

Water Quality Analyses in Sun-Moon Lake Reservoir using Statistical Methods and Continuously Automatic Monitoring System

林焰映、林啟文

E-mail: 9314408@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The study analyzes hourly monitoring data samples of water quality in Sun-Moon Lake reservoir using statistical methods to investigate the characteristics of water quality for a pumped storage hydro power plant reservoir. The researchers have monitored 11 parameters during one year including: temperature, salinity, conductivity, total dissolved solid, resistivity, dissolved oxygen, pH, ammonium, nitrate, transmissivity, and chlorophyll-a. Water samples were collected by two continuously automatic monitoring systems installed in Lalu Island and an outlet zone for drinking water supply in the reservoir. Initially a nonparametric procedure was used to examine the difference of water quality between day and night's operation for hydro power generation. For detecting the possible intervention in the data a correlation analysis was conducted. Then, the 11 parameters were treated using factor analysis and cluster analysis to group the selected parameters according to common features. Finally, an autoregressive moving average (ARMA) model was applied to establish the relation of common factors and time, and the proposed model can be provided for future use in forecasting the trends of water quality for temporal change. Of the 11 parameters, only the daily and nightly means of dissolved oxygen (DO) and pH were found significant difference. Factor analysis for the water quality data renders four factors for water quality investigated in Lalu Island and an outlet zone for drinking water supply in the reservoir, respectively. Results from Lalu Island investigation indicate four factors including "turbidity factor", "nutrient factor", "eutrophication factor", and "pH factor", accounting for 89.05% of total variance. Results from investigation on an outlet zone for drinking water supply in the reservoir indicate four factors including "turbidity factor", "nutrient factor", "eutrophication factor", and "transmissivity factor", accounting for 86.63% of total variance. Water quality data in twelve months were grouped into three categories by cluster analysis. Results indicate they are no seasonal and cyclic patterns for both in Lalu Island and an outlet zone for drinking water supply in the reservoir. This research also proposes eight best ARMA models. The models were recommended for forecasting of water quality parameters for Sun-Moon Lake reservoir.

Keywords : Sun-Moon Lake reservoir ; factor analysis ; cluster analysis ; continuously automatic monitoring system ; ARMA model

Table of Contents

目錄封面內頁簽名頁授權書 iii	中文摘要 v	英文摘要 vii	誌謝 viii	目錄 ix	圖目錄 xi	表目錄 xiv
第一章 緒論 1	1.1前言 1	1.2研究目的 2	1.3研究內容與流程 3	1.3.1研究內容 3	1.3.2研究流程 4	第二章 文獻回顧 5
2.1日月潭水庫環境背景 5	2.2水庫優養化 13	2.3連續水質自動化監測系統 18	2.3.1水質自動監測的選擇 19	2.3.2水質自動監測站之種類 20	2.3.3水質自動監測站設置之目的及原則 24	2.3.4日月潭水質自動監測站設置 27
2.3.5水質自動監測站數據漂移分析 31	2.4水質監測數據之比對與驗證 36	2.5日月潭水庫水質相關研究 36	第三章 統計方法與原理 38	3.1統計方法概述 38	3.2因素分析 40	3.3群集分析 42
3.4時間序列分析 43	3.5應用統計軟體簡介 49	第四章 資料特性分析與統計分析 51	4.1日月潭水質樣本資料之來源與彙整 51	4.2日月潭水質變化趨勢分析 54	4.3相關係數分析 58	4.4因素分析 60
4.5群集分析 71	4.6時間序列分析 79	4.6.1拉魯島之時間序列分析 80	4.6.2自來水口之時間序列分析 90	第五章 結論與建議 101	5.1結論 101	5.2建議 103
參考文獻 105	附錄一 監測站維護時可能出現之障礙及其排除 107	附錄二 日月潭自動監測站水質變項之常態機率分佈圖 110	圖目錄 1-1	研究流程圖 4	圖2-1 日月潭水庫歷年度CTSI比較 12	圖2-2 日月潭水庫集水區之土地利用情形 13
圖2-3 flow-through自動水質監測站 20	圖2-4 in-situ自動水質監測站 21	圖2-5 self-contained自動水質監測站 22	圖2-6 日月潭水質自動監測站放置位置圖 29	圖2-7 日月潭自動監測站 29	圖2-8 水質自動監測站的操作架構及模式 30	圖3-1 統計分析之架構 39
圖4-1(a) 拉魯島水溫趨勢圖 55	圖4-1(b) 自來水水溫趨勢圖 55	圖4-2(a) 拉魯島導電度趨勢圖 56	圖4-2(b) 自來水導電度趨勢圖 56	圖4-3(a) 拉魯島阻抗趨勢圖 56	圖4-3(b) 自來水阻抗趨勢圖 56	圖4-4(a) 拉魯島鹽度趨勢圖 56
圖4-4(b) 自來水鹽度趨勢圖 56	圖4-5(a) 拉魯島總溶解固體物趨勢圖 56	圖4-5(b) 自來水總溶解固體物趨勢圖 56	圖4-6(a) 拉魯島溶氧趨勢圖 57	圖4-6(b) 自來水溶氧趨勢圖 57	圖4-7(a) 拉魯島pH趨勢圖 57	圖4-7(b) 自來水pH趨勢圖 57
圖4-8(a) 拉魯島葉綠素-a趨勢圖 57	圖4-8(b) 自來水葉綠素-a趨勢圖 57	圖4-9(a) 拉魯島透光度趨勢圖 57	圖4-9(b) 自來水透光度趨勢圖 57	圖4-10(a) 拉魯島NH4+趨勢圖 58	圖4-10(b) 自來水NH4+趨勢圖 58	圖4-11(a) 拉魯島NO3-趨勢圖 58
圖4-11(b) 自來水NO3-趨勢圖 58	圖4-12 拉魯島因素得點月平均之趨勢圖 70	圖4-13 自來水因素得點月平均之趨勢圖 70	圖4-14 拉魯島因素得點華德法之群集分析樹狀圖 72	圖4-15 拉魯島各類群與四因素之關係 74	圖4-16 自來水因素得點華德法之群集分析樹狀圖 76	圖4-17 自來水各類群與四因素之關係 78
圖4-18(a) 拉						

