置產生隨機大小的雨滴以及使用 OpenCV[6]來處理圖像資訊，最後配合目前常見的影像評估方法如均方差(Mean Square Error, MSE)、訊噪比(Signal to Noise Ratio, SNR)以及峰值訊噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR)評估結果，雖在上述幾種方法中，最被廣泛使用的是峰值訊噪比，但爲使評量結果更加全面，故在此篇文章中將都會使用。在評量前者研究方法方面，首先會在完整無雨滴圖(原始圖)加上雨滴(雨滴圖)，再使用其方法去除與修補(完成圖)，最後將原始圖、雨滴圖以及完成圖使用上述方法加以評量，使前述研究結果得以客觀評量，而不是只有靠人眼判斷結果的好壞。

2 系統設計

如同前言所敘，本篇論文是以楊學者的研究爲基礎論述，其目的在於將第三方雨滴加進無雨滴圖像中，以及圖像處理完成之後與原圖的比較。故可分爲兩部分：雨滴模型以及影像評量。在雨滴模型部分將會敘述如何生成雨滴，影像評量部分會使用 MSE 以及 SNR 等影像評估方法將結果輸出。圖1爲簡單的系統流程圖。

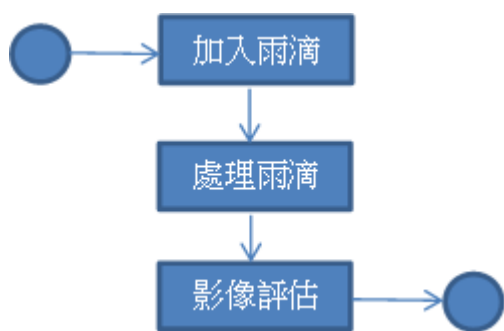


圖 1: 系統簡易流程圖

2.1 雨滴模型

在這一章節中將會說明如何生成雨滴，雨滴模型可以分爲外型以及內容兩個部分，在外型部分 Catherine C. Chuang 以及 Kenneth V. Beard[7]在1990年的研究中發表了雨滴外型的

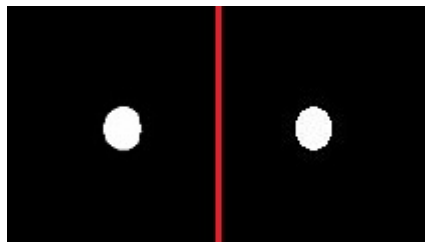


圖 2: 紅線左方：傳統公式雨滴；紅線右方：OpenGL 函式雨滴

繪圖數學式：

$$r(\theta) = a(1 + \sum_{n=0}^{10} C_n \cos(n\theta)) \quad (1)$$

其公式繪圖結果爲圖2左所示，由式子1中可顯而易見的是使用此算式所繪製之雨滴模型將會耗費大量的運算資源，原因是線段上的每一個點都必須做一次零到十的連續加法運算，故本文使用 OpenGL 函式[5]繪製雨滴模型(圖2紅線右方)，而繪製結果除使用人眼觀察之外也使用 MSE、SNR 與 PSNR 等方法對兩方進行評估，且評估結果(表1)也證明兩圖之間相差不大。在式子1中 a 爲雨滴半徑， C_n 爲失真係數，其值如表2中所示。在如何生成雨滴內部圖像方面，Garg 與 Nayar 兩位學者的研究中不只提到雨滴的外型如何模擬，也提出了通用魚眼變形所模擬的效果[2]具有極爲接近自然雨滴的結果，本文也將使用此方法。

表 1: 公式雨滴與函式雨滴相互評估結果

評估方法	評估結果
MSE	3.7
SNR	12.5
PSNR	42.5

2.2 影像評估

在此段中會簡單敘述此篇文章中會使用到的三個影像評估方法，均方差、訊噪比以及峰值訊噪比。

1. 均方差

均方差(Mean Square Error, MSE)，此方法是幾個常用的影像評估方法中的其中之一，求出來的值越小代表兩張圖之間的差異越小，代表品質越好，公式如下，其中 m 與 n 爲影像之長與寬。

$$MSE = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [f(i-j) - f'(i-j)]^2$$

表 2: 雨滴半徑以及失真係數[7]

		形狀係數($C_n \times 10^4$)										
a(mm)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5		-28	-30	-83	-22	-3	2	1	0	0	0	0
1.0		-134	-118	-358	-100	-5	17	6	-1	-3	-1	1
3.0		-843	-472	-2040	-240	299	168	-21	-73	-20	25	24
4.5		-1328	-403	-2889	-106	662	153	-146	-111	18	81	31

