

# 面紙手感柔軟度之量化研究

鄧澤殷、彭元興

E-mail: 345417@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

前人研究家庭用紙柔軟度，在手感柔軟度的部分，皆以  $n \times 1$  或  $n \times 2$  次比對方式，排序優劣。但是，由於家庭用紙品質的變異性及測試者手感敏銳性的限制，很容易造成實驗誤差排序錯誤。針對此一缺點，本研究擬定兩項研究目的：1) 模擬消費者使用情形，建立一套手感柔軟度的標準測試法。2) 應用互反判斷矩陣，建立家庭用紙手感柔軟度的量化分析推論模式。手感柔軟度的標準測試法，包括測試表面柔軟度與高厚柔軟度，可反應使用者的需求；應用互反判斷矩陣  $n(n-1)/2$  次兩兩比對之方式，在相互補償修正誤差後，可達到一個比較合理的排序及量化結果。本研究分三階段進行。第一階段以七種市售樣品為實驗材料。有三項結論：1) 運用互反判斷矩陣所建構的手感柔軟度推論模式，經專家及一般消費者分別實測對比成果後，確認合乎造紙理論，可以反應面紙橫向抗張強度的強弱。2) 專家及消費者分別所建構之手感柔軟度尺度，經回歸分析，兩者之間判定係數  $R^2 = 0.985$ ，並通過斜率  $t$ -檢定。3) 經由訓練，可提高手感柔軟度的判斷能力。第二階段在生產線管控條件下，經確認紙張物性條件後收集實驗樣品。有四項結論：1) 三角測試法和互反判斷矩陣法，可交互應用於訓練及鑑別測試者之線性能力。2) 依據紙張抗張強度高低收集測試樣品，確認紙張抗張強度和手感柔軟度呈負相關性。3) 一致性分析及調整後，達成滿意的一致性，可改善排序的矛盾。4) 一致性調整過程的趨勢圖變化，有助於實驗分析。第三階段依據前兩階段所建立的方法，分三組重複實驗，並分析權重的靈敏性。有兩項結論：1) 在同組測試中，建議設立  $n-4$  個標準樣品數。2) 一致性調整過程的趨勢圖，可取代靈敏性分析，正確判斷樣本排序改變的原因。總合以上，本研究所建構的手感柔軟度測試及量化方法，可反應實際使用狀況，通過統計驗證，符合造紙理論。除此之外，本法最大的貢獻在於建構一套完整的作業流程，包括收集資訊到回饋製程，分為：1) 手感柔軟度試樣準備及測試流程。2) 手感柔軟度量化推論流程。3) 線性能力分析及应用流程。此三大流程可應用於家庭用紙生產線的品質管理，有助於改善製程能力，產品發展與市場調查。

關鍵詞：互反判斷矩陣、手感柔軟度、面紙、一致性調整、靈敏性分析

## 目錄

封面內頁 簽名頁 中文摘要.....	iii	英文摘
要.....	v	誌謝.....vii
目錄.....	xii	圖目
錄.....	xv	表目
錄.....	xvii	第一章 前
言.....	1	1.1 研究動機.....1
1.2 研究目的.....	2	1.3 研究範
圍.....	3	1.3.1 選定分析材料.....4
1.3.2 手		感柔軟度推論.....4
第二章 文獻回		顧.....6
2.1 紙張柔軟度的研		究.....6
2.1.1 紙張柔軟度的基本定義.....	6	2.1.2
2.1.3 家庭用紙的柔軟度分		析.....6
2.1.4 手感柔軟度與紙張強度的分析.....	11	2.1.5
2.1.6 業界的手感柔軟度測試		法.....13
2.1.7 前人研究及實務界運用小結.....	17	2.2 互反
2.2 互反		判斷矩陣之研究.....19
2.2.1 建構互反判斷矩		陣.....19
2.2.2 特徵值和特徵向量.....	24	2.2.3 一致
2.2.3 一致		性分析.....29
2.2.4 靈敏性分析.....	35	2.2.5
2.2.5		互反判斷矩陣研究小結.....38
第三章 實驗設計及方		法.....39
3.1 實驗目的.....	39	3.2 實
3.2 實		驗架構.....39
3.3 實		驗流程.....43
3.3.1 受測試樣準備.....	44	3.3.2 手感柔軟度測
3.3.2 手感柔軟度測		試.....46
3.3.3 手感柔軟度量化推論.....	48	3.3.4 一

