

人體計測資料庫數據驗證法研究

計畫編號：NSC 89-2213-E-028-001

執行期限：88年8月1日至89年7月31日

主持人：林房儻 國立台灣體院運動管理系

一、中文摘要

人體計測資料對於產品、作業、手工工具設計等皆為一具有極大參考價值之資料，但人體計測值之量測、蒐集與整理皆需耗費大量的人力、物力與時間[4]。而資料處理過程中因人為失誤、儀器誤差等因素造成的資料異常或遺漏在所難免。當資料中出現異常數值或遺漏時，應用數學方法加以修正填補較重新量測更有效率。

由於人體發展模式與傳統統計手法所採用的一次線性模式有極大的差異[4]，因此本研究應用灰理論之廣義能量系統概念建立人體系統發展之慣性模型[6]，以進行人體發展之預測。本研究針對一次累加生成建模、雙向建模、除法建模、開平方轉換之一次累加生成建模、對數轉換之一次累加生成建模、殘差均值修正、階躍數列建模與一次累減生成建模等八種灰預測模型建立方法進行研究、分析以找尋適用於人體計測之灰預測模型建立方式[6,7,8]。

關鍵詞：灰系統、人體計測

Abstract

The data of Anthropometry has been the prior reference toward the designs of products, procedures, and implements. However, it takes a large number of manpower, physical resources and time on measurements, information collecting and dispositions of Anthropometry data. Due to the errors caused by the manpower or instruments, the omission of data and inaccurate value have been appeared on the study. Therefore, it is more efficient and effective to use mathematical model to correct and fill out the data instead of

restarting the data measurements again.

The following study constructs the metrology of the Gray Model to forecast the growing of human bodies, because there has been the discrepancy between the growing model of human bodies and traditional statistic method according to the linear model. The study has been focused on eight forecasting models of the Gray System to analyze and find out the suitable model for the forecasting of the growing human body.

Keywords：Grey System、Anthropometry

二、計畫緣由與目的

在人類價值與福祉更受重視的現代社會，商品與環境的設計皆強調以人為主體，記錄社會大眾群體生理尺寸之人體計測資料庫的重要性因而大幅提升。以往國內缺乏人體計測資料庫的建立，許多設計皆以國外文獻為主。然而因種族、環境、風俗等因素影響，國外之資料並非全然適用於國人。因此建立專屬於國人之體計測資料庫成為勢在必行的作業。但在計測資料的量測、蒐集與整理過程中，因人員疏失或儀器誤差所造成的資料異常或遺漏在所難免。由於社會環境變遷所導致的資料時效性問題亦成為限制之一[4]。而人體計測資料的蒐集、整理需耗費大量的人力與物力，故以數學方法進行資料的檢驗、修正或遺漏值之填補較重新量測有更高的可行性與效率。

傳統用以評定、估計與填補數值之數學方法為具有線性關係之統計方式。然而人體生理並非依循線性模式發展，其發展受到許多已知、未知因素的影響。因此，以具有線性關係之數學方法對於渾沌狀態的人體系統進行評估與預測可能造成較大

的誤差[9]。而本研究採用灰理論的訊息不完全之廣義能量系統來定義人體系統，廣義能量系統具有質量大、能量大與慣性之特性，系統狀態受到慣性之影響而不可突然轉變[6]。因此可透過系統歷史狀態建立影響系統之慣性模型，再藉由該慣性模型預測系統未來狀態。

本研究之主要目的即對一次累加生成建模、雙向建模、除法建模、開平方轉換之一次累加生成建模、對數轉換之一次累加生成建模、殘差均值修正、階躍數列建模與一次累減生成建模等八種灰預測模型建立方法分別進行檢定、評估以找尋較符合人體發展模式之灰預測模型與其相關設定，以期對於國內人體計測資料庫之建立與維護有所助益。