魯島混濁因子之ACF檢定 81 圖4-18(b) 拉魯島混濁因子之PACF檢定 81 圖4-18(c) 拉魯島混濁因子殘差之ACF檢定 83 圖4-19(a) 拉魯島營養鹽供給因子之ACF檢定 84 圖4-19(b) 拉魯島營養鹽供給因子之PACF檢定 84 圖4-19(c) 拉魯島營養鹽供給因子殘差之ACF檢定 85 圖4-20(a) 拉魯島優養因子之ACF檢定圖 86 圖4-20(b) 拉魯島優養因子之PACF檢定 87 圖4-20(c) 拉魯島優養因子殘差之ACF檢定 88 圖4-21(a) 拉魯島酸鹼因子之ACF檢定 89 圖4-21(b) 拉魯島酸鹼因子之PACF檢定 89 圖4-21(c) 拉魯島酸鹼因子殘差之ACF檢定 90 圖4-22(a) 自來水混濁因子之ACF檢定 91 圖4-22(b) 自來水混濁因子PACF檢定 92 圖4-22(c) 自來水混濁因子殘差之ACF檢定 93 圖4-23(a) 自來水營養鹽供給因子之ACF檢定 94 圖4-23(b) 自來水營養鹽供給因子PACF檢定 94 圖4-23(c) 自來水營養鹽供給因子殘差之ACF檢定 95 圖4-24(a) 自來水酸鹼因子之ACF檢定 96 圖4-24(b) 自來水酸鹼因子PACF檢定 97 圖4-24(c) 自來水酸鹼因子殘差之ACF檢定 98 圖4-25(a) 自來水透視度因子之ACF檢定 99 圖4-25(b) 自來水透視度因子PACF檢定 99 圖4-25(c) 自來水透視度因子殘差之ACF檢定 100 表 目錄 表2-1 日月潭水庫歷年總磷、總氮監測結果平均值統計 8 表2-2 日月潭水庫歷年之總磷滯留率 8 表2-3 日月潭水庫歷年之總氮滯留率 9 表2-4 1999至2001年度日月潭水庫水質監測狀況 11 表2-5 1993至2002年日月潭水質優養指數 12 表2-6 優養湖特徵 16 表2-7 台灣地區主要水庫歷年水質優養程度統計表 17 表2-8 台灣地區主要水庫優養指數歷年監測結果統計表 18 表2-9 flow-through自動水質監測站使用上之優缺點 21 表2-10 in-situ自動水質監測站使用上之優缺點 22 表2-11 self-contained自動水質監測站使用上之優缺點 23 表2-12 該研究自動水質監測站之優缺點 23 表2-13 連續水質監測系統裝設必須考慮之因素 26 表2-14 日月潭水質自動化監測系統各監測感應器的特性 31 表2-15 自動監測站pH與導電度之漂移值 33 表2-16 自動監測站氨氮與硝酸鹽氮之漂移值 34 表2-17 自動監測站葉綠素-a之漂移值 35 表3-1 時間序列之四種成份特性 47 表3-2 STATISTICA 6.0 建議硬體/軟體系統需求規格 50 表4-1 水質監測項目與代號對照表 51 表4-2 拉魯島無母數檢定 53 表4-3 自來水無母數檢定 53 表4-4(a) 拉魯島監測站相關係數表 59 表4-4(b) 自來水監測站相關係數表 60 表4-5 拉魯島監測站之因素分析(十一項變數) 61 表4-6 拉魯島監測站之因素負荷(十一項變數) 62 表4-7 拉魯島監測站之因素分析(不含temp) 64 表4-8 拉魯島監測站之因素負荷(不含temp) 64 表4-9 自來水監測站之因素分析(十一項變數) 65 表4-10 自來水監測站之因素負荷(十一項變數) 66 表4-11 自來水監測站之因素分析(不含temp) 67 表4-12 自來水監測站之因素負荷(不含temp) 68 表4-13 拉魯島92年度各月份之分群特性 74 表4-14 拉魯島監測站各類群水質監測項目之 平均值與範圍值 75 表4-15 自來水92年度各月份之分群特性 78 表4-16 自來水監測站各類群水質監測項目之 平均值與範圍值 79 表4-17 拉魯島混濁因子ARMA檢定 82 表4-18 拉魯島營養鹽供給因子ARMA檢定 85 表4-19 拉魯島優養因子ARMA檢定 87 表4-20 拉魯島酸鹼因子ARMA檢定 90 表4-21 自來水混濁因子ARMA檢定 92 表4-22 自來水營養鹽供給因子ARMA檢定 95 表4-23 自來水酸鹼因子ARMA檢定 97 表4-24 自來水透視度因子ARMA檢定 100

