

水質指標模式之共線性分析比較研究

陳鴻烈^{(1)*} 蔡大偉⁽²⁾ 呂銘淵⁽³⁾

摘要

本研究主要目的在於探討水質指標模式之共線性，以協助集水區水質管理指標之選擇與監測。研究中選用淡水河流域為研究區域，在蒐集水質資料後，使用複迴歸分析法，分別建立 RPI (River Pollution Index)、WQI (Water Quality Index) 兩種水質指標之迴歸模式，然後再針對模式進行共線性分析，藉此了解水質指標模式之共線情形，並依據分析結果來比較兩個水質指標模式。研究結果顯示在 RPI 模式中，其組成參數具有顯著共線性，其中又以氨氮與凱氏氮之共線情形最為顯著；而在 WQI 分析結果則顯示此模式同樣具有顯著共線問題，同時檢定結果顯示氨氮與凱氏氮共線性最強。經過比較 RPI 與 WQI 之共線性分析結果後，兩模式均為顯著共線，且在共線參數的分佈上相當類似，均集中在氮營養鹽相關參數。在共線程度上，WQI 模式明顯較 RPI 嚴重，推測原因可能是 WQI 為了更完整解釋水質狀態，使用範圍較廣的參數所導致。針對模式共線性的解決方案，希望未來透過更深入的探討，以提出可減輕共線性並有效解釋水質之替代方案，協助選擇最佳水質指標。

(**關鍵詞**：RPI、WQI、共線性分析、集水區管理)

Comparison Study of the Water Quality Models by Collinearity Analysis

Paris Honglay Chen^{(1)*} *David D-W. Tsai*⁽²⁾

Professor⁽¹⁾ and Graduate Student⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, R.O.C.

Ming-Yuan Lu⁽³⁾

Staff⁽³⁾, Combined Logistics Quarterly Military Supplies Reserve Center, R.O.C.

ABSTRACT

The main purpose of this study was to compare the water quality models with collinearity

⁽¹⁾國立中興大學水土保持學系教授，通訊作者 e-mail: hlchen@dragon.nchu.edu.tw

⁽²⁾國立中興大學水土保持學系博士班研究生

⁽³⁾聯勤儲備中心參謀

analysis, which could be helpful for index selection and monitoring in watershed management. We selected the Dansuie River Watershed as a study site and collected all water quality data available. Multiple regression analysis was applied to build up the regression models in each water quality index: RPI and WQI. Each model was examined by collinearity analysis. The results could help us to compare these two water quality models. We found out several important results in this study: (1) In the RPI model, according to the analysis results there was significant collinearity in this model and the most collinear parameters were ammonia and Kjeldahl. (2) The result of the WQI model showed that high collinearity existed in the model and the strongest collinearity located at ammonia and Kjeldahl and (3) after comparing all the analysis results, both RPI and WQI models exhibited significant collinearity and the distribution of collinear parameters was very similar which concentrated on nitride parameters. WQI model had more serious collinearity than RPI because WQI applied larger range of parameters in order to offer better sensitivity in water quality. In the future, we will do further study on alternatives of reducing collinearity and keeping high explanation for choosing better index in water quality management.

(**Key words:** RPI, WQI, Collinearity analysis, Watershed management)

前言

在水土保持研究中，水資源保護與運用為中心議題之一，而台灣自然水體多數因過度開發而造成汙染；在水質管理上，水質指標為一經濟有效的管理工具，目前台灣最被廣為運用的指標為 RPI(River Pollution Index) 與 WQI (Water Quality Index) (楊雅梅，2001)，本研究透過由兩個指標所建構的複迴歸模式之共線性統計檢定，探討指標模式共線情形與解釋機制，模式選用相關性過高自變數所導致之共線性(collinearity)，將造成模式變數解釋力重疊，嚴重影響該模式解釋水質變化的能力及正確程度；另外模式共線性亦與模式選用參數個數相關，將決定其解釋涵括範圍，因此希望可藉由此研究結果，進一步了解水質指標，並做為應用水質指標時之指標解釋能力的提升，以提高管理效率，改善水體品質，使水資源可朝永續利用方向

