บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

คณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, สำนักงาน, รายงานเรื่องประเมินผลการปฏิบัติงาน. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, ๒๕๒๐.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน, รายงานการวิจัยเรื่องระบบอุดมศึกษาไทย. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, ๒๕๒๒.

วิจิตร ศรีสะอ้าน, หลักการอุดมศึกษา. พระนคร : วัฒนาพานิช, ๒๕๑๘.

บทความและเอกสารอื่น ๆ

ดิลก บุญเรืองรอด. "การประเมินผลงานบุคคลเพื่อพิจารณาความดีความชอบ." ครุปริทัศน์ ๒ (ตุลาคม ๒๕๒๐) : ๒๔-๓๘.

ทบวงมหาวิทยาลัย, กระทรวง. "หลักเกณฑ์และวิธีพิจารณาตำแหน่งทางวิชาการ" กรุงเทพมหานคร : ทบวงมหาวิทยาลัยของรัฐ, ๒๕๒๓. (อัดสำเนา)

นิธิ เอี่ยวศรีวงศ์. "บทบาทของอาจารย์ (มหาวิทยาลัย) ในทางวิชาการ" วารสารมนุษยศาสตร์ ๒, (กรกฎาคม - กันยายน ๒๕๑๔) : ๒๑-๒๘

ปฤศนา ภูวนัฒท์. "ลักษณะหน้าที่การงานของอาจารย์ประจำในมหาวิทยาลัยมหิดล." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๙.

ภิญโญ สาธร. "แนวคิดสำหรับอาจารย์มหาวิทยาลัย" <u>วารสารครุศาสตร์</u> ๑ (มิถุนายน-กันยายน ๒๕๑๔) : ๘๓-๙๔

รามคำแหง, มหาวิทยาลัย. "พระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยรามคำแหง พ.ศ. ๒๕๑๔" กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ๒๕๑๔.

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, คณะรัฐประศาสนศาสตร์. "รายงานสรุปการสัมนาเรื่องบทบาทสถานภาพและปัญหาอาจารย์มหาวิทยาลัยไทย." กรุงเทพมหานคร : คณะรัฐประศาสนศาสตร์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, ๒๕๒๑.

อุทัย ภิรมย์รื่น, ผู้รวบรวม. "โครงการวิจัยซึ่งได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยรามคำแหงและแหล่งทุนอื่น ในปีงบประมาณ ๒๕๒๐-๒๕๒๓" กรุงเทพมหานคร : ฝ่ายส่งเสริมการวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง, ๒๕๒๓. (อัดสำเนา)

อุบลรัตน์ ศิริยุวศักดิ์, บรรณาธิการ. "เกณฑ์พิจารณาความดีความชอบของอาจารย์" <u>สารสภาคณาจารย์</u> ๙ (ธันวาคม ๒๕๒๒) : ๑๐-๑๒

เอนก ศิลปนิลมาลย์. "การสร้างเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของอาจารย์ในวิทยาลัยครู." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๐.

ภาษาอังกฤษ

Books

Chruden, Herbert J., and Sherman Jr., Arther W. Personnel Management. 3d ed. Ohio: South Western Publishing Co., 1968.

Johnson, Palmer O. Statistical Methods in Research. Englewood Cliff, N.J.: Prentice-Hall, 1961.

Kendall, Maurice G. A Course in Multivariate Analysis. London: Charles Griffin, 1968.

________. A Dictionary of Statistical Terms. 3d ed. New York: Hafner Publishing Co., 1971.

Tatsuoka, Maurice M. Multivariate Analysis Techniques Education and Psychology Research. New York: John Wiley & Sons, 1971.

Timm, Neil H. Multivariate Analysis with Applications in Education and Psychology. California: Monterey, 1975.

Articles

Faulkner, John J. "Attribution Tendency and Learned Helplessness." Dissertation Abstracts International 40 (May 1980): 5787-A.

