

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

太陽影像智慧處理追蹤技術研發
Development of Solar Image Tracking Technique via Artificial
Intelligence

計畫編號：1012001INER026

受委託機關(構)：國立成功大學

計畫主持人：林穎裕

聯絡電話：(06)2757575*63673

E-mail address：yinlin@mail.ncku.edu.tw

核研所聯絡人員：葉宏易

報告日期： 102 年 2 月 5 日

目 錄

目 錄.....	I
中文摘要.....	1
ABSTRACT	2
壹、計畫緣起與目的.....	3
一、計畫之具體成果	3
二、工作人員之訓練	3
貳、研究方法與過程.....	4
一、太陽影像處理步驟	錯誤! 尚未定義書籤。
(一) 影像擷取方法	錯誤! 尚未定義書籤。
(二) 全彩影像轉換	錯誤! 尚未定義書籤。
(三) 二值化及分割	錯誤! 尚未定義書籤。
(四) 影像雜點處理	錯誤! 尚未定義書籤。
(五) 影像中心計算	錯誤! 尚未定義書籤。
二、智慧型閾值下限選取	錯誤! 尚未定義書籤。
(一) 選取方法設計	錯誤! 尚未定義書籤。
(二) WAVB 與 f_{\min} 數值曲線.....	錯誤! 尚未定義書籤。
三、追日影像處理模組實測	錯誤! 尚未定義書籤。
(一) 戶外太陽影像擷取	錯誤! 尚未定義書籤。
(二) 結果與分析比較	錯誤! 尚未定義書籤。
四、追日馬達控制器設計與硬體模擬	錯誤! 尚未定義書籤。
(一) 硬體結構	錯誤! 尚未定義書籤。

(二) 太陽運動軌跡模擬裝置	錯誤! 尚未定義書籤。
(三) 馬達之輸入與輸出實測	錯誤! 尚未定義書籤。
(四) 控制器與控制法則	錯誤! 尚未定義書籤。
(五) 模擬實驗設置	錯誤! 尚未定義書籤。
(六) 結果分析	錯誤! 尚未定義書籤。
參、主要發現與結論	5
肆、參考文獻	6

中文摘要

本研究主要設計分析一個適應性智慧型的方法，增強數位相機擷取後的太陽影像清晰度，幫助影像處理步驟，估算照片中太陽的影像中心。不同的天氣情況變化下，太陽影像清晰度有時差異頗大，使得難以準確地計算太陽中心位置，進而影響太陽追蹤器的精準度，將有損 HCPV 系統的發電效率。本研究提出的方法整合影像處理步驟，在追蹤器中藉由疊代程序，並根據已知的太陽參考直徑，調整影像分離步驟中的閾值，以準確估算太陽的影像中心。太陽追蹤器所收到包含太陽影像的照片，需經過一系列的影像處理步驟來辨別、分離、並估算照片中太陽的影像中心。假使經過處理的影像參數，例如 HSL 的係數、太陽的直徑與顏色深淺，不夠精確理想，使得估算的太陽影像中心，產生超出預設範圍的誤差，則需重新調整閾值，並且整個影像處理步驟將隨之重複執行，以取得影像中心最佳估算結果。本報告以不同時間所拍攝的太陽影像，測試所設計的影像處理步驟，包含輸出結果與討論。所設計影像處理步驟的計算時間多少於 0.5 秒，並且在經過提高相機畫素的情況下，可以達到小於弧秒的估測的精確度。本研究另組裝一硬體模擬器，整合測試影像處理步驟與太陽影像追蹤機構，以了解可能出現之問題與真實世界操作時所需之考量。

Abstract

An intelligent and adaptive method is investigated in this research, which can be used to enhance the solar image after taken by a digital photo acquisition device. Due to different weather conditions, the clarity of the solar image may vary significantly and is difficult to be processed to obtain accurate solar center, which, in effect, compromises the output of the solar tracker, a vital module determining the efficiency of a HCPV power generation unit. Based on iterative procedures, the proposed method, integrating itself to the image processor in the tracker, evaluates the estimated image center based on known reference diameter of the sun and modifies the thresholds in the image isolation steps. The photo containing the solar image received by the processor goes through a series of procedures to identify, to isolate, and finally to estimate the center of the sun in the photo. If the estimated solar parameters, including HSL factors, diameter, and colors, are off from a set of preset references over a certain range, the thresholds are adjusted and the process is repeated. Actual solar images taken from different daytime sky were evaluated through the designed process and the results are included and discussed in the report. The image processing time can be less than half a second and the estimation accuracy can reach to less than an arc second depending on the number of pixels in the camera. Also, a set of hardware simulator is built to test the integration of the processor with the tracking mechanism for predicting any problem or consideration in the real-world operation.