發展。

理論分析

本研究使用共線性分析方法進行分析，以尋求水質指標複迴歸模式之解釋機制，並以分析結果為基礎，比較台灣兩個重要水質指標 RPI 與 WQI。

RPI 與 WQI 指標為台灣現行最常用的水質指標，其詳細算法可參考王善賢(2001)、吳冬齡(2002)、Brown et al. (1970)等的研究。

研究中所使用的共線性分析方法，共包括(1)複迴歸模式迴歸分析、(2)複迴歸模式自變數間相關分析、(3)容忍度(Tolerance)與變異數波動因素(Variance Inflation Factor)、(4)行列式值 (Eigenvalue) 與條件指數 (Condition Index)、(5)變異數比例(Variance Proportions) 等 5 類分析法，以上均為常用之共線性統計分析法，詳細相關理論與計算方法可參考姚

漢禱(2001)、羅慧芬(2006)、陳鴻烈、蔡大偉(2007)、周伯丞等(2008)、高明瑞等(2008)等文獻。

研究方法

本研究主要目的在探討水質指標模式之共線性，研究對象選擇現行最重要的兩個水質指標 RPI 與 WQI 進行研究。在研究區域的選擇上，本研究以淡水河流域為代表，因為此流域水質監測相關資料最豐富完整，且大台北都會區即位於此流域內，於台灣其重要性足具代表。

研究中以淡水河流域歷年水質監測資料為主，在考量各監測站地理位置與資料完整性後，選擇屈尺堰、華中橋、關渡與淡水河口等 4 個測站作為代表。鑑於各站建立時間不一，本研究探討時間定為民國 82 至 96 年間之水質變化，關於各水質參數的資料以及流域各段水質之研究可參閱陳鴻烈等(2009a)。

本研究期望透過複迴歸模式之共線性統計分析，來了解水質模式之共線程度，而 RPI 與 WQI 已被證實可用相關水質參數建構合理之複迴歸模式(陳鴻烈等，2009b)，而該研究所建立之模式即為本研究分析基礎，研究中共選用 5 類分析法進行共線性分析，最後以兩指標個別之分析結果為基礎，綜合比較 RPI 與 WQI，期以作為最佳水質指標選擇之參考。本研究之研究流程可參閱圖 1。

結果與討論

一、RPI

(一)複迴歸模式

本研究針對 RPI 之複迴歸模式進行共線性討論，RPI 模式已被研究可藉由電導度、溶氧、BOD、COD、大腸桿菌群、氨氮、總磷、凱氏氮等 8 個水質參數所建構，該模式經檢定達 5%顯著水準，為一合理模式， R^2 為 0.682(陳鴻烈等，2009b)。

(二)共線性分析

若複迴歸模式中具有嚴重共線性存在，則模式之可信度與解釋能力均會顯著下降(Maddala, 2005)，造成變數之間的概念區隔模糊與難以解釋(汪志忠、鄭雅云，2009)，因此必須透過共線性檢定，以瞭解複迴歸模式共線性程度。本研究主要透過前述 5 大類檢定方法來檢驗迴歸模式之共線性程度。

1.複迴歸模式迴歸分析

若複迴歸模式具高解釋能力，但迴歸係數檢定卻多數未達統計顯著水準時，表示模式受到共線性影響，自變數間解釋重疊性高，難以達到顯著水準(林慧姿等，2002)；若以此標準檢視 RPI 之複迴歸模型，其 R^2 值為 0.682，解釋能力甚佳，而其迴歸係數檢定結果顯示，模式中 8 個參數僅 BOD 達顯著水準(陳鴻烈等，2009b)，由此可知此複迴歸模型可能有嚴重共線性問題存在。

