

影像處理技術應用於動物發情駕騎動作之偵測

陳建興	陳軒碩	劉家亨
美和科技大學資訊 科技系 jameschen@meiho.edu.tw	美和科技大學資訊 科技系 D40214106@meiho.edu.tw	美和科技大學資訊 科技系 z3389238@gmail.com

摘要

在現有已開發的牛隻發情自動偵測系統中，都存在無法有效偵測所有的發情行為，只有全天候的影像監控錄影方式才可解決此問題，不過全時影像記錄結果需耗費大量的人力時間來檢視，若能透過自動化影像處理技術來判定發情的影像時間點，將可克服全時影像記錄的缺點。所以本研究以影像處理技術開發乳牛發情偵測系統，主要研究方法是將攝影鏡頭水平架設於一般牛隻身體高度以上的位置，並以此架設高度作為標定追蹤物體的搜尋範圍的分界線，即低於此高度的影像將不予考慮，只保留所要偵測的區域，使偵測背景影像單純化，有助於提升影像偵測的準確率，所以當有駕騎動作發生時，駕騎牛的身體必超過此分界線，透過所開發的影像處理平台將出現在偵測區域內前景牛隻從背景影像中分割出來，以此來判定有牛隻發情駕騎動作的發生，接著以人力檢視特定發情時間點的影像來辨識出發情牛，如此可有效改善全時監控錄影需耗時檢視的缺點。

關鍵詞：發情偵測、發情站立、影像處理

1. 前言

乳牛授孕成功率取決於是否在發情的適當時間點進行人工授精，然而人類無法像公牛般具備可偵測母牛發情的能力，所以無法正確判斷母牛發情的時間點，迫使人工授精的成功率無法提升，所以不適當的發情檢測會錯過配種時機，或讓母牛的受胎率降低，轉而導致胎距延長的大損失，最佳的人工授精時間是第一次站立發

情(standing heat)開始後的 8 到 12 小時內[1]，所以有效的發情偵測是酪農重要的獲利關鍵[2]。

乳牛在發情期間最特別明顯的徵狀就是站立發情(standing heat)，當發情牛被其他牛駕騎時，會有發情站立不動幾秒鐘的現象發生，站立發情的持續時間在個別的母牛和女牛之間差異很大，範圍約在 6~24 小時之間，平均持續時間為 16 個小時。若僅靠每天兩次或三次的 30 分鐘的目視觀察週期來監測這種特別的發情行為，約只有 12 至 19% 的發情牛可被發現的機會[3, 4]，主要原因是有超過 60% 的駕騎活動是發生於夜間至隔天清晨。

利用固定於背脊上靠近尾根處的電子式壓力感測裝置來監測站立發情是可取代人為目視的間歇式觀察的方法[1]。其中 HeatWatch[®] 系統具有無線傳輸功能的壓力感測裝置[5]，此裝置主要黏貼固定於尾部的骶骨部，當母牛被駕騎時，駕騎牛的體重會作用在這壓力感測器上，若作用時間超過 2 秒時，駕騎相關資訊會透過無線傳輸方式傳送至終端的管理系統，可記錄牛隻編號、日期、被駕騎的作用次數與時間，並評估每天的發情活動。這種發情偵測系統效率為 72%~94%。

不過此系統若使用於商業性農場時，其偵測率可能低於所期望的。主要原因有二：首先，飼養的畜舍環境對駕騎活動有很大的影響，在草場的環境下的發情駕騎次數會多於在開放式畜棚的環境[7, 8]。第二個原因是 HeatWatch[®] 系統的壓力感測裝置為了限制偽陽性(false positive)偵測的次數，系統設定須至少 2 秒才可驅動，這會造成系統靈敏度低於預期結果，因為每次駕騎

時間有高於 40%的機會是少於 2 秒[9]，若以 50 頭牛隻的飼養規模安裝駕駛偵測裝置的軟體與硬體費用約為 6600 美元。

牛隻發情另一個行為的變化就是活動量增加[4]，在發情行為中，若沒有科技的輔助下，是很難偵測到這種發情訊號，所以才有目前使用於牛場的自動化活動量偵測裝置的設計，目前主要有二種型式的活動量偵測裝置被使用，分別為繫於牛腳與牛頸部的裝置，其偵測效率會受到演算法內的閾值與參考週期設定的影響，這些裝置可連續記錄相關的活動量，並每隔固定時間內或利用設置於閘道口的接收器將資料無線傳送至資料庫管理系統，若以 50 頭牛隻的飼養規模安裝活動量偵測裝置的硬體費用約為 5000~6000 歐元，而軟體部分則需額外再付費，另外這些電子式穿戴裝置需考慮電力是否足夠的問題，所以需不斷的更換電池，而造成使用上的不便。