2. 訊噪比

訊噪比(Signal to Noise Ratio, SNR), 指得是影像中信號與雜訊的比值, 而雜訊的取得則是由複製影像以及輸入影像相減之後的差值, 與 MSE 一樣是針對影像的每一個像素點來計算, 但與 MSE 不同的是 SNR 的值越大代表雜訊越少, 兩張圖之間的差異越小, m 與 n 為影像之長與寬。

$$SNR = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [f(i-j)]^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [f(i-j) - f'(i-j)]^2}$$

3. 峰值訊噪比

峰值訊噪比(Peak Signal to Noise Ratio, PSNR), 經常用作圖像壓縮等領域中信號重建質量的測量方法, 利用影像信號的最大值與影像中雜訊的比值作為評估的標準, 其計算公式如下方程式, 其中分子表示圖像中像素點顏色之最大數值, 若每個像素點使用8位元表示, 那麼分子值即為 $(2^8 - 1)^2$ 。其中算出來的比值越大, 代表兩張圖片越接近, 結果越好, 通常結果值超過32人眼即難以分辨其差異。

$$PSNR = 10 \times \log \frac{(2^p - 1)^2}{MSE}$$

3 方法

在此階段中會分為雨滴模擬以及結果評估兩部分說明方法, 雨滴模擬部分會說明使用哪些 OpenGL 函式以及參數, 在結果評估方面, 由於楊學者的方法[1]會有誤判的情況發生(圖3), 圖中綠圈表示成功移除雨滴, 紅圈表示沒有偵測到雨滴而黃圈表示誤判, 所以在此文中將只會比較有移除成功的部分。

在雨滴的模擬方面, 可分為內部(圖像紋理)以及外部(形狀與位置)來討論, 雨滴模型的形狀以及位置是由下列三個 OpenGL 函式[5] glScalef、glTranslatef 以及 gluSphere 所負責, 其中函式 glTranslatef (表7)控制位置, 通過函式 gluSphere (表8)控制雨滴大小, 最後使

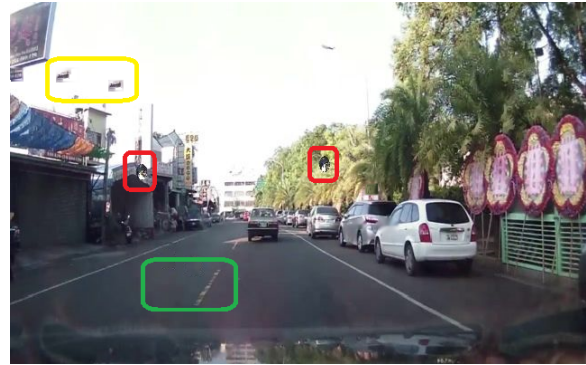


圖 3: 經過雨滴移除處理之結果: 綠框為成功處理, 紅框為判別失誤, 黃框為誤判

用函式 glScalef (表9)微調雨滴外形。雨滴內部資料使用 OpenGL 的紋理系統[5]載入經過魚眼變形[2]處理後的圖片資訊, 其圖像紋理主要經過 glBindTexture、glTexParameterf 以及 glTexImage2D 三個函式所控制, 其中使用 glBindTexture 函式將紋理與雨滴模型綁定, glTexParameterf 決定紋理類型, glTexImage2D 載入並將紋理顯示在雨滴模型上。

由於會有誤判(不應處理卻處理, 圖3中黃框部分)以及判別失誤(應處理卻未處理, 圖3中紅框部分)的情況, 故此文章中將會針對其研究有成功移除(圖3中綠圈)的部分進行影像評估。通過 OpenCV 的滑鼠事件[6]得知將要進行評估的座標, 將其導入 MSE、SNR 以及 PSNR 中, 即可得知結果。

4 實驗結果

在此節中將會說明模擬雨滴所使用函數中的參數, 以及提出圖片經過處理後之客觀評估數值。本文將提出四種雨滴模型, 數值以及結果如表3至6所示。由於為了方便程式處理, 故本文將雨滴位置以及外型固定, 數值如表7至表8中所述。

圖4(c)為處理完成之結果, 其中 A 點以及 D 點並沒有被程式所成功處理, 影像評估結果如表10中示, 其中 A 點以及 D 點由於判別失

表 3: 第一種雨滴模型之參數

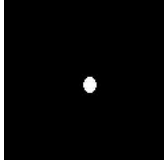
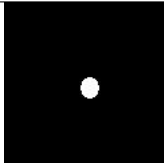
glScalef		1.22f	1.45f	1.5f
gluSphere	quadratic	0.07f	32	32
結果				

表 9: 函式glScalef(Sc1, Sc2, Sc3)

glScalef	A	B	C	D
Sc1	1.22f	1.22f	1.22f	1.22f
Sc2	1.45f	1.45f	1.45f	1.45f
Sc3	1.5f	1.5f	1.5f	1.5f