2.複迴歸模式自變數間相關分析

針對 RPI 複迴歸模式中所有自變數，進行互相間之相關性分析後，分析結果整理為表 1，由表中數據得知氨氮與凱氏氮相關性最強，其相關係數為 0.864。

為了更明顯得知哪些變數間具顯著相關性，本研究針對相關係數進一步進行檢定，檢定結果之 p-value 列於表 1 相關係數下方，以顯著水準 5% 為標準，可由表中數據得知呈顯著相關變數可分為兩組，(1)BOD 與大腸桿菌群、(2)電導度、溶氧、COD、氨氮、凱氏氮。

3. 容忍度與變異數波動因素

RPI 複迴歸模式之容忍度與變異數波動因素分析結果，可用表 2 表示，若容忍度值極小，則代表該參數可能與其他參數有共線性問題(Hair et al., 1998)，由表中數據得知並無特定水質參數值有極小狀態，相對較小值為氨氮(0.142)與凱氏氮(0.131)，推測原因為兩參數均為總氮之一環，因此具相當重疊性，

但程度並不嚴重。而當變異數波動因素數值大於 10 時，表示有明顯共線性存在(江立雯，2000；楊灌園、林頂立，2005)，檢視所有水質參數分析結果，其結果均小於 10，因此透過容忍度與變異數波動因素分析後，檢定結果顯示此複迴歸模式未具顯著共線性問題。

4. 行列式值與條件指數

將複迴歸模式進行行列式值與條件指數分析後，結果整理為表 3，表中行列式值數據顯示最小行列式值為 0.008，接近於 0，因此可能有共線性問題存在；而透過行列式值計算條件指數後，發現最大值為 30.574(>30)，因此證明此複迴歸模式具有中度共線性問題(Stevens, 1996；盧昆宏、曾進輝，2004)。

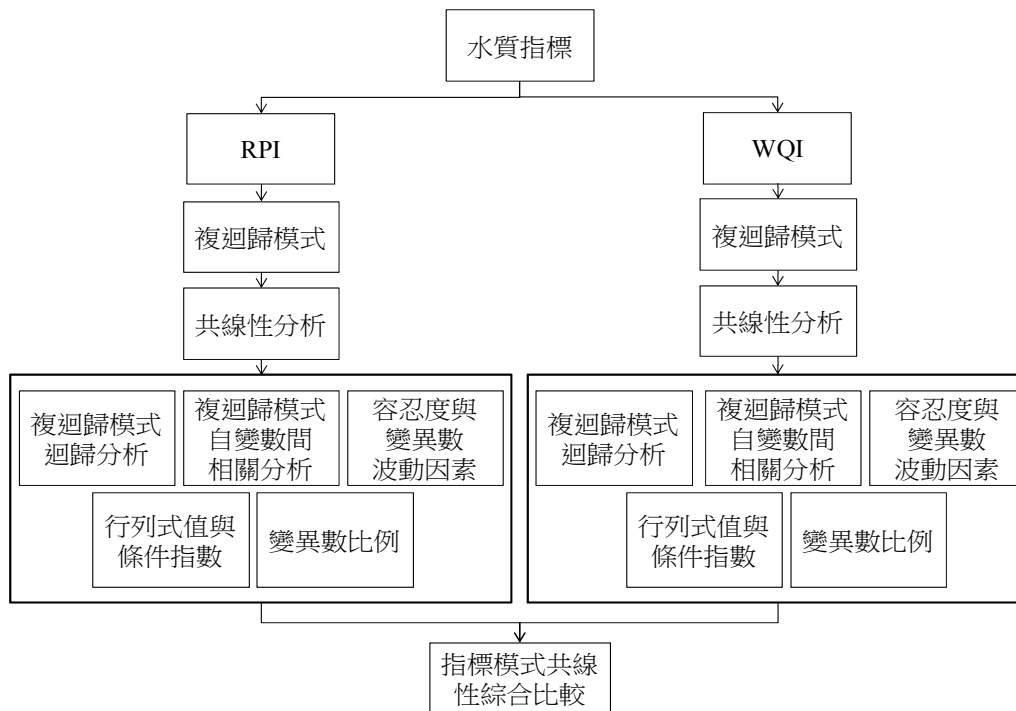


圖 1 研究流程圖

Figure 1. Overview of this study.