乳牛發情主要的行為特徵是發情站立，另有次要的發情行為特徵，包含挑釁、相互碰撞和互舔行為、彼此互相盤旋繞圈子，然後將下額靠在其他母牛的背脊靠近尾根處休息，這些行為在發情週期的任何階段都會發生，不過在發情時的出現頻率會增加。當發情偵測再考慮這些行為特徵並配合每天 3 次，每次至少 30 分鐘的目視觀察時間，其偵測效率可達 74~90%，不過這表示需要更多的人力時間投入，對一般人力缺乏的小規模畜場而言是有困難的。

若能藉由科技輔助就可簡化與縮短發情偵測的時間。而所有的發情行為都可由攝影影像記錄下來，He'treau et al. [12, 13] 開發一影像發情偵測軟體系統，可以連續拍攝記錄影像，透過影像處理的閾值設定，可只需針對牛隻有移動或互動行為明顯的影像進行檢視，所以第一年檢視時間約 24 分鐘/天，隨著閾值的調降，第三年檢視時間可降為 5 分鐘/天，其偵測效率僅達 81%，約與目視觀察的效率 82%相近。若僅包含兩個廣角攝影鏡頭的監測系統建置費用需 4000 歐元，監控鏡頭增加，費用也隨之增加。另外此系統只適合於觀測雙色

品種的乳牛，因為單色品種的牛隻無法由影像外觀來辨識出發情牛。

根據上述發情偵測技術的探討，現有已開發的牛隻發情自動偵測系統中，除了系統建置成本過高之外，也都存在無法有效偵測所有發情行為的缺點，只有全天候的連續影像記錄方式才可解決此問題，不過傳統的全時影像記錄需耗費大量的人力時間來檢視，若透過自動化影像處理技術來判定發情的影像時間點，即可克服全時影像記錄的缺點，而現有影像偵測發情技術的監測背景變化過於複雜，使偵測效率無法有效提升，所以背景影像的複雜度是影響偵測效率的關鍵因素。所以本研究將以靜態背景影像的影像處理技術來開發牛隻發情偵測系統，由於能單純化影像監測背景，將有助於影像偵測效率的提升。

2. 研究方法

本研究將以影像處理技術開發乳牛發情偵測系統，如圖 1 所示，主要研究方法是將攝影鏡頭(Camera#1)水平架設於一般牛隻身體高度以上的位置，並以此架設高度作為標定追蹤物體的搜尋範圍的分界線，即低於此高度的複雜影像將不予考慮，如此可將不相關的區域以及雜訊移除掉，只保留所要偵測的區域，如圖 2 所示，所以當有駕駛動作發生時，駕駛牛的身體必超過此分界線，透過影像處理技術可將出現在偵測區域內前景牛隻影像從背景影像中分割出來，以此來判定有牛隻發情動作的發生，並將該時間點記錄於發情偵測管理系統中。當系統判定牛隻發情之後，接著依據以不同視角所記錄的全時影像(Camera#2)，透過偵測系統的介面操作即可直接針對已確定發情時間點的影像，以人工檢視牛隻斑紋特徵或記號的方式來辨識出發情牛，如此可以改善全時監控錄影需耗費大量人力來檢視的缺點。