Goldman, Renitta L. "A study of the Difference in the Social Perception of Learning Disabled and Non-Learning Disabled Children" Dissertation Abstracts International 40 (February 1980) : 4524 A.

Marks, Carolyn B., and others. "Word Frequency and Reading Comprehension." The Journal of Education al Research 69 (February 1974) : 259-262.

Vajiraya Buasri. "An Analysis of Student Personnel Services in Selected Universities in Thailand" Doctor's thesis, Department of Counselling and Personnel Services and Education Psychology, Michigan State University, 1974.

ภาคผนวก

ภาคผนวก (ก)

แบบสำรวจความคิดเห็น
เกี่ยวกับภารกิจของมหาวิทยาลัย

คำชี้แจง

แบบสำรวจนี้เป็นแบบสำรวจความคิดเห็นของอาจารย์เกี่ยวกับภารกิจของมหาวิทยาลัยรามคำแหง ซึ่งมีอยู่ 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นรายละเอียดส่วนตัวบางประการของผู้ตอบแบบสำรวจ ตอนที่ 2 ถามความคิดเห็นเกี่ยวกับภารกิจบางประการของมหาวิทยาลัยรามคำแหง ข้อมูลที่ได้จากแบบสำรวจนี้ จะนำไปใช้ในการทำวิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์ความคิดเห็นของอาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง" และผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการบริหารงานของมหาวิทยาลัย ท่านไม่จำเป็นต้องเขียนชื่อลงในแบบสำรวจนี้ และคำตอบของท่านก็จะถูกเก็บไว้เป็นความลับ

ขอได้โปรดแสดงความคิดเห็นตามความรู้สึกที่แท้จริงของท่านเอง

ขอขอบพระคุณ

(นางสาววรนุช พงศ์สถาพร)

ตอนที่ ๑

ท่านเป็นอาจารย์สังกัดภาควิชา.........................ของคณะ.............

ท่านสำเร็จปริญญาตรีในสาขาวิชาเอก..

ท่านสำเร็จปริญญาโทในสาขาวิชา..

ท่านสำเร็จปริญญาเอกในสาขาวิชา..

ปัจจุบันท่านสอนวิชา (ชื่อกระบวนวิชา) ๑..............๒..................

๓..........................

ตอนที่ ๒

ท่านมีความเห็นอย่างไรเกี่ยวกับความสำคัญของประเภทของงานเหล่านี้ โปรด แสดงความคิดเห็น โดยการให้คะแนนความสำคัญของงานต่าง ๆ ลงในตาราง ข้างล่างนี้

(จากคะแนนเต็ม งานละ ๑๐ คะแนน)

ประเภทของงาน	คะแนนความสำคัญของงานย่อยแต่ละประเภท	
	คะแนนเต็มงานละ ๑๐ คะแนน	คะแนนเต็มงานละ ๑๐ คะแนน
งานสอน	งานสอนแบบบรรยาย	งานสอนแบบปฏิบัติการ ....
งานวิจัย	งานวิจัยทางด้านวิชาการ	งานวิจัยทางด้านบุคคลากร ....
งานเขียนทางวิชาการ	งานแต่งตำรา	งานเขียนบทความ ....
งานบริการชุมชน	บริการภายในมหาวิทยาลัย	บริการภายนอกมหาวิทยาลัย ....

ตาราง (ก) แสดงการให้คะแนนความสำคัญเกี่ยวกับงานสอนของอาจารย์ 4 สาขาวิชา

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
8	8	7.5	5.5	10	10	10	10
9	9	6	8	8	8	6	8
10	8	10	10	10	8	10	10
10	10	10	10	8	8	10	10
7	9.5	5	10	8	10	10	10
10	10	8	8	7	10	6	10
8	9	10	8	10	7	10	10
6	5	7	7	8	10	10	10
10	8	10	8	10	10	10	10
7	10	10	10	6	6	10	8
9	10	8	8	10	10	9	10
10	5	9	9	10	10	10	10
8	10	10	10	9	5	10	10
8	5	8	8	10	10	10	10
8	9	8	8	10	10	10	10
9	8	10	5	8	8	10	10

