TECHNICAL REPORT

Educational Productivity : Dynamic Model

Wiroj Liewkongsthaporn
M.S.(Applied Statistics),
Planning Division, National Institute of Development Administration

Abstract

A factor of educational productivity determination is an efficiency of educational system in terms of time and costs. The efficiency is usual studied in given periods. Indeed, the educational system changes to time, or is called, dynamic. In this paper stochastic models are proposed for analyze manpower productivity of educational system. An example is presented. The models give information to educational planning and policy making with maximum efficient.

Keywords : Box - Jenkins model, educational productivity, institutional research, time series analysis

Songklanakarin Journal of Social Sciences and Humanities 5(1) Jan. - Apr. 1999 : 95-100
รับต้นฉบับ 19 กุมภาพันธ์ 2542 ปรับปรุง-แก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ 19 พฤษภาคม 2542
รับลงตีพิมพ์ 11 มิถุนายน 2542

รายงานทางเทคนิค

ผลิตภาพการศึกษา : ตัวแบบพลวัต

วิโรจน์ ลิ่วคงสถาพร
วท.ม.(สถิติประยุกต์),
กองแผนงาน สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

องค์ประกอบหนึ่งของผลิตภาพการศึกษา คือ ประสิทธิภาพของระบบการศึกษา โดยพิจารณาเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ไปในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพดังกล่าวมักจะศึกษาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ซึ่งไม่เหมาะสมกับลักษณะของระบบการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือที่เรียกว่า พลวัต บทความนี้ได้เสนอตัวแบบทางสถิติสำหรับใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนของระบบการศึกษา โดยได้แสดงตัวอย่างประกอบด้วย ตัวแบบที่เสนอนี้จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและกำหนดนโยบายการจัดการศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

คำสำคัญ : ตัวแบบบ็อกซ์ - เจนกินส์, ผลิตภาพการศึกษา, การวิจัยสถาบัน, การวิเคราะห์อนุกรมเวลา

บทนำ

ในการวางแผนทางการศึกษา (educational planning) ให้มีประสิทธิภาพและเกิดประสิทธิผลนั้น ควรจะคำนึงถึงผลิตภาพการศึกษา ซึ่งพิจารณาได้จากคุณภาพของผู้สำเร็จการศึกษา และประสิทธิภาพของระบบการศึกษาในแง่ของเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ไป โดยการวิเคราะห์เกี่ยวกับผลิตภาพการศึกษา อาจกระทำได้หลายแนวทาง เช่น การวิเคราะห์ผลิตภาพของนักเรียนนักศึกษา (student productivity) ผลิตภาพของครูอาจารย์ (teacher productivity) การลงทุนทางการศึกษา (educational investment) เป็นต้น

สำหรับการวิเคราะห์ผลิตภาพการศึกษาระดับอุดมศึกษา ได้มีการศึกษาในลักษณะที่เรียกว่า การวิจัยสถาบัน (institutional research) โดยการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการศึกษาด้วยวิธีการต่างๆ เพื่อนำไปประกอบการวางแผนและกำหนดนโยบายการจัดการศึกษาต่อไป อย่างไรก็ตาม การวิจัยสถาบันมักจะศึกษาภายใต้ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น ซึ่งไม่เหมาะสมกับระบบการศึกษาที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือพลวัต (dynamic)

บทความนี้ได้นำเสนอตัวแบบทางสถิติเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของระบบการศึกษาในการผลิตกำลังคน โดยใช้ข้อมูลนักศึกษาระดับปริญญาโทของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ปีการศึกษา 2509-2540 เป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์

ประสิทธิภาพการผลิตกำลังคน

ในการผลิตกำลังคนของสถาบันการศึกษาของรัฐ โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษารัฐได้สนับสนุนด้านงบประมาณเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนในแต่ละปีเป็นจำนวนไม่น้อย หากระบบการศึกษาไม่มีประสิทธิภาพในการผลิตกำลังคนแล้ว จะทำให้เกิดการสูญเปล่าเป็นอย่างมากทั้งในแง่ของเวลาและค่าใช้จ่าย