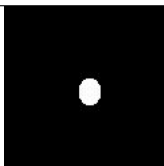
表 4: 第二種雨滴模型之參數

glScalef		1.22f	1.45f	1.5f
gluSphere	quadratic	0.095f	32	32
結果				



(a)原始圖

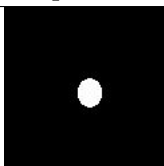
表 5: 第三種雨滴模型之參數

glScalef		1.22f	1.45f	1.5f
gluSphere	quadratic	0.12f	32	32
結果				



(b)雨滴圖

表 6: 第四種雨滴模型之參數

glScalef		1.22f	1.45f	1.5f
gluSphere	quadratic	0.03f	32	32
結果				



(c)結果圖

表 7: 函式glTransatrf(T1, T2, T3)

glTransatrf	A	B	C	D
T1	-2.0f	-1.0f	0.5f	3.0f
T2	-0.6f	1.2f	-1.1f	1.2f
T3	0.0f	0.0f	0.0f	0.0f

表 8: 函式gluSphere(quadratic, Sp1, Sp2, Sp3)

gluSphere	A	B	C	D
Sp1	0.1f	0.1f	0.1f	0.1f
Sp2	32.0f	32.0f	32.0f	32.0f
Sp3	32.0f	32.0f	32.0f	32.0f

圖 4: (a)圖為尚未經過加工之原圖；(b)圖為將雨滴加入(a)圖之結果，其中 A、B、C 以及 D 點為本文所加入之第三方雨滴；(c)圖為經過影像處理後之完成圖，其中 B 與 C 兩點為處理成功點

誤故其 MSE 值明顯大於 B 點以及 C 點，在 SNR 與 PSNR 方面 B 點和 C 點均高於 A 點以及 D 點。綜合以上所述，該研究處理成功部分在影像評估方面有不錯的結果。

表 10: 原始圖(圖4a)與完成圖(圖4c)之比較

	A	B	C	D
MSE	921.5	90.7	13.1	254.4
SNR	10.8	20.9	24.7	16.0
PSNR	18.4	28.5	36.9	24.0

5 結論

目前視訊監視系統由於大眾對於自身的安全越發重視，以及其價格趨於親人，故已逐漸普遍，然而此類系統會很容易地受到天氣影響而使效果變差，故移除天氣影響的研究也如雨後春筍般蓬勃發展，但其中大多數的研究幾乎是以人眼主觀印象判定其結果的好壞，以至於產生了缺乏客觀評估結果的問題。

本論文所使用之雨滴模型可隨機在影像中產生雨滴，其繪製雨滴外型之方法與 Catherine C. Chuang 以及 Kenneth V. Beard 兩位學者在1990提出的公式法[7]不同，文中使用 OpenGL 模擬外型[5]，其優點在於明顯地降低公式法的運算量。本論文搭配楊學者提出之方法，目的在於解決目前大多數移除雨滴影響之研究是用人眼判斷結果，使其好壞流於主觀判定而缺少客觀評估的問題。其實現方法為先將雨滴在影像中隨機位置產生，後使用該研究方法將雨滴去除後針對其成功處理部分使用 MSE、SNR 與 PSNR 等方法做客觀的評估，實驗結果表明本論文的方法是有效的。

參考文獻

- [1] 陽慶琳. 用於行進車輛視訊雨滴偵測與移除方法的研究. Master's thesis, 朝陽科技大學, 6 2011.
- [2] Kshitiz Garg and Shree K. Nayar. Photometric model of a rain drop. Technical report, Columbia University Technical Report, 2003.
- [3] H. Kurihata, T. Takahashi, I. Ide, Y. Mekade, H. Murase and Y. Tamatsu, and T. Miyahara. Rainy weather recognition from in-vehicle camera images for driver as-

sistance. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium.*, IEEE Press(205-210), 2005.

- [4] C.B. Cameron, R.N. Rodriguez, N. Padgett, E. Waluschka, G. Colon S. Kizhner, and C. Weeks. Fast optical ray tracing using multiple dsps. *IEEE TRANSACTIONS ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, 55(801-808), 2006.
- [5] Dave Shreiner The Khronos OpenGL ARB Working Group. *OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, Versions 3.0 and 3.1 (7th Edition)*. Addison-Wesley Professional, 7th edition, 2010.
- [6] Adrian Kaehler. Gary Bradski. *Learning OpenCV*. O'Reilly Media, 2008.
- [7] Catherine C.Chuang* and Kenneth V. Beard. A numerical model for the equilibrium shape of electrified raindrops. *Journal of the Atmospheric Sciences.*, 47(801-808), 1990.