三、結果與討論

本研究以台灣地區少年人體計測調查[2]、台灣地區女子人體計測調查[1,3]與台灣地區高齡者人體計測[5]為主要分析數據來源。依據林房儂(1994)之研究結果已可證明一次累加生成建模法所建構之灰預測模型精確度高達 98.76%，且該建模法之精確度顯著較傳統所採用的統計方法為高[4]。故本研究中以一次累加建模、雙向建模、除法建模、開平方轉換之一次累加生成建模、對數轉換之一次累加生成建模、殘差均值修正、階躍數列建模與一次累減生成建模等八種灰建模法進行相互的模型預測相對誤差之 ANOVA 檢定與 Duncan's 多重級距分析(表 1)。其結果顯示在非高齡人口中，以一次累加生成建模法之精確度最高。而高齡人口則因其資料呈非負遞減特性，與灰預測理論之假設不符，故需先經由負值轉換與映射生成[11]之預處理方可建模，於該年齡層人口之計測值以除法建模精確度較佳。

由於上述之建模方式為順向推估，資料庫前期資料將成為無法評估的盲點。為解決前期資料無法評估的問題，本研究將採逆向推估的方式進行建模與評估，亦即改由後期資料進行建模以評估前期資料。

然而非高齡者進行逆向推估之資料呈現非負遞減特性，故本研究將先透過負值轉換與映射生成[11]將資料特性轉換為非負遞增狀態後，再以前述八種灰建模法進行建模與評估(表 2)。由表 2 的 Duncan 多重級距分析結果顯示非高齡人口以開平方轉換之一次累加生成建模法為最佳，而高齡人口則以除法建模為最佳。

依據鄧聚龍所述，建立灰預測模型的歷史資料數量最少需為四筆，而人體計測資料的連續資料數量亦有所限制。因此本研究針對順向推估建模方法與逆向推估建模方法所需的歷史資料數量進行四至八筆的檢測，以尋求精確度最高的資料數量設定。然而因本研究之高齡者人體計測資料的限制，無法進行分析。故本研究僅以非高齡者的人體計測資料進行分析，其結果如表 3 所示。在順向推估與逆向推估之中，皆以四筆歷史資料所建立的灰預測模型精確度最高。

表 4 為對順向與逆向推估的精確度進行配對 T 檢定之結果。在女子人體計測資料中，順向推估與逆向推估的預測相對誤差率無顯著差異，在青少年人體計測資料中的差異則呈現顯著狀態，而順向推估皆優於逆向推估。因此本研究結果顯示應以順向推估為主，而逆向推估僅應用於順向推估不可及的前期資料。

綜合整體研究結果，本研究可得以下結論：

1. 進行人體計測值的評估時，應以順向推估為主，以逆向推估對前期資料評估。
2. 進行人體計測值的順向推估時，非高齡人口以四筆歷史資料為基礎的一次累加生成建模法的精確度較高，而高齡人口則以映射生成結合除法建模之精確度較高。
3. 進行人體計測值的逆向推估時，非高齡者以四筆歷史資料為基礎的開平方轉換之一次累加生成建模法結合映射生成的精確度較高，高齡人口則以除法建模之精確度較高。

四、計畫成果自評

本研究之主要目的即在尋求較適用於人體計測資料庫之灰預測方法，研究結果顯示以一次累加生成進行順向推估與映射生成結合殘差均值修正之一次累加生成建模進行逆向推估為最佳方式。然而在研究過程中發現一次累減生成建模法[7]在處理某些數列時，其精確度極差。經由深入探討，發現該建模法之部份理論基礎與灰預測理論[6,10]相悖離。

本研究成果除可應用於人體計測資料庫內資料之評估、修正與填補外，亦可對於因時間、環境變遷所造成資料數值改變趨勢進行推估。以減少資料重測與整理所需之人工與成本。

五、參考文獻

- [1] 邱魏津,「台灣地區女子(6-18)人體計測調查之研究」, *技術學刊*, 第3卷, 第1期, 81-100頁(1988)。
- [2] 杜壯,「台灣地區少年人體計測調查研究」, *技術學刊*, 第3卷, 第2期, 165-173頁(1988)。
- [3] 邱魏津,「台灣地區女子(19-23)人體計測調查之研究」, *技術學刊*, 第4卷, 第3期, 291-300頁(1989)。