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนจะมีส่วน

ช่วยในการวางแผนและกำหนดนโยบายการจัดการศึกษาได้ โดยการคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งคำนวณจากสัดส่วน ค่าใช้จ่ายอุดมคติต่อหัว (ideal cost per head) กับค่าใช้จ่ายจริงต่อหัว (real cost per head) ตามสูตรต่อไปนี้

$$\frac{\text{ideal cost per head}}{\text{real cost per head}} = \frac{\sum_{i=n}^{n+k} G_i \sum_{j=1}^{n} C_j}{\sum_{i=n}^{n+k}\sum_{j=1}^{i} G_i C_j + \sum_{p=1}^{n+k}\sum_{j=1}^{p} W_p C_j} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ G_i = จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในปีที่ i
C_j = ค่าใช้จ่ายต่อหัวนักศึกษาในปีที่ j
W_p = จำนวนผู้ออกกลางคันในปีที่ p
n = จำนวนปีขั้นต่ำในการสำเร็จการศึกษาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร
k = จำนวนปีที่อนุญาตให้ศึกษาได้เกินกว่าจำนวนปีตามหลักสูตร

ในกรณีที่ข้อมูลค่าใช้จ่ายต่อหัวนักศึกษาไม่สมบูรณ์ อาจจะสมมุติให้ค่าใช้จ่ายต่อหัวนักศึกษาในแต่ละปีมีจำนวนเท่ากันหมด (กล่าวคือ ให้ $C_1 = C_2 = \ldots = C$) ดังนั้น สูตร (1) สามารถเขียนใหม่ได้ ดังนี้

$$\frac{\sum_{i=n}^{n+k} G_i(nC)}{C\sum_{i=n}^{n+k} iG_i + C\sum_{p=1}^{n+k} pW_p} \times 100 = \frac{n\sum_{i=n}^{n+k} G_i}{\sum_{i=n}^{n+k} iG_i + \sum_{p=1}^{n+k} pW_p} \times 100\% \quad (2)$$

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนด้วยสูตร (1) หรือ (2) ข้างต้นนี้ มักจะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ที่เข้าศึกษาในรุ่นใดรุ่นหนึ่งเท่านั้น ซึ่งต้องใช้เวลานานในการเก็บข้อมูลจนกว่าผู้ที่เข้าศึกษาในรุ่นนั้นจะสำเร็จการศึกษาหรือออกกลางคันจนครบทุกคน ดังนั้น ผลการศึกษาที่ได้จึงอาจจะไม่ทันเวลาต่อการนำไปใช้ประโยชน์มากนัก นอกจากนี้ ระบบการศึกษายังมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามเวลาหรือพลวัต ผลการศึกษาประสิทธิภาพการผลิตของผู้สำเร็จการศึกษาในรุ่นที่ผ่านมา (อาจจะเป็น 5 ปีที่แล้ว) ย่อมไม่สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะของระบบการศึกษาในปัจจุบันได้ เช่น การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนระดับสูงกว่าปริญญาตรีที่เข้าศึกษาในปีการศึกษา 2525-2529 ซึ่งเป็นช่วงเวลาตามแผนพัฒนาการศึกษาระดับอุดมศึกษา ฉบับที่ 5 ได้มีการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลในช่วงต้นของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 7 (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2536) จึงทำให้ผลการศึกษาที่ได้ไม่สามารถนำไปใช้กำหนดนโยบายและวางแผนตามวัตถุประสงค์ได้

ตัวแบบพลวัต : transfer function - noise model

ในปี ค.ศ. 1970 บ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins) ได้พัฒนาตัวแบบพลวัตที่เรียกว่า ตัวแบบ transfer function-noise ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปต่อไปนี้

$$y_t = \frac{\varpi(B)}{\delta(B)} x_{t-b} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (3)$$

เมื่อ y_t และ x_t เป็นอนุกรมเวลาของตัวแปรผลผลิต (Output variable) และตัวแปรนำเข้า (input variable) ตามลำดับ

$$\varpi(B) = \varpi_0 + \varpi_1 B + \varpi_2 B^2 + \ldots + \varpi_s B^s$$
$$\delta(B) = 1 - \delta_1 B - \delta_2 B^2 - \ldots - \delta_r B^r$$
$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \ldots - \theta_q B^q$$
$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \ldots - \phi_p B^p$$

B คือ Backshift operator ซึ่งมีคุณสมบัติ คือ $B^m x_t = x_{t-m}$

b เป็นจำนวนเต็มบวกที่แสดงลักษณะ delay ของระบบ

$\varpi(B) / \delta(B)$ เรียกว่า transfer function

a_t เรียกว่า ตัวรบกวน (noise หรือ disturbance)

โดยที่ y_t, x_t และ a_t มีคุณสมบัติ stationary กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ไม่ขึ้นกับเวลา (t) และมีค่าความแปรปรวนในตนเอง (autocovariance) เท่ากับ ศูนย์