表 1 RPI 迴歸自變數間相關分析

Table 1 Correlation analysis among independent variables in RPI model.

變數	電導度	溶氧	BOD	COD	大腸桿菌群	氨氮	總磷	凱氏氮
電導度	1.000	-0.690 (0.001)	0.356 (0.124)	0.539 (0.014)	0.250 (0.287)	0.552 (0.012)	-0.016 (0.947)	0.720 (<0.001)
溶氧	-0.690 (0.001)	1.000	-0.274 (0.242)	-0.660 (0.002)	-0.207 (0.381)	-0.759 (<0.001)	0.025 (0.918)	-0.757 (<0.001)
BOD	0.356 (0.124)	-0.274 (0.242)	1.000	0.259 (0.270)	0.509 (0.022)	0.286 (0.221)	-0.164 (0.491)	0.355 (0.124)
COD	0.539 (0.014)	-0.660 (0.002)	0.259 (0.270)	1.000	0.036 (0.880)	0.741 (<0.001)	0.058 (0.809)	0.687 (0.001)
大腸桿菌群	0.250 (0.287)	-0.207 (0.381)	0.509 (0.022)	0.036 (0.880)	1.000	0.218 (0.356)	0.385 (0.094)	0.404 (0.077)
氨氮	0.552 (0.012)	-0.759 (<0.001)	0.286 (0.221)	0.741 (<0.001)	0.218 (0.356)	1.000	0.238 (0.313)	0.864 (<0.001)
總磷	-0.016 (0.947)	0.025 (0.918)	-0.164 (0.491)	0.058 (0.809)	0.385 (0.094)	0.238 (0.313)	1.000	0.206 (0.383)
凱氏氮	0.720 (<0.001)	-0.757 (<0.001)	0.355 (0.124)	0.687 (0.001)	0.404 (0.077)	0.864 (<0.001)	0.206 (0.383)	1.000

表 2 RPI 容忍度與變異數波動因素分析結果

Table 2 Results of tolerance and variance inflation for RPI model.

Variable	容忍度	變異數波動因素
Intercept	-	0
電導度	0.358	2.793
溶氧	0.272	3.671
BOD	0.471	2.121
COD	0.377	2.650
大腸桿菌群	0.360	2.777
氨氮	0.145	6.892
總磷	0.511	1.959
凱氏氮	0.131	7.659

表 3 RPI 行列式值與條件指數分析結果

Table 3 Results of eigenvalues and condition index for RPI model.

Number	行列式值	條件指數
1	7.463	1.000
2	0.827	3.005
3	0.413	4.252
4	0.135	7.431
5	0.080	9.634
6	0.033	15.092
7	0.028	16.280
8	0.013	23.558
9	0.008	30.574

5.變異數比例

複迴歸模式之變異數比例分析結果為表 4，由表中數據得知在第 8 列中氮氮數值為 0.727，凱氏氮為 0.728，兩水質參數數值同時大於 0.5，表示兩者有共線性關係(Katz et al., 2005)。氮氮與凱氏氮均為總氮之一環，且凱氏氮量測時亦包含氮氮，因此造成兩參數間具顯著共線性。

若將本研究得到之各種共線性檢定分析結果加以彙整，則可整理成表 5，由表中資料得知除了以容忍度與變異數波動因素分析時，無法檢定出此複迴歸模式具顯著共線性外，其他方法均指出此模式有共線性問題存在；而在所有自變數中，又以氮氮與凱氏氮之共線性最為嚴重，因此此模式需進一步進行消除共線性之分析，以提高模式正確性及解釋能力。