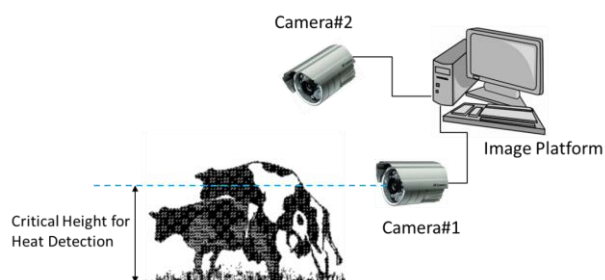


圖 1: 乳牛發情影像偵測系統架構圖



圖 2: (a) 原始影像 (b) 偵測區域示意圖

本研究將使用 C++ 並搭配 OpenCV 提供的函式庫來建構影像處理平台，提供一個可進行人機介面及系統層級規劃的驗證環境，進行影像分析與辨識的演算法必須針對影像擷取與物體判定輸出等問題加以處理。並使用可於 Linux、Mac、Windows 與 Embedded Linux 等系統架構中執行的可發展軟體套件 QT 作為視窗環境進行開發 [14, 15]。QT 是一個跨平台的 C++ 應用程式開發框架，使用 QT 開發的軟體，相同的程式碼可以在任何支援的平台上編譯與執行，而不需要修改原始碼。QT 廣泛用於需要 GUI 的程式，也可應用於開發非 GUI 程式。有別於以往的開發軟體，QT 的設計在分工上會執行得更有效率，可以提升監控軟體的演算法執行運算的速度，使影像偵測系統可以達到即時運作的目的。

本研究所發展的系統可分為硬體與軟體影像處理技術兩部分，硬體部分透過 QT 建構的影像處理平台並由攝影機 (Camera#1) 取得清晰的即時影像；軟體影像處理技術則對即時擷取的影像分析、物件判斷與情況判別。整個系統主要分成三個部分：影像擷取輸入、工作區域中前景物體的偵測與影像判定輸出。透過硬體與軟體的組合發展即時監視系統來實現牛隻發情駕騎動作的判定，藉由前端架構運算達到最佳的執行效率，其系統發展架構流程

如圖 3 所示。

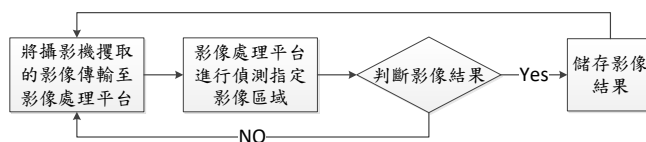


圖 3: 系統發展架構流程圖

3. 結果與討論

牛隻發情動作偵測主要是從偵測區域內的影像中，將駕騎牛擷取出來，主要的影像處理過程如圖 4 所示。由於本研究偵測區域是屬於靜止背景的環境，首先將影像讀入後，只偵測設定區域內的影像，如此可以提升影像處理的速度，然後把影像灰階化以減少影像處理的資料量，並利用影像分割將前景從背景影像擷取出來，然後濾除雜訊部分，剩下的影像再藉由影像二值化來凸顯出有變化的區域，最後影像檢測則是計算變化區域的面積，判斷區域面積大小，以此來判斷駕騎牛是否出現在影像中。本研究利用 OpenCV 所提供的影像函數庫來建構影像處理平台。本研究所採用的嵌入式系統為 Raspberry Pi 2 Model B，其包含 900MHz quad-core ARM Cortex-A7 CPU 與 1GB RAM。系統硬體配置如圖 5 所示。



圖 4: 牛隻發情動作偵測之影像處理流程

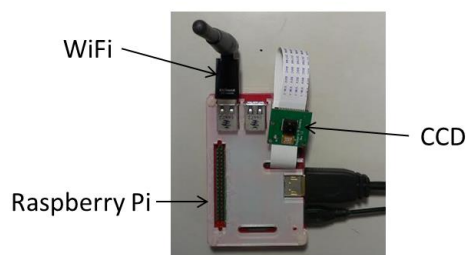


圖 5: 系統硬體配置

3.1 灰階轉換

彩色 CCD 攝影機取得的影像一般為 RGB 彩色影像，其每個影像圖素(pixel)皆由三個位元組所構成，分別為紅色(R)、綠色(G)、藍色(B)三種色彩資訊，每種色彩的

分佈範圍皆為 0~255。若直接對此影像作處理，會降低整個系統執行的速度。因此，本系統利用 OpenCV 提供的函數 `cvCvtColor()` 先將 RGB 彩色影像轉換成灰階影像，將影像以灰階強度來呈現，如此可以減少影像處理的資料量，提升運算的效率，如圖 6 與圖 7 所示。