致性分析.....	52	3.3.5靈敏性分析.....	63	第四
章 結果與討論.....	65	4.1第一階段實驗結果與討		
論.....	65	4.1.1樣品準備及測試團隊的組成.....	65	4.1.2
結果討論.....	67	4.1.3結論.....	78	4.2第
二階段實驗結果與討論.....	79	4.2.1測識團員鑑別柔軟度的能		
力.....	79	4.2.2標準樣品之收集方法.....	80	4.2.3探討一
致性分析.....	83	4.2.4結論與建議.....	88	4.3第
三階段實驗結果與討論.....	89	4.3.1收集樣		
品.....	89	4.3.2測識能力鑑別.....	91	4.3.3重複
三組實驗.....	91	4.3.4三組資料比對分析.....	92	
4.3.5靈敏性分析.....	107	4.3.6結論.....	118	
4.4標準實驗方法之建立.....	119	4.4.1手感柔軟度試樣準備及測試流		
程.....	119	4.4.2手感柔軟度量化推論流程.....	123	4.4.3線性能
力分析及應用流程.....	127	第五章 結論.....		
.....	129	5.1研究成果.....	129	5.2展
望.....	130	參考文獻.....	131	

## 參考文獻

- 王文俊(2005), 認識Fuzzy, 全華圖書, 1.1-2.16, 台北。
- 王應明(1995), 判斷矩陣排序方法綜述, 決策與決策支持系統, 5(3):103-117。
- 王萼芳(2008), 高等代數教程, 清華大學出版社, 1-216, 北京。
- 任善亮、周寅亮(1998), 數學模型, 中央圖書出版社, 137-152, 台北。
- 吳宗正(1986), 迴歸分析-理論與應用, 復文書局, 93-146, 台南。
- 姜豔萍、樊治平(2008), 基于判斷矩陣的決策理論與方法, 科學出版社, 1-18, 北京。
- 林原宏 (1995), 層級分析法:理論與應用之探討 (一), 測驗統計簡訊, 8:31-34。
- 林原宏 (1996a), 層級分析法:理論與應用之探討 (二), 測驗統計簡訊, 9:23-26。
- 林原宏 (1996b), 層級分析法:理論與應用之探討 (三), 測驗統計簡訊, 12:9-16。
- 林真真(2002), 實用統計學, 東華書局, 427-476, 台北。
- 周福星(1984), 數理統計學及應用, 偉哲書局, 501-574, 台南。
- 侯福均、吳祈宗(2009), 模糊偏好關係與決策, 理工大學出版社, 24-66, 北京。
- 徐澤水(2005), 不確定多屬性決策方法之應用, 清華大學出版社, 38-73, 北京。
- 徐玖平、吳魏(2007), 多屬性決策的理論與方法, 清華大學出版社, 122-159, 北京。
- 張清質(2008), 家庭用紙特論-3, 大葉大學環工系教材, 231-236, 彰化。
- 張紹飛、趙迪(2009), 矩陣論教程, 機械工業出版社, 157-173, 北京。
- 曾國雄、鄧振源(1986), 多變量分析(一)- 理論應用篇, 松崗, 1-30, 台北。
- 楊維禎(2009), 系統分析在經營決策上的應用, 五南圖書出版社, 267-288, 台北。
- 廖亦德(1997), 綜合線性代數, 巨德出版社, 21-24, 台北。
- 葉能哲、陳火山(1979), 統計學, 文笙書局, 357-414, 台北。
- 鄧振源、曾國雄 (1989a), 層級分析法的內涵與應用 (上), 中國統計學報, 27(6):5-22。
- 鄧振源、曾國雄 (1989b), 層級分析法的內涵與應用 (下), 中國統計學報, 27(7):1-20。
- Albert, M.O. (2005). Structure equation modeling of paired-comparison and ranking data, *Psychological Methods*, 10(3): 285-304.
- Allen, D.B., Shalev, I., Rust, J.P., Barker, R.L. (1994). Development of a mechanical stylus based surface analysis system for soft paper products. *Proceedings of the TAPPI Nonwovens Conference*, TAPPI, Atlanta, GA., 133-138.
- Ampulski, R.S., Spindel, W.U., Sawdai, A.H., Weinstein B. (1991). Methods for the measurement of the mechanical properties of tissue paper, *Proceedings of the TAPPI International Paper Physics Conference*, TAPPI, Atlanta, GA., 19-30.
- Berenson, M.L., Levine, D.M., Goldstein, M. (1983). *Intermediate statistical methods and applications*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 203-249.
- Blankmeyer, E. (1987). Approaches to consistency adjustment, *Journal of Optimization Theory and Applications*, 54(3): 479-488.
- Corscadden, K., Lester, K. (2008). Testing tissue softness, *Tissue World J.*, Feb/Mar: 39-40.
- Ergu, D., Kuo, G., Peng, Y., Shi, Y. (2011). A simple method to improve the consistency ratio of the pair-wise comparison matrix in ANP, *European Journal of Operational Research*, 213(1): 246-259.
- Guh, Y.Y., Po, R.W., Lou, K.R. (2009). An additive scale model for the analytic hierarchy process, *International Journal of Information and Management Sciences*, 20(1): 71- 88.
- Hollmark, H. (1983). Evaluation of tissue paper softness, *Tappi J.*, 66(2): 97-99.
- Hsu, J.C., Lakhani, N.N. (2000). Production of soft paper products from coarse cellulosic fibers, U.S. Patent 6074527.
- Kim, J.J., Shalev, I., Barker, R.L. (1994). Softness properties of paper towels. *Tappi J.*, 77(10): 83-89.
- Kim, J.J., Shalev, I., Barker, R.L. (1994a). Softness properties of fabric-like tissue, *Proceedings of the TAPPI Nonwovens Conference*, TAPPI, Atlanta, GA., 143-154.
- Kuo, L.S., Cheng, Y.L. (2000). Effects of creping conditions on surface softness of tissue paper - application of sled method, *Tappi J.*, 83(12): 61-65.
- Lida, Y. (2009). Ordinality consistency test about items and notation of a pairwise comparison matrix in AHP, *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, 1-12.
- Liu J., Hsieh J. (2004). Characterization of tissue softness. *Tappi J.*, 3(4): 3-8.
- Lyne, M.B., Whiteman, A., Donderi, D.C. (1983). Multi-dimensional scaling of tissue quality, *Proceedings of the TAPPI International Paper Physical Conference*, TAPPI, Atlanta, GA., 213-219.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, *Psychol Rev.*, 63(2): 81-86.
- Montgomery D.C. (2001). *Design and analysis of experiments*, 21-54. New York.
- Pan, Y., Habeger, C., Biasca, J. (1989). Empirical Relationships between tissue softness and out-of -plane ultrasonic measurements. *IPC Technical Paper Series*, 322: 1-16.
- Raharjo, J., Halim, S., Wanto, S. (2001). Evaluating comparison between consistency improving method and resurvey in AHP, *Proceedings of 6th ISAHP*,

