

利用灰關聯度對灌溉用水之產品產量之預測－以花蓮縣稻米為例

陳鈞華⁽¹⁾、宋建明⁽²⁾、甘俊二⁽³⁾

⁽¹⁾屏東科技大學土木工程系副教授、水利技師

⁽²⁾屏東科技大學土木工程系博士生

⁽³⁾七星農田水利基金會董事長、水利技師

摘要

分別對花蓮縣蓬萊(Japonica Rice)、在來(India Rice)、長秈(India Rice (Long))、圓糯(Glutinous Rices of Japonica Type)稻米 4 種品種對總產量的關聯度分析產量，利用灰色系統 GM(1,0)分析 5 個因子之間的動態關係，建立一個穩定可靠的花蓮縣主要稻米品種對總產量的平衡模式，模擬至 2015 年的動態變化曲線圖。可提供花蓮縣在於規劃決策稻米產量問題時的參考依據，並可節省調查的時間、人力和金錢。

關鍵詞：花蓮縣、灰色系統、稻米產量預測。

一、研究動機目的

以花蓮縣為例不同的稻米品種可能會顯著的影響稻米總產量，由於自 1920 年代國際粳型水稻引入花蓮縣後，成為世界上能夠在低緯度栽培各種水稻的地區。花蓮縣由調查得知主要栽培的水稻分別為蓬萊、在來、長秈、圓糯等 4 種品種，由於

花蓮縣為台灣主要穀倉之一，然而台灣又以稻米為主食，如因天候劇變、乾旱限水時等因素產生時，其如何增加和限制什麼品種的稻米產量，自然暫居的國家重要決策之一。故藉此研究探討在花蓮縣稻米品種產量和總產量的關係性。

二、理論及方法與步驟

2.1 灰色理論 GM(1,N)模型

本研究以花蓮縣主要4種稻米產量統計（1998～2008）為推估參考數據。藉由 GM(1,N)模型，推估其主要稻米品種對總產量發展影響情況。由本研究有5個因子，分別為蓬萊(Japonica Rice)、在來(India Rice)、長秈(India Rice (Long))、圓糯(Glutinous Rices of Japonica Type)和總產量，並以 X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 表示，由其中： X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 因子均為獨立發展，可建立出

可預測 X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 的GM(1,1)模型：

$$dx_1/t = -a_{11} * x_1 + u_1 \dots\dots\dots(1)$$

$$dx_2/t = -a_{22} * x_2 + u_2 \dots\dots\dots(2)$$

$$dx_3/t = -a_{33} * x_3 + u_3 \dots\dots\dots(3)$$

$$dx_4/t = -a_{44} * x_4 + u_4 \dots\dots\dots(4)$$

$$dx_5/t = -a_{55} * x_5 + u_5 \dots\dots\dots(5)$$

聯立後可建立的公式：

$$\frac{dX}{dt} = AX + U \dots\dots\dots(6)$$

其中由矩陣表示之聯立常微分方程式：

陳鈞華、宋建明、甘俊二《利用灰關聯度對灌溉用水之產品產殘量之預測》以花蓮縣稻米為例》

$$\begin{bmatrix} dx_1/t \\ dx_2/t \\ dx_3/t \\ dx_4/t \\ dx_5/t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -a_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -a_{33} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -a_{44} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -a_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(7)$$

可利用matlab軟體中，(Runge-Kutta,1900)「RK4」或稱為「龍格庫塔法, classical Runge-Kutta method」求解常微分方程式令初值問題如下式：

$$y' = f(t, y), y(t_0) = y_0 \dots\dots\dots(8)$$

則 RK4 為以下方程所示：

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \dots\dots\dots(9)$$

其中

$$k_1 = f(t_n, y_n);$$

$$k_2 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1);$$

$$k_3 = f(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2);$$

$$k_4 = f(t_n + h, y_n + hk_3)$$

下一個值(y_{n+1})為現在的值(y_n)加上時間間隔(h)和一個估算的斜率的乘積。該斜率是以下斜率的加權平均，當四個斜率取平均時，中點的斜率有更大的權值：

$$slop = \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6} \dots\dots\dots(10)$$