圖 6:原始影像



圖 7:灰階影像

3.2 影像分割

本研究之監測環境是架構在靜態背景上，以背景模型差分法來偵測駕騎牛是否出現於偵測區內。背景模型差分法是利用固定不變的場景做為背景影像模型，透過掃描的方式將前景影像中的每個像素點與背景影像做相減，以得到差分畫面，使用此方法可以擷取出比較精確的移動目標物件區域，不會有相鄰影像畫面差分法所遇到的重疊及目標物件區域膨脹的問題，但隨著時間的推進，外部環境和光照常常會影響目標物件擷取的精準度，迫使背景模型必須不斷地更新。所以背景影像模型更新就是利用一段時間內取得的即時影像對已建立的背景影像模型進行迭代運算，經由時間的變化量分析影像的每個灰階值平均化，最後預估出新的背景模型，來適應環境的變化[18]。OpenCV 函式庫有提供函數 `cvRunningAvg()` 可自動更新背景及設定更新的速度，將一段影像的每個影像儲存，經由時間的變化量分析影像的每個灰

階值，將其平均化，最後預估出新的背景模型。利用背景模型差分法進行影像分割，以圖 8 為背景影像及圖 9 為前景影像，其分割結果如圖 10 所示。



圖 8:背景影像



圖 9:前景影像



圖 10:影像分割結果

3.3 濾除雜訊

影像中往往存在各種不同的雜訊，雜訊是獲得的影像像素值不能反映真實場景亮度的誤差。影像雜訊部分可以透過平滑濾波器如均值濾波器、中值濾波器與高斯等方式進行濾除[16, 17]。本研究將以中值濾波器來做空間濾波，它是一種非線性數字濾波器技術，原理是將鄰近區域像素值作排序，選擇排序的中值來取代臨域中心的像素值。它對於斑點雜訊(speckle noise)和椒鹽雜訊(salt-and-pepper noise)來說尤其有用，因此使用中值濾波器可以在不減小影像對比度情況下減小異常值的影響[19, 22]。

OpenCV 函式庫所提供的函數 `cvSmooth()` 具有各種濾波器的功能，可快速濾除影像雜

訊，例如參數 `CV_MEDIAN` 為中值濾波器，參數 `CV_GAUSSIAN` 為高斯濾波器。圖 10 影像分割結果分別用中值濾波器與高斯濾波器處理，其結果如圖 11 與圖 12 所示。



圖 11: 中值濾波器處理的結果



圖 12: 高斯濾波器處理的結果

3.4 二值化

為了減少處理物件影像的複雜度，使用影像二值化將物件從背景中切割出來，不僅可使物件影像單純化，也方便後續的影像處理。除了使用一般之臨界值二值化法外，本研究也將使用其他不同的二值化演算法，其目的不外乎降低環境光影變化的影響程度，及使所處理之目標物件明顯地從背景中區分出來。OpenCV 函數庫提供函數 `cvAdaptiveThreshold()` 與 `cvThreshold()` 可分別以適應性臨界值與 Otsu 演算法來計算出一個最佳閾值，然後根據這個閾值進行二值化，其結果如圖 13 與圖 14 所示。



圖 13: 適應性臨界值的二值化結果

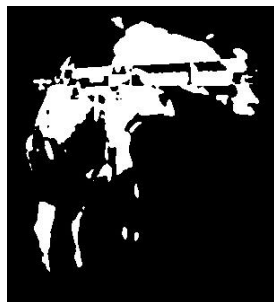


圖 14: Otsu 演算法的二值化結果

3.5 影像檢測

當影像二值化處理之後，計算偵測區域內物件 $B=b(i,j)$ 的面積，再以面積大小來判定駕騎牛是否在偵測區內出現。

OpenCV 函數庫提供函數 `cvContourArea()` 來計算整個物件輪廓的面積。根據 Otsu 演算法的二值化結果，如圖 14 所示，即可求得計算偵測區域內物件的面積。

4. 結論

在現有已開發的牛隻發情自動偵測系統中，都存在無法有效偵測所有的發情行為，只有全天候的影像監控錄影方式才可解決此問題，不過全時影像記錄結果需耗費大量的人力時間來檢視，若能透過自動化影像處理技術來判定發情的影像時間點，將可克服全時影像記錄的缺點。所以本研究以影像處理技術開發乳牛發情偵測系統，主要研究方法是將攝影鏡頭水平架設於一般牛隻身體高度以上的位置，並以此架設高度作為標定追蹤物體的搜尋範圍的分界線，即低於此高度的影像將不予考慮，只保留所要偵測的區域，使偵測背景影像單純化，有助於提升影像偵測的準確率，所以當有駕騎動作發生時，駕騎牛的身體必超過此分界線，透過所開發的影像處理平台將出現在偵測區域內前景牛隻從背景影像中分割出來，以此來判定有牛隻發情駕騎動作的發生，接著以人力檢視特定發情時間點的影像來辨識出發情牛，如此可有效改善全時監控錄影需耗時檢視的缺點。