二、WQI

針對 WQI 的部份，研究中透過與 RPI 相同的分析過程，檢驗 WQI 模式之共線程度。

(一)複迴歸模式

將 WQI 與一般水質參數進行複迴歸分析後，可得到一合理模式，此模式可由 pH、電導度、溶氧、氮氮、總磷、硝酸鹽、凱氏氮等 7 個參數來組成，此模式經 F 檢定後，達 5%顯著水準，而 R² 等於 0.880(陳鴻烈等，2009b)。

(二)共線性分析

1.複迴歸模式迴歸分析

本研究所選擇以 WQI 為依變數之複迴歸全模式，其 R² 達 0.880，因此具有高度解釋能力，但於其迴歸係數檢定結果中，僅電導度與溶氧達 5%顯著水準(陳鴻烈等，2009b)，代表模式中自變數間可能具有共線性問題，多個變數解釋能力重疊性顯著，才導致迴歸係數值無法達到統計顯著水準。

2.複迴歸模式自變數間相關分析

將 WQI 複迴歸全模式之自變數兩兩進行相關分析，其結果整理為表 6，由表中數據得知在所有水質參數中，以氮氮與凱氏氮相關

程度最高，其相關係數為 0.864。在進一步進行相關係數檢定後，其檢定結果之 p-value 列於相關係數值下方，若以顯著水準 5% 作為標準，則由表中數據得知電導度、溶氧、氨氮、硝酸鹽、凱氏氮等 5 個參數互為顯著相關因子，此結果與使用 RPI 模式進行分析時結果相似(表 1)，其分析結果中有一組顯著相關參數群為電導度、溶氧、COD、氨氮、凱氏氮，不同僅在於呈顯著相關參數中，COD 替換為

硝酸鹽，硝酸鹽亦為總氮之重要一環，因此明顯與氨氮、凱氏氮相關，而電導度與溶氧均為水中環境基本要件，將影響總氮在水中之平衡狀態，因此亦為顯著相關。

3. 容忍度與變異數波動因素

將 WQI 複迴歸全模式進行容忍度與變異數波動因素分析後，分析結果整理為表 7，以表中容忍度分析結果來看，並無水質參數有

表 4 RPI 變異數比例分析結果

Table 4 Results of proportion of variation for RPI model

Number	變異數比例				
	Intercept	電導度	溶氧	BOD	COD
1	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
2	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
3	0.001	0.016	0.028	0.001	0.003
4	0.000	0.100	0.001	0.088	0.000
5	0.000	0.427	0.000	0.120	0.021
6	0.000	0.001	0.033	0.013	0.843
7	0.007	0.039	0.150	0.456	0.058
8	0.017	0.278	0.095	0.283	0.001
9	0.974	0.138	0.691	0.037	0.072
Number	變異數比例				
	大腸桿菌群	氨氮	總磷	凱氏氮	
1	0.001	0.001	0.001	0.000	
2	0.331	0.000	0.000	0.000	
3	0.030	0.015	0.009	0.006	
4	0.000	0.031	0.164	0.001	
5	0.001	0.055	0.076	0.000	
6	0.065	0.116	0.014	0.073	
7	0.168	0.014	0.466	0.189	
8	0.394	0.727	0.260	0.728	
9	0.010	0.042	0.010	0.001	

容忍度值特別低的情況，因此無顯著共線性；而若以變異數波動因素分析結果來檢視各水質參數，亦發現所有數值均小於 10，

所以總結容忍度與變異數波動因素分析結果，未證實此複迴歸模式具有顯著共線性問題。

表 5 RPI 模式之不同共線性分析法結果整理

Table 5 Results of different collinearity analysis for RPI model

分析法	共線情形/共線參數
複迴歸模式迴歸分析	√
複迴歸模式自變數間相關分析	BOD、大腸桿菌群
	電導度、溶氧、COD、氨氮、凱氏氮
容忍度	×
變異數波動因素	×
行列式值	√
條件指數	√
變異數比例	氨氮、凱氏氮

註：√：分析結果為模式中具有顯著共線性

×：分析結果為模式中不具有顯著共線性

表 6 WQI 迴歸自變數間相關分析

Table 6 Correlation analysis among independent variables in WQI model.