k_1 是時間段開始時的斜率；

k_2 為時間段中點的斜率，通過歐拉法採用斜率 k_1 來決定 y 在點 $t_n+h/2$ 的值；

k_3 是中點的斜率，採用斜率 k_2 決定 y 值；

k_4 是時間段終點的斜率，其 y 值用 k_3 決定。

2.2 灰色系統關聯度理論

1.首先確定參考數列和比較數列，反映系統行為特徵的數列為參考數列，影響系統行為因素所排列之數列為比較數列。

設 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, \dots, X_n$ 為 n 個因素，其數據反映各因素變化特性之時間序列為 $X_0(t), X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_n(t), t=1, 2, 3, \dots, m$ 。其中 $X_0(t)$ 為參考數列， $X_1(t), X_2(t), X_3(t), \dots, X_n(t)$ 為比較數列。

2.原始數列需進行標準化處理程序，去除無因次。分別用每一個數據的平均值除以其他原始數據，得到一個新數列，標準化後之計算表達公式方式：

$$X_i(t) = \frac{X_i(t)}{X_i} \quad , \quad i=0, 1, \dots, n; t=1, 2, \dots, m \quad .$$

$$X_i = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m X_i(t)$$

3.灰色關連系數和關聯度。參考數列與比較數列的關聯係數和關聯度公式：

$$L_{oi}(t) = \frac{\min_i \min_t |X_0(t) - X_i(t)| + \rho \max_i \max_t |X_0(t) - X_i(t)}{|X_0(t) - X_i(t)| + \rho \max_i \max_t |X_0(t) - X_i(t)} \quad \dots(1)$$

1) $r_{oj} = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m L_{oi}(t)$ 。式中 $L_{oi}(t)$ 對 $X_0(t)$ 的關聯係數， ρ 為分辨係數，取值範圍為 0~1，本研究取 0.5； r_{oj} 為比較數列與參考數列的關聯度，是各關聯係數的平均值。關聯度越大越大表示對該因子影響性越大。

4.數據處理和分析結果。

陳鈞華、宋建明、甘俊二《利用灰關聯度對灌溉用水之產品產殘量之預測，以花蓮縣稻米為例》

三、結果與討論

3.1 灰色系統求解方程式結果說明

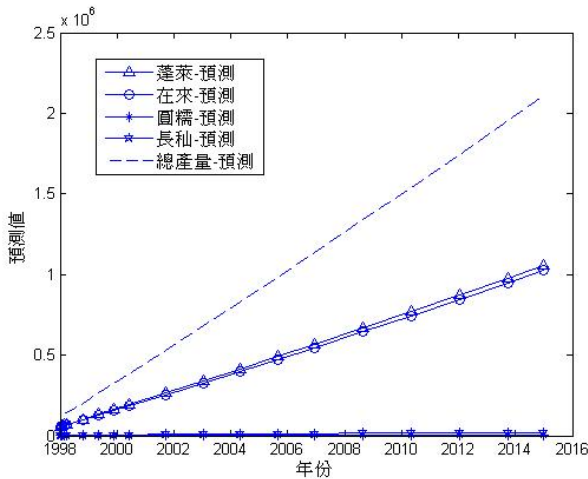
首先利用灰色系統求解出聯立常微分方程式，如下：

$$\begin{bmatrix} dx_1/t \\ dx_2/t \\ dx_3/t \\ dx_4/t \\ dx_5/t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0066 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0096 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.1700 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -0.0427 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0066 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.5507 \\ 0.5211 \\ 0.0074 \\ 0.0166 \\ 1.1006 \end{bmatrix}$$