[4] 林房儻,「以灰色預測模型處理人體計測資料遺漏值及異常值的應用研究」, *中國工業工程學刊*, 第11卷, 第2期, 41-46頁(1994)。

[5] 黃耀榮,「台灣地區高齡者靜態人體尺度計測分析」, *建築學報*, 第19期, 第101-125頁(1996)。

[6] 鄧聚龍、郭洪, *灰預測原理與應用*, 全華圖書, 台北市(1996)。

[7] 呂安林、張晶、譚學瑞,「累減生成 GM(1,1)模型研究」, *1997年灰色系統理論與應用研究研討會論文集*, 280-284頁(1997)。

[8] 大葉大學資訊工程系, *灰色模型的改進與應用*, 可拓工程及灰色系統理論與應用短期課程, 彰化(1998)。

[9] 林房儻、林昱宏,「灰色理論在水滴實驗之渾沌現象應用研究」, *灰色系統學刊*, 第2期, 109-115頁(1999)。

[10] Deng Julong, "Introduction to Grey System Theory", *The Journal of Grey System*, Vol.1, No.1, pp.1-24(1989)。

[11] Lu Hung Ching, Yeh Ming Feng, "Data-Mapping-Based Grey Model", *Proceedings of 1996 Automatic Control Conference*, 1996 Automatic Control Conference, pp.653-658(1996)。

表 1 各人體計測資料進行順向推估之配對 T 檢定結果

| 資料來源 | 青少年人體計測資料 | | | 女子人體計測資料 | | | 高齡者人體計測資料 | | |
|---|-----------|---------|-----|----------|--------|-----|-----------|---------|-----|
| | 群組 | 平均值 | 建模法 | 群組 | 平均值 | 建模法 | 群組 | 平均值 | 建模法 |
| Duncan's 多重級距分析 | A | 0.01922 | IAG | A | 0.5336 | IAG | A | 0.13904 | JUM |
| | A | 0.01690 | DIV | B | 0.1940 | JUM | A B | 0.07575 | IAG |
| | A | 0.01554 | TWO | B | 0.0187 | DIV | B | 0.01527 | TWO |
| | A | 0.01537 | LOG | B | 0.0186 | LOG | B | 0.01490 | LOG |
| | A | 0.01487 | ROV | B | 0.0183 | TWO | B | 0.01473 | ROV |
| | A | 0.01485 | RES | B | 0.0180 | RES | B | 0.01434 | RES |
| | A | 0.01481 | JUM | B | 0.0180 | AGO | B | 0.01426 | AGO |
| | A | 0.01479 | AGO | B | 0.0178 | ROV | B | 0.01268 | DIV |
| | P 值 | 0.6251 | | | 0.0001 | | | 0.0049 | |
| AGO：一次累加生成建模 TWO：雙向建模 ROV：開平方轉換一次累加生成建模 LOG：對數轉之一次累加生成建模 DIV：除法建模 JUM：階躍數列建模 RES：殘差均值修正一次累加生成建模 IAG：一次累減生成建模 | | | | | | | | | |

表 2 各人體計測資料進行逆向推估之配對 T 檢定結果

| 資料來源 | 青少年人體計測資料 | | | 女子人體計測資料 | | | 高齡者人體計測資料 | | |
|--------------------|-----------|---------|-----|----------|---------|-----|-----------|---------|-----|
| | 群組 | 平均值 | 建模法 | 群組 | 平均值 | 建模法 | 群組 | 平均值 | 建模法 |
| Duncan's 多重級距分析 | A | 0.61276 | JUM | A | 0.41513 | JUM | A | 0.30769 | IAG |
| | B | 0.04785 | IAG | B | 0.07916 | IAG | B | 0.01517 | JUM |
| | B | 0.02294 | TWO | C | 0.02052 | TWO | B | 0.01312 | TWO |
| | B | 0.01575 | DIV | C | 0.01831 | DIV | B | 0.01298 | LOG |
| | B | 0.01407 | AGO | C | 0.01734 | LOG | B | 0.01291 | RES |
| | B | 0.01351 | RES | C | 0.01714 | AGO | B | 0.01291 | ROV |
| | B | 0.01325 | LOG | C | 0.01706 | RES | B | 0.01290 | AGO |
| | B | 0.01280 | ROV | C | 0.01696 | ROV | B | 0.00957 | DIV |
| P 值 | 0.0001 | | | 0.0001 | | | 0.0001 | | |