Berne Switzerland, 349-354. 43.Rust, J.P., Shalev, I., Keadle, T.L., Barker, R.L. (1994). Evaluation of surface softness of tissue paper products by using mechanical stylus scanning, optical image analysis and fuzzy sets. Proceedings of the TAPPI Nonwovens Conference, TAPPI, Atlanta, GA., 143-154. 44.Ruiz, J., Sacon, V.M., Silva, F.P., Sabel, H., Janssen, W., Petit-Conil, M., Eymin-Petot-Tourtollet, G. (2010). Pulp softness potential: a methodology to assess and compare pulps, OPAPEL J., 71(3): 31-35. 45.Saaty, T.L. (1980). The analytic hierarchy process, New York: McGraw-Hill. 1-35. 46.Sloan, J.H. (1991). Yankee dryer coatings, Tappi J., 74(8): 123-126. 47.Sloan, J.H. (1994). How to maximize the dry crepe process, Tappi J., 77(8): 298. 48.Song, Q., Jamalipour, A. (2005). Network selection in an integrated wireless LAN and UMTS environment using mathematical modeling and computing techniques, IEEE Commun. Mag., 12(3): 42-48. 49.Steenge, A.E. (1986). Saaty ' s consistency analysis: an application to problems in static and dynamic input-output models, Socio-Economic Planning Sciences, 20(3): 173-180. 50.Worcester, B. (1998). Meeting competitive demands in tissue production, Tappi J., 81(12): 55-56. 51.Zeshui, X., Cuiping, W. (1999). A consistency improving method in the analytic hierarchy process, European Journal of Operational Research, 116(3): 443-449. 52.Xu, Z.h. (2004). A practical method for improving consistency of judgement matrix in the AHP, Journal of Systems Science and Complexity, 17(2): 169-175.