可分別求得：

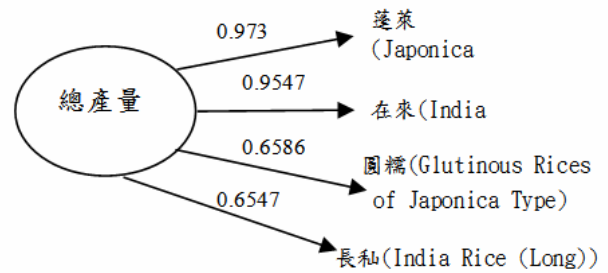
$$\begin{aligned} X_1(t+1) &= -83.44 + 57773 * e^{0.0066t} \\ X_2(t+1) &= -54.28125 + 54893.99925 * e^{0.0096t} \\ X_3(t+1) &= 0.17 + 565.16 * e^{-0.0427t} \\ X_4(t+1) &= 0.39 + 1951 * e^{-0.0427t} \\ X_5(t+1) &= -166.76 + 115546 * e^{0.0066t} \end{aligned} \quad (12)$$

以並以 matlab 軟體做出其預測圖形變化如下所示：



3.2 灰色系統求解關聯度分析結果

首先對蓬萊，在來，長秈，圓糯之花蓮縣種稻米 4 種品種對總產量的關聯度分析。蓬萊(Japonica Rice)、在來(India Rice)、圓糯(Glutinous Rices of Japonica Type)、長秈(India Rice (Long))對總產量的關聯度分別為：0.9730>0.9547>0.6586>0.6547。



接續，因為蓬萊米如果種得好價格又賣得不錯的話，其他 3 種米自然下一年度產量就會較少，所以推論 4 種稻米的產量間會有相互間的影響關係，以下為分別對不同品種的關聯度分析。

- 1.在來、圓糯、長秈和總產量對蓬萊產量關聯度分別為：0.9695 > 0.3592 > 0.3635 > 0.3583。
- 2.蓬萊、圓糯、長秈產量和總產量對在來產量關聯度分別為：0.9705 > 0.3765 > 0.3810 > 0.3568。
- 3.蓬萊、在來、長秈產量和總產量對圓糯產量關聯度分別為：0.5196 > 0.5298 > 0.9963 > 0.3490。
- 4.蓬萊、在來、圓糯產量和總產量對長秈產量關聯度分別為：0.5220 > 0.5324 > 0.9963 > 0.3490。

陳鈞華、宋建明、甘俊二《利用灰關聯度對灌溉用水之產品產殘量之預測，以花蓮縣稻米為例》

四、結果與建議

1. 運用灰色系統理論，根據花蓮縣主要稻米 4 種品種產量和實際稻米總產量進行黑色關聯性分析得到的灰色關聯度，能夠更能以科學的角度合理的解釋稻米 4 種品種產量和實際稻米總產量的內在關係，有利於提高未來產量評估控制的精確性。本研究結果顯示出，排除人為誤差（估算實際產量），蓬萊和在來為主要影響實際總產量的因素，因此在評估下一年度的總產量時，需要特別注意蓬萊米和在來米的稻米產量。
2. 運用灰色關聯度分析法可以針對不同環境下的總產量和不同品種的稻米產量進行具體分析，以便採取相應的技術措施，針對本研究而言，應特別注重蓬萊和在來的品種選擇，以便可以渡過未來氣候劇烈變遷時的低產量，而嚴重影響稻米總產量。
3. 灰色關聯度系統分析方法，其結果表示可直覺式的判斷其主要關係。其實際分析的數據是建立在 4 種品種產量(定量)的基礎上，有較強的比較、可靠特性，可快速找出主要重視和改良的方向，並可利用極少的數據更細部的提出稻米品種改良後和可提升總產量的合理、直接的科學依據。
4. 在評估不同的參考數列時，因比較數列不同、單位上的差異、數據龐大等因素可能會出現剛性矩陣無法順利求解的結果，所以先需將數據無因次化和標準化，故需要注意其單位一致性。
5. 本研究針對 4 種不同品種對稻米總產量的關係，確定其關係性存在時，可擴大其它農作物間的互相影響關係，並可找出影響的主要先行指標，而再加以做農作物產量的總體性評估考量。

參考文獻

1. 劉思峰、黨耀國、方志耕，灰色系統理論及其應用，科學，2004。
2. 鄧聚龍，灰色系統理論與應用，高立，2003。
3. 鄧聚龍、郭洪，灰預測原理與應用，全華，1996。

陳鈞華、宋建明、甘俊二《利用灰關聯度對灌溉用水之產品產殘量之預測，以花蓮縣稻米為例》