表 3 建構灰預測模型之歷史資料數量檢定

| 推估方向 | 順向 | | | | | | 逆向 | | | | | |
|--------------------|---------|---------|----|--------|---------|----|---------|---------|----|--------|---------|----|
| | 青少年人體計測 | | | 女子人體計測 | | | 青少年人體計測 | | | 女子人體計測 | | |
| 資料來源 | 群組 | 均值 | 期數 | 群組 | 均值 | 期數 | 群組 | 均值 | 期數 | 群組 | 均值 | 期數 |
| Duncan's 多重級距分析 | A | 0.03496 | 8 | A | 0.02948 | 8 | A | 0.01602 | 8 | A | 0.02806 | 8 |
| | A | 0.03335 | 7 | B | 0.02607 | 7 | AB | 0.01371 | 7 | B | 0.02379 | 7 |
| | A B | 0.03038 | 6 | BC | 0.02318 | 6 | B | 0.01081 | 6 | C | 0.02069 | 6 |
| | B C | 0.02534 | 5 | CD | 0.02034 | 5 | B | 0.00934 | 5 | D | 0.01749 | 5 |
| | C | 0.01934 | 4 | D | 0.01918 | 4 | B | 0.00909 | 4 | E | 0.01443 | 4 |
| P 值 | 0.0002 | | | 0.0001 | | | 0.0070 | | | 0.0001 | | |

表 4 順向與逆向推估預測相對誤差率之配對 T 檢定

| | 青少年人體計測資料 | 女子人體計測資料 |
|---------|------------|------------|
| 順向推估均值 | 0.010310 | 0.016551 |
| 逆向推估均值 | 0.016003 | 0.017496 |
| 順逆向差異均值 | -0.005693 | -0.0007266 |
| T 值 | -3.6676754 | -0.4960910 |
| P 值 | 0.0005 | 0.6201 |

附錄:一次累加生成灰建模

設原始數列為 $X^{(0)} = (X^{(0)}(1), X^{(0)}(2), \dots, X^{(0)}(n))$,

經 AGO 可得數列 $X^{(1)} = (X^{(1)}(1), \dots, X^{(1)}(n))$ (1)

此處 $X^{(1)}(t) = \sum_{j=1}^t X^{(0)}(j)$, $t = 1, 2, \dots, n$ (1)。平均值數列 $Z^{(1)} = (Z^{(1)}(2), Z^{(1)}(3), \dots, Z^{(1)}(n))$ 計算過程如式 2。

$$Z^{(1)}(t) = \frac{X^{(1)}(t) + X^{(1)}(t-1)}{2}, \quad t = 2, 3, \dots, n \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{則 } X^{(1)} \text{ 與 } Z^{(1)} \text{ 的關係式為: } \frac{dX^{(1)}}{dt} + aX^{(1)} = u \quad \text{或} \quad X^{(1)}(t) = -aZ^{(1)}(t) + u \quad \dots \dots \dots (3)$$

式 3 中 a 為模型的發展係數, u 為模型的灰作用量。參數 a 、 u 可透過矩陣運算求得, 代入可得: 第 $t+1$ 項之一次累加數列預測值 $\hat{X}^{(1)}(t+1)$ 如式 4。

$$\hat{X}^{(1)}(t+1) = \left(X^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \right) e^{-at} + \frac{u}{a} \quad \dots \dots \dots (4)$$

一次累加預測值 $\hat{X}^{(1)}(t+1)$ 可經由 IAGO 還原為 $t+1$ 項實際預測值 $\hat{X}^{(0)}(t+1)$:

$$\hat{X}^{(0)}(t+1) = (\hat{X}^{(1)}(t+1) - \hat{X}^{(1)}(t)) \quad \dots \dots \dots (5)$$