變數	pH	電導度	溶氧	氨氮	總磷	硝酸鹽	凱氏氮
pH	1.000	-0.158 (0.506)	0.244 (0.300)	-0.281 (0.230)	0.015 (0.949)	0.258 (0.272)	-0.406 (0.076)
電導度	-0.158 (0.506)	1.000	-0.690 (0.001)	0.552 (0.012)	-0.016 (0.947)	-0.707 (0.001)	0.720 (<0.001)
溶氧	0.244 (0.300)	-0.690 (0.001)	1.000	-0.759 (<0.001)	0.025 (0.918)	0.676 (0.001)	-0.757 (<0.001)
氨氮	-0.281 (0.230)	0.552 (0.012)	-0.759 (<0.001)	1.000	0.238 (0.313)	-0.631 (0.003)	0.864 (<0.001)
總磷	0.015 (0.949)	-0.016 (0.947)	0.025 (0.918)	0.238 (0.313)	1.000	-0.162 (0.496)	0.206 (0.383)
硝酸鹽	0.258 (0.272)	-0.707 (0.001)	0.676 (0.001)	-0.631 (0.003)	-0.162 (0.496)	1.000	-0.777 (<0.001)
凱氏氮	-0.406 (0.076)	0.720 (<0.001)	-0.757 (<0.001)	0.864 (<0.001)	0.206 (0.383)	-0.777 (<0.001)	1.000

表 7 WQI 容忍度與變異數波動因素分析結果

Table 7 Results of tolerance and variance inflation for WQI model

Variable	容忍度	變異數波動因素
Intercept	-	0
電導度	0.746	1.340
溶氧	0.334	2.998
氨氮	0.282	3.545
總磷	0.184	5.423
硝酸鹽	0.790	1.266
凱氏氮	0.334	2.998
電導度	0.117	8.530

表 8 WQI 行列式值與條件指數分析結果

Table 8 Results of eigenvalues and condition index for WQI model

Number	行列式值	條件指數
1	7.140	1.000
2	0.602	3.444
3	0.117	7.797
4	0.080	9.453
5	0.033	14.762
6	0.016	21.014
7	0.012	24.815
8	0.000	158.591

4. 行列式值與條件指數

針對 WQI 複迴歸模式進行行列式值與條件指數分析後，結果為表 8，檢視行列式分析結果可發現，在 Number 8 分析時，特徵值出現特別小的情況，其值趨近於 0，表示此時可能為特異矩陣，有共線性問題存在。而用特徵值計算條件指數後，同樣發現具有特高值，其值為 158.591(>100)，因此表示此模式具高度共線性。

5. 變異數比例

針對 WQI 模式之變異數比例分析結果，可整理為表 9，由表中數據檢視各參數共線性情形後，發現在 Number 6 分析時，氨氮與凱氏氮數值分別為 0.635 與 0.682，兩者均大於 0.5，表示此兩參數具顯著共線性，推論主要原因為兩參數量測中氨氮為重疊的部份，因此造成顯著共線性。