ให้ $$\nu(B) = \frac{\varpi(B)}{\delta(B)} B^b$$
$$= \nu_0 + \nu_1 B + \nu_2 B^2 + \ldots$$

โดยเรียก $\nu_0, \nu_1, \nu_2, \ldots$ ว่า impulse response weights ดังนั้น สามารถเขียนตัวแบบ (3) ใหม่ได้ คือ

$$y_t = \nu_0 x_t + \nu_1 x_{t-1} + \nu_2 x_{t-2} + \ldots + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \quad (4)$$

จะเห็นได้ว่า ในตัวแบบ (4) นี้ สามารถใช้อธิบายอิทธิพลของตัวแปร X ในช่วงเวลาอดีตและปัจจุบันที่มีต่อตัวแปร Y ในช่วงเวลาปัจจุบันได้ และสังเกตว่า ถ้าให้ impulse response weights มีค่าเท่ากับศูนย์ ($v_0 = v_1 = v_2 = ... = 0$) แล้ว ตัวแบบ (4) ก็คือ ตัวแบบ autoregressive moving average (ARMA) นั่นเอง

ตัวแบบ transfer function-noise นี้ ได้มีผู้นำไปใช้ในการศึกษาระบบพลวัตต่างๆ ทั้งระบบเศรษฐกิจ ธุรกิจ และอุตสาหกรรมการผลิต (Tee and Wu, 1972; Helmer and Johansson, 1977; Umstead, 1977; Damsleth, 1982; Koster, 1982; Ghatak and Gyles, 1991; Edlund and Karlsson, 1993; Gonzalez and Moral, 1995)

ในการสร้างตัวแบบ transfer function-noise ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดตัวแบบ (identification) มีอยู่หลายวิธีด้วยกัน โดยวิธีที่เป็นที่รู้จักกันดีวิธีหนึ่ง คือ วิธี pre-whitening (Box, Jenkins and Reinsel, 1994)

2. การประมาณค่าพารามิเตอร์ (estimation) สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น วิธี nonlinear estimation (Box, Jenkins and Reinsel, 1994) วิธี least squares estimation (Pierce, 1972) และวิธี bayesian estimation (Newbold, 1973)

3. การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (diagnostic checking) โดยใช้ cross-correlation และ auto-correlation

ตัวอย่างการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการศึกษาในการผลิตกำลังคน จะเริ่มด้วยการสร้างตัวแบบความสัมพันธ์ของจำนวนนักศึกษาใหม่กับจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา และสร้างตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักศึกษาใหม่และจำนวนผู้ออกกลางคัน โดยใช้ตัวแบบ transfer function-noise จากนั้น จึงนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนต่อไป ด้วยสูตร (1) หรือ (2) โดยกำหนดให้ G_i เท่ากับ v_{i-1} ที่ได้จากตัวแบบความสัมพันธ์ของจำนวนนักศึกษาใหม่กับจำนวนผู้สำเร็จการศึกษา และให้ W_i เท่ากับ v_{i-1} ที่ได้จากตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักศึกษาใหม่และจำนวนผู้ออกกลางคัน

ข้อมูลที่นำมาใช้ประกอบในบทความนี้ เป็นจำนวนนักศึกษาปริญญาโทของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ปีการศึกษา 2509-2540 ซึ่งประกอบด้วย จำนวนนักศึกษาใหม่ จำนวนผู้สำเร็จการศึกษา (มหาบัณฑิต) และจำนวนผู้ออกกลางคัน (รูปที่ 1)

การสร้างตัวแบบ

เมื่อใช้วิธี pre-whitening และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยโปรแกรม SPSS for windows สำหรับการสร้างตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนักศึกษาใหม่ และจำนวนมหาบัณฑิต ปรากฏผลดังนี้

$$(1-B)M_t = 0.656(1-B)N_{t-2} + \frac{a_t}{(1+0.486B)} \qquad (5)$$

เมื่อ M_t แทน จำนวนมหาบัณฑิต ในปีการศึกษา t

N_t แทน จำนวนนักศึกษาใหม่ ในปีการศึกษา t

t = 2509, 2510, 2511, ... , 2540

โดยที่ค่าประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และตัวแบบมีความเหมาะสม

สังเกตว่าในตัวแบบ (5) ได้คูณ M_t และ N_t ด้วย (1-B) เพื่อให้มีคุณสมบัติ stationary เนื่องจาก ค่าเฉลี่ยของ M_t และ N_t มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (รูปที่ 1) เมื่อเวลา t เพิ่มขึ้น