致謝：本文為教育部計畫型獎助案之部份研究成果，計畫編號為 MH- 104- DIT -002- 104，特此致謝。

參考文獻

- [1] R.L. Nebel, M.G. Dransfield, S.M. Jobst, J.H. Bame, "Automated electronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle", *Animal Reproduction Science*, 60–61, (2000) 713–723.
- [2] Pecsok SR, McGilliard ML, Nebel RL, "Conception rates. 1. Derivation and estimates for effects of estrus detection on cow profitability", *J Dairy Sci* 77, (1994) 3008–3015.

- [3] Firk R, Stamer E, Junge W, Krieter J, "Automation of oestrus detection in dairy cows: a review", *Livest Prod Sci* 75, (2002) 219–232.
- [4] Roelofs J, Lopez-Gatius F, Hunter RH, van Eerdenburg FJ, Hanzen C, "When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects", *Theriogenology* 74, (2010) 327–344.
- [5] HeatWatch II[®], <http://www.cowchips.net/>
- [6] M Saint-Dizier and S Chastant-Maillard, Towards an Automated Detection of Oestrus in Dairy Cattle, *Reprod Dom Anim* 47, 1056–1061 (2012)
- [7] De Silva AW, Anderson GW, Gwazdauskas FC, McGilliard ML, Lineweaver JA, "Interrelationships with estrous behavior and conception in dairy cattle", *J Dairy Sci* 64, (1981) 2409–2418.
- [8] Britt JH, Scott RG, Armstrong JD, Whitacre MD, "Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows", *J Dairy Sci* 69, (1986) 2195–2202.
- [9] Walker WL, Nebel RL, McGilliard ML, "Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle", *J Dairy Sci* 79, (1996) 1555–1561.
- [10] J. Rodenburg and B. Murray, "Pedometry to Improve Reproduction", (2007)
- [11] Hockey C, Morton J, Norman S, McGowan M, "Evaluation of a neck mounted 2-hourly activity meter system for detecting cows about to ovulate in two paddock-based Australian dairy herds", *Reprod Domest Anim* 45, (2010) e107–e117.
- [12] He´treau T, 2008: Vide´osurveillance des chaleurs assiste´e par ordinateur. *Le Point Ve´te´rinaire* 283, 75–78.
- [13] He´treau T, Giroud O, Ponsart C, Gatien J, Paccard P, Badinand F, Bruye`re P, 2010: Simplifier la de´tection des chaleurs des vaches laitie`res graˆce a` la vide´osurveillance: une e´tude dans les races Montbe´liarde et Abondance. *Renc Rech Ruminants* 17, 141–144.
- [14] QT Project <http://qt-project.org/>
- [15] QT C++ GUI Tutorial
http://www.youtube.com/watch?v=8opfd5aYkq8&list=PLS1QulWo1RIZjrD_OLju84cUaUILRe5jQ
- [16] O. Masoud, N. P. Papanikolopoulos and E.Kwon, "The use of computer vision in monitoring weaving sections," *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, vol.2, no.1, pp.18-25, 2001.
- [17] R. Collins, A. Lipton, T. Kanade, H. Fujiyoshi, D. Duggins, Y. Tsin, D. Tolliver, N. Enomoto and O. Hasegawa "A System for Video Surveillance and Monitoring," *tech. report CMU-RI-TR-00-12, Robotics Institute, Carnegie Mellon University*, 2000.
- [18] 蘇家祥、王元凱, 淺談影像監控之背景建立技術, 電腦視覺監控產學研聯盟電子報 2005 年 3 月 第 2 期
http://vbie.eic.nctu.edu.tw/vol_2/skill_7.htm
- [19] 林思延, 2006, 霍普菲爾類神經網路應用於自動化半導體晶圓污損檢測, 國立雲林科技大學, 碩士論文
- [20] N. Otsu, "A Threshold Selection Method from gray-level Histograms." *IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics. vol. 9*, pp. 62–66, 1979
- [21] 謝宗廷, 2009, 三維圓柱曲面上的文字偵測與校正, 國立中央大學, 碩士論文
- [22] 穆紹剛, 數位影像處理, 台北: 台灣培生教育出版公司, 2003, 第 77–154 頁。