將針對 WQI 複迴歸模式之所有共線性檢定結果整理為表 10，由表中資訊得知，檢定中容忍度與變異數波動因素並未檢定出此模式具有顯著共線性，但其他檢定方法均證實

表 9 WQI 變異數比例分析結果

Table 9 Results of proportion of variation for WQI model

Number	變異數比例			
	Intercept	pH	電導度	溶氧
1	0.000	0.000	0.001	0.000
2	0.000	0.000	0.015	0.010
3	0.000	0.000	0.234	0.001
4	0.000	0.000	0.108	0.009
5	0.000	0.000	0.191	0.324
6	0.000	0.001	0.092	0.123
7	0.014	0.017	0.328	0.528
8	0.986	0.982	0.033	0.005
Number	變異數比例			
	氨氮	總磷	硝酸鹽	凱氏氮
1	0.001	0.002	0.001	0.000
2	0.014	0.000	0.018	0.006
3	0.043	0.301	0.004	0.000
4	0.147	0.379	0.111	0.002
5	0.003	0.283	0.339	0.103
6	0.635	0.019	0.301	0.682
7	0.135	0.000	0.215	0.010
8	0.022	0.017	0.012	0.197

此模式具共線性問題，其中條件指數更顯示出其共線性問題嚴重，因此彙整所有檢定結果後，顯示出此複迴歸模式確潛藏共線性問題，而在模式參數中，又以氨氮與凱氏氮共線性問題最顯著。

三、水質指標比較

在比較 RPI 與 WQI 模式之共線性分析結果後(表 5、表 10)，可以明顯發現兩個模式在共線性的表現上十分相似，兩者均有顯著共線情形，且呈現共線之模式參數亦為雷同，在自變數相關分析結果中，RPI 模式顯示出電

導度、溶氧、COD、氨氮、凱氏氮等 5 個參數具有共線潛勢，而在 WQI 模式分析結果中則在同一組參數將 COD 替換為硝酸鹽。另外在變異數比例分析中，兩個模式均指出最顯著共線的參數為氨氮與凱氏氮，因此兩個水質指標模式均顯示出模式的共線問題可能均來自於氮營養鹽相關參數。

在行列式值與條件指數分析結果中，雖然兩個研究模式均呈現顯著共線問題，但就共線程度而言，WQI 較 RPI 模式嚴重，其條件指數為 159，明顯高於 RPI 的 31，然而共

表 10 WQI 模式之不同共線性分析法結果整理

Table 10 Results of different collinearity analysis for WQI model

分析法	共線情形/共線參數
複迴歸模式迴歸分析	√
複迴歸模式自變數間相關分析	電導度、溶氧、氨氮、硝酸鹽、凱氏氮
容忍度	x
變異數波動因素	x
行列式值	√
條件指數	√
變異數比例	氨氮、凱氏氮

註：√：分析結果為模式中具有顯著共線性

x：分析結果為模式中不具有顯著共線性

線性嚴重之水質指標模式並非代表其解釋水質能力較差；經過比較 RPI 與 WQI 之迴歸分析結果後，發現 WQI 明顯含括範圍較廣，並且可以解讀較多的水質資訊，相較於 RPI 可更完整的解釋水質狀態(陳, 2009b)，而較完整的解釋能力，常會伴隨共線性的增加，因此 WQI 模式共線程度較 RPI 顯著。

結論與建議

本研究在針對 RPI 水質指標模式進行共線性分析後，證實此模式具有顯著共線性，嚴重程度為中等，而具顯著共線潛勢的水質參數為 BOD、大腸桿菌群，以及電導度、溶氧、COD、氨氮、凱氏氮等兩組參數，其中又因為量測方法的原因，氨氮與凱氏氮之共線情形最為顯著。

在經過與 RPI 模式相同的共線檢定過程後，WQI 模式同樣顯示出模式組成參數具明

顯共線情形，且為嚴重共線，而最具共線潛勢之參數組包括有電導度、溶氧、氨氮、硝酸鹽、凱氏氮等參數，而在這 5 個之中又以氨氮與凱氏氮之共線性最明顯。

在逐一比較 RPI 與 WQI 模式之共線檢定結果後，發現兩模式有相似共線情形，均呈顯著共線，而在模式中共線參數的分佈上，亦有相當類似的情形，均集中在氮營養鹽相關參數。雖然在共線程度上，WQI 模式明顯較 RPI 嚴重，但推測其原因可能是 WQI 為了更完整解釋水質狀態，使用範圍較廣的參數所導致，而針對模式共線性的解決方案，本團隊未來將進行更深入的探討，希望在減輕共線性與有效解釋水質上取得最佳平衡，協助選出最佳水質指標。