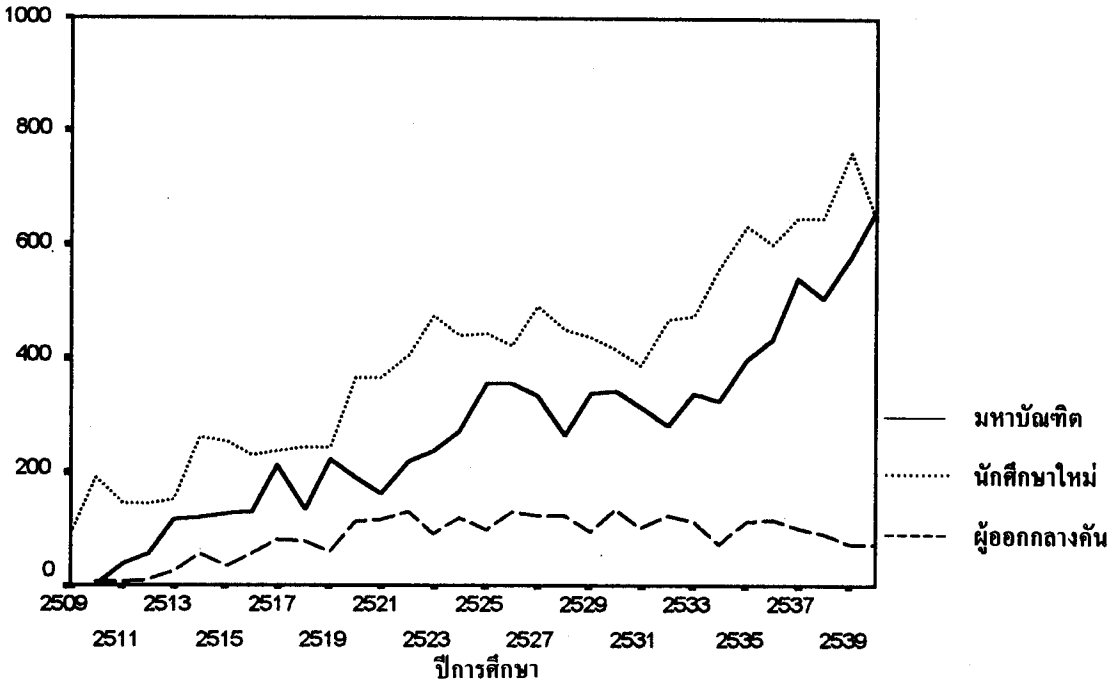
สำหรับตัวแบบความสัมพันธ์ของจำนวนนักศึกษาใหม่และจำนวนผู้ออกกลางคัน พบว่า ตัวแปรทั้งสองนี้ไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งอาจจะพิจารณาได้จากรูปที่ 1 คือ จำนวนนักศึกษาใหม่ได้เพิ่มขึ้นตามระยะเวลา แต่จำนวนผู้ออกกลางคันค่อนข้างจะคงที่

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการศึกษา

จากตัวแบบ (3) สรุปได้ว่า มหาบัณฑิตของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ โดยส่วนใหญ่ (ร้อยละ 65.6) จะใช้เวลาในการศึกษา 3 ปี โดยมีค่าประสิทธิภาพการผลิตกำลังคน ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตร (2) ดังนี้

$$\frac{(2)(65.6)}{(3)(65.6) + 0} \times 100 = 66.7\%$$

ผลการศึกษาที่ได้ข้างต้นนี้แตกต่างจากผลการวิจัยของทบวงมหาวิทยาลัย (2536) ซึ่งศึกษาประสิทธิภาพของ



รูปที่ 1 จำนวนนักศึกษาปริญญาโท สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ ปีการศึกษา 2509-2540

หมายเหตุ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์รับนักศึกษาปริญญาโทรุ่นแรก ในปีการศึกษา 2509 และมีผู้สำเร็จการศึกษาเป็นมหาบัณฑิตรุ่นแรกในปีการศึกษา 2511

นักศึกษาที่เข้าศึกษาในรุ่นปีการศึกษา 2525-2529 กล่าวคือ สัดส่วนผู้สำเร็จการศึกษาและค่าประสิทธิภาพการผลิตของนักศึกษาในแต่ละรุ่นนั้นมีค่าเฉลี่ยไม่ถึงร้อยละ 60 ซึ่งต่ำกว่าผลการศึกษาข้างต้น จึงแสดงว่าประสิทธิภาพของสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ในการผลิตมหาบัณฑิตได้เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์ประสิทธิภาพด้วยวิธีเดิมจะไม่สามารถให้ข้อมูลนี้ได้