壹、計畫緣起與目的

聚光型的太陽能發電系統，如果要將太陽光經過聚光透鏡或反射鏡永遠投射在晶片上，必須使用追日器材，將光學系統保持垂直對正於太陽的方向。因此在有效發電陽光的不同天候條件下，需隨時將 HCPV 準確對準日心，以產生最高的發電效率。在不同的天氣情況下，太陽影像清晰度變化明顯，使得難以準確地獲得太陽中心位置，進而影響太陽追蹤器的精準度，進而有損 HCPV 系統的發電效率。

本計畫主要以數位相機加裝濾光鏡與望遠鏡拍攝太陽影像，利用研發之適應性智慧型影像處理方法，將影像轉換為畫素(pixels)位址，求取太陽中心，作為聚光型太陽光電系統，追蹤太陽影像之閉迴路指向目標。以下列為本計畫完成之目標：

一、計畫之具體成果

1. 太陽位置計算及數位影像訊號處理模式，實際戶外追蹤方法建立；
2. 研發智慧影像訊號處理模式，增強太陽光追蹤器穩定且精確追蹤；
3. 提昇 HCPV 發電系統效率、降低太陽光追蹤器成本及維護費用；
4. 預計發表 SCI 期刊 1 篇。

二、工作人員之訓練

1. 影像拍攝擷取與處理硬體套件之組裝技術；
2. 智慧型影像處理及太陽中心估算程式設計程式撰寫方法；
3. 追蹤器基準勘定方法學習；
4. 硬體套件、估算程式、與控制律整合測試之經驗。

貳、研究方法與過程

參、主要發現與結論

實驗結果顯示，本研究所建構之影像處理技術，應用於追日模組，甚至是在太陽被雲層遮蔽的情況之下，對於估算太陽中心位置具有快速且高準確性地辨識能力。證明 f_{\min} 與 WAVB 的線性方程，用於偵測太陽影像和其邊界是非常有用的。此外，在於日心估計誤差的方面，可以參照太陽的平均視覺角。於本研究利用簡單且低成本的數位相機、影像擷取卡、個人電腦與電子元件進行整合，開發出一套閉迴路追日系統且具備高追蹤精度，對於往後追日系統商業化有相當的參考價值。

本研究在設計閉迴路追日方法應用於 HCPV 光電系統之追日模組，以 CCD 數位相機拍攝模擬太陽影像之運動，再利用影像處理技術估算太陽中心位置，擷取方位角與仰角所需之系統修正量，並由追日模組將太陽中心位置傳至本研究開發的步進馬達控制器與機構模組，修正追日誤差，作為未來實際系統操控之參考。

肆、參考文獻

1. Y.C. Tzeng: *The Technologies and Power Plant Application of Concentration Photovoltaics* (2010).
2. Araki, K., Kondo, M., Uozumi, H., Kemmoku, Y., Egami, T., Hiramatsu, M., Miyazaki, Y., Ekins-Daukes, N. J., Yamaguchi, M., Siefer, G., Bett, A. W. (2004) "A 28% efficient, 400× and 200 WP concentrator module," 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition.
3. Y.R. Tzeng: *Development of High Precision Image Tracking Technology Applied to HCPV Solar Power Generation System* (2011).
4. Cancro, C., Graditi, G., Leanza, G., Pascarella, F., Sarno, A., Mancini, D. (2007) "Field testing of the PhoCUS solar tracker by means of a novel optoelectronic device," 4th International Conference on Solar Concentrators for the Generation of Electricity or Hydrogen, San Lorenzo del Escorial, Spain, 12-16.
5. Hakenjos, A., Wüllner, J., Lerchenmüller, H., (2007) "Field performance of flatcon high concentration photovoltaic systems," 33rd IEEE photovoltaic specialists conference.
6. Shin, H. Y., Hong, H. F., Wu, C. H., Cheng, C., Tzeng, Y. C. (2007) "The development of a 5 kW HCPV system at INER," 4th Inter. Conf. on Solar Concentrators for the Generation of Electricity or Hydrogen, San Lorenzo del Escorial, Spain.
7. Luque-Heredia, I., Moreno, J.M., Magalhaes, P.H., Cervantes, R., Quemere, G., Laurent, O. (2007) "Inspira's CPV sun tracking," *Concentrator Photovoltaics*, Chapter 11, Springer-Verlag.
8. Stalter, O., Burger, B., Bacha, S., Roye, D. (2009) "Integrated solar tracker positioning unit in distributed grid-feeding inverters for CPV power plants," *Industrial Technology, 2009. ICIT 2009. IEEE International Conference* p. 1-5.
9. Xianqzhi, B., and Fuqen, Z., "Edge Detection Based on Mathematical Morphology and Iterative Thresholding," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Computational Intelligence and Security*, Vol. 2, pp. 1849-1852, Nov. 2006.

10. Yang, Y., Yuhua, P., and Zhaoquanq, L., "A Fast Algorithm for YCbCr to RGB Conversion," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 53, No. 4, pp. 1490-1493, Nov. 2007.
11. Davis, M., et al., "Machine Vision as a Method for Characterizing Solar Tracker Performance," 33rd IEEE, PVSC, 2008.
12. Lin, Y.Y. and Liao, M.Y., "Image Processor and Fuzzy PID Controller Design for Robot-Car Intercept Mission," Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, Vol.30, No.5, pp.401-408, 2009.
13. Arturo, Minor M. and Alejandro, Garcia P., "High-Precision Solar Tracking System," Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol. II, WCE 2010, June 30 – July 2, 2010, London, U.K.
14. T. D'Orazio, C. Guaragnella, M. Leo, A. Distanto, "A new algorithm for ball recognition using circle Hough transform and neural classifier". Pattern Recognition 37 (2004) pp.393-408.
15. 繆紹綱譯，普林斯頓國際有限公司，"數位影像處理"，2004年，pp.610-624.
16. G. Woods: Digital Image Processing (2nd Ed.), Prentice Hall, pp. 560-564 (2003).
17. O. R. Vincent and O. Folorunso: A Descriptive Algorithm for Sobel Image Edge Detection, Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (2009).
18. Wikipedia: dichotomy method (2012).
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E4%BA%8C%E5%88%86%E6%B3%95>