REFERENCES

- 參考文獻 1. 行政院環境保護署, 水庫監測與集水區污染防治規劃-台灣地區水庫水質評析與水質管理規劃, 1999。 2. 行政院環保署, 八十七年度水庫水質監測報告, 1999。 3. 行政院環保署, 八十八年度台灣地區主要水庫水質監測計劃, 2000。 4. 行政院環保署, 八十九年度台灣地區主要水庫水質監測計劃, 2001。 5. 行政院環保署, 九十年度台灣地區主要水庫水質監測計劃, 2002。 6. 行政院環境保護署, 水體水質監測資料庫, <http://alphapc.epa.gov.tw/envdatahome.html>。 7. 交通部觀光局日月潭國家風景區管理處, <http://www.sunmoonlake.gov.tw/sml/sitemap.htm> 8. 李漢鏗, 監測數據處理與應用, 民國89年3月。 9. 唐麗英、王春和著, 「STATISTICA與基礎統計分析」, 滄海書局, 民國91年。 10. 陳順宇、鄭碧娥著, 「統計學」, 華泰書局, 1998。 11. 許弘宜, 臺灣中部三水庫(明德、日月潭、德基)湖區浮游藻類之研究, 國立中興大學植物學系, 1992。 12. 梁文傑、張能復, 環境監測政策評析, 環境保護政策分析叢書(十), 1988。 13. 黃秀蓮、張大年、何燧源, 環境分析與監測, 科技圖書股份有限公司, 1994。 14. 黃俊英, 多變量分析, 中國經濟企業研究所, 1995。 15. 黃建源, 多變量統計方法在日月潭水庫水質管理之應用, 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文, 1999。 16. 經濟部水資源統一規劃委員會, 台灣地區重要水庫水質暨優氧化之研究, 1993。 17. 詹智全, 國內水庫優養化評估因子及藻類指標間之相關性研究, 中興大學環境工程研究所碩士論文, 2001。 18. 顏月珠著, 「統計學」, 三民書局, 民國87年。 19. 羅仁鈞, 日月潭水庫水質特性, 國立中央大學土木工程研究所碩士論文, 1984。 20. USGS, "Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Site Selection, Field Operation, Calibration, Record Computation, and Reporting", Reston, VA, US, 2000。 21. Yeasted, J. G. and Morel, F. M. M., "Empirical Insights into Lake Response to Nutrient Loadings, with Application to Models of Phosphorus in Lake", Environ. Sci. Tech., Vol. 12, No. 2, 195-201, 1978。