ดังนั้น ค่าประสิทธิภาพการผลิตที่คำนวณจากค่าประมาณพารามิเตอร์ในตัวแบบซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบการศึกษาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จึงมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้กำหนดนโยบายและวางแผนมากกว่าการใช้ค่าประสิทธิภาพของนักศึกษารุ่นใดรุ่นหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อมูลในอดีตเพียงอย่างเดียว

วิจารณ์และสรุป

ในการสร้างตัวแบบพลวัตสำหรับศึกษาประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนของระบบการศึกษา มีข้อควรพิจารณาอยู่ 2 ประการ คือ ในประการแรก การกำหนดตัวแบบสามารถกระทำได้หลายวิธี อาจจะทำให้ได้ตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดเดียวกันได้หลายตัวแบบ จึงต้องเลือกตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุด (Abraham and Ledolter, 1983; Box, Jenkins and Reinsel, 1994)

ประการที่สอง ในการสร้างตัวแบบ transfer function-noise มีขั้นตอนและการคำนวณที่ค่อนข้างยุ่งยาก แต่ในปัจจุบันได้มีโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติช่วยในการคำนวณและสร้างตัวแบบอยู่แล้ว จึงทำให้สามารถสร้างตัวแบบได้ไม่ยากนัก

นอกจากตัวแบบพลวัตที่ได้เสนอในบทความนี้ จะช่วยในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบการศึกษาแล้ว ยังสามารถใช้ในการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาเพื่อการวางแผนได้อีกด้วย และอาจจะปรับปรุงตัวแบบเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของนโยบายต่างๆ ที่มีต่อการผลิตกำลังคนของระบบได้โดยใช้วิธีที่เรียกว่า intervention analysis

เอกสารอ้างอิง

ทบวงมหาวิทยาลัย สำนักงานปลัดทบวงมหาวิทยาลัย. 2536. **รายงานการวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพการผลิตกำลังคนสูงกว่าปริญญาตรี**. กรุงเทพฯ : สำนักงาน.

Abraham, B. and Ledolter, J. 1983. **Statistical Methods for Forecasting**. New York : John Wiley & Sons.

Box, G. E. P., Jenkins, G. M. and Reinsel, G. C. 1994. **Time Series Analysis : Forecasting and Control**. 3rd ed. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice - Hall.

Damsleth, E. 1982. "On the Distribution of Waiting Times Within the Postal Payment System in Norway - A Transfer Function Approach", *in* O.D. Anděrson, ed. **Time Series Analysis : Theory and practice 1**, pp. 247-259. North - Holland : Amsterdam.

Edlund, P.O. and Karlsson, S. 1993. "Forecasting the Swedish Unemployment Rate : VAR vs. Transfer Function Modeling", **International Journal of Forecasting**. 9, 61-76.

Ghatak, S. and Gyles, A. 1991. "Money, Prices and Interest Rate With or Without Financial Liberalisation in Sri Lanka, 1950-1987 : A Transfer Function Analysis", **The Indian Economic Journal**. 39 : 1, 9-34.

Gonzalez, P. and Moral, P. 1995. "An Analysis of the International Tourism Demand in Spain", **International Journal of Forecasting**. 11, 233-251.

Helmer, R. M. and Johansson, J. K. 1977. "An Exposition of the Box-Jenkins Transfer Function Analysis with an Application to the Advertising-Sales Relationship", **Journal of Marketing Research**. 14 (May), 227-239.

Koster, F.H. 1982. "An Application of Transfer Function - Noise Model in the Financial Sector", *in* O.D. Anderson, ed. **Time Series Analysis : Theory and Practice 2**, pp.75-84. North - Holland : Amsterdam.

Newbold, P. 1973. "Bayesian Estimation of Box-Jenkins Transfer Function-Noise Models", **Journal of the Royal Statistical Society, Series B**. 38 : 2, 323-336.

Pierce, D.A. 1972. "Least Squares Estimation in Dynamic-Disturbance Time Series Model", **Biometrika**. 59 : 1, 73-78.

Tee, L.H. and Wu, S.M. 1972. "An Application of Stochastic and Dynamic Model for the Control of a Papermaking Process", **Technometrics**. 14 : 2, 481-496.

Umstead, D.A. 1977. "Forecasting Stock Market Prices", **The Journal of Finance**. 32, 427-441.