參考文獻

1. 王善賢(2001)，「台灣地區河川水質狀態

- 指標之建立」，碩士論文，台灣大學。
2. 江立雯(2000)，「電子業的影響因素之研究—以台灣地區上市電子業為例」，碩士論文，中央大學。
 3. 吳冬齡(2002)，「歷年河川水質監測數據之污染程度分析—以中港溪為例」，碩士論文，台灣大學。
 4. 汪志忠、鄭雅云(2009)，「我國縣市長選舉投票率之研究：社會經濟指標之分析」，2009年會暨全球化下新公共管理趨勢與挑戰—理論與實踐國際研討會，第1~12頁。
 5. 周伯丞、江哲銘、張桂鳳、何加欽、簡惠瑜(2008)，「智慧環控空間之室內人員感知滿意度調查研究」，“人本智慧生活科技”，2008數位生活科技研討會，Session 7B-3，第1~10頁。
 6. 林慧姿、張嘉容、黃春松、廖莘邁(2002)，「統計學」，新科技書局出版，台北縣。
 7. 姚漢禱(2001)，「多元逐步迴歸分析在體育研究上的應用」，中華民國大專院校九十學年度體育統計研討會，第36~65頁。
 8. 高明瑞、黃義俊、張乃仁(2008)，「綠色創新能力對組織環境績效之影響」，遠東學報，第二十五卷，第二期，第191~202頁。
 9. 陳鴻烈、蔡大偉(2007)，「不同優養水質共線性分析及模式選擇之研究」，水土保持學報，第三十九卷，第三期，第229~246頁。
 10. 陳鴻烈、蔡大偉、呂銘淵(2009a)，「最佳水質指標選擇之研究」，農林學報(印行中)。
 11. 陳鴻烈、蔡大偉、呂銘淵(2009b)，「應用迴歸分析法於最佳水質指標選擇之研究」，農林學報(審查中)。
 12. 楊雅梅(2001)，「台灣水庫集水區水質指標與管理系統建立之研究」，碩士論文，台灣大學。
 13. 楊灌園、林頂立(2005)，「有機畜產品消費者行為之探討—以準有機雞為例」，2005年第三屆管理思維與實務學術研討會論文集，第III-247~III-255頁。
 14. 盧昆宏、曾進輝(2004)，「以6 σ 之推動因素與執行效益間之關聯性研究」，陸軍官校八十週年校慶綜合學術研討會論文集研討會，第2-1~2-11頁。
 15. 羅慧芬(2006)，「空氣資源中臭氧變化之系統分析研究」，碩士論文，中興大學。
 16. Brown, R.M., N.I. McClelland, R.A. Deininger and R.G. Tozer (1970), "A water quality index - do we dare?", Water Sewage Wks, 117: 339-343.
 17. Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham and W.C. Black, (1998), "Multivariate data analysis", Tulsa, OK: Petroleum.
 18. Katz, A., M. vom Hau and J. Mahoney (2005), "Explaining the Great Reversal in Spanish America: Fuzzy-Set Methods Versus Statistical Methods", Department of Sociology, Brown University.
 19. Maddala, G. S. (2005), "Introduction to Economics", 3rd Edition, Wiley.

20. Stevens, J. (1996), "Multiple regression, applied multivariate statistics for the social science", 3rd ed., NJ., Lawrence Erlbaum, pp.64~150.

98年09月15日收件

98年09月24日修改

98年11月10日接受

水土保持學報 42(1) : 35-48 (2010)

Journal of Soil and Water Conservation, 42(1) : 35-48 (2010)