ตาราง (ภ) (ต่อ)

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
9	10	7	5	8	8	5	10
2	10	6	9	7	7	10	10
10	6	10	8	6	4	7	10
6	4	8	9	10	5	5	7
8	10	9	6	10	10		
10	4			9	9		
8	10			6	10		
10	8			10	10		
10	5			10	10		
10	8			10	10		
8	8			6	4		
10	6			8	10		
9	7			6	8		
8	6			7	9		
				6.5	9		
				8	5		
				10	10		
				8	10		

X_1 คือ งานสอนแบบบรรยาย
X_2 คือ งานสอนแบบปฏิบัติการ

ตาราง(ข) แสดงการให้คะแนนความสำคัญเกี่ยวกับงานวิจัย ของอาจารย์ 4 สาขาวิชา

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
8	6	7	6	10	8	5	10
8	7	8	5	10	5	8	7
9	9	8	8	7	6	9	8
10	7	5	3	8	0	8	6
10	5	6	6	10	4	8	8
10	10	10	9	10	10	8	8
9	7	8	8	10	7	10	10
7	7	10	7	8	9	10	10
10	8	10	5	10	6	9	9
7	7	8	8	7	6	10	8
7	7	9	9	8	7	9	9
10	1	8	7	10	9	10	10
6	2	10	9	9	1	8	6
9	10	6	6	10	8	10	10
10	10	9	6	10	10	10	8
7	6	7	0	9	8	10	10
8	7	10	6	7	7	5	5
5	5	8	8	8	6	10	8

ตาราง(ข) ต่อ

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
10	10	10	7	4	5	10	6
7	3	9	8	8	7	8	10
10	8	8	6	7	7		
8	7			8	6		
8	10			8	8		
7	6			7	10		
8	9			10	5		
10	10			10	8		
8	8			10	8		
6	6			6	4		
7	6			10	8		
8	7			8	6		
7	8			6	7		
				9	6.5		
				10	10		
				10	10		
				10	10		

X_1 คือ งานวิจัยทางด้านวิชาการ

X_2 คือ งานวิจัยทางด้านบุคลากร

ตาราง (ค) แสดงการให้คะแนนความสำคัญเกี่ยวกับงานเขียนทางวิชาการของอาจารย์ 4 สาขาวิชา

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
10	8	7.5	5	10	8	8	8
10	6	9	6	7	6	9	8
9	8	10	7	10	8	9	8
10	7	10	5	9	8	5	6
10	7	10	8	9	9	8	8
7	6	9	9	10	8	10	6
9	8	10	8	10	7	10	7
7	7	10	7	8	8	10	5
8	7	10	10	10	8	10	8
7	7	9	8	7	6	10	10
8	5	8	6	9	8	10	7
9	8	9	9	10	9	10	10
8	8	10	9	8	3	8	5
10	8	8	6	10	8	10	10
9	8	9	9	10	10	10	8
7	5	7	8	9	6	10	10
7	6	10	10	8	6	5	5
5	5	9	8	8	6	10	6

ตาราง (ก) ต่อ

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
10	6	10	7	5.5	3.5	10	10
7	3	9	7	8	5	8	10
10	8	9	7	8	5		
8	3			8	6		
10	8			9	9		
6	6			10	10		
5	8			10	7		
10	10			10	9		
8	7			10	8		
7	7			7	3		
7	5			9	10		
8	7			7	6		
8	8			8	5		
				7	9		
				10	5		
				10	8		
				10	8		

X_1 คือ งานแต่งตำรา

X_2 คือ งานเขียนบทความ

ตาราง (ง) แสดงการให้คะแนนความสำคัญเกี่ยวกับงานบริการชุมชน ของอาจารย์ 4 สาขาวิชา

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
8	5	7.5	6	10	8	10	8
5	5	6	7	7	7	9	7
8	7	8	5	8	10	5	8
7	6	10	3	9	9	5	3
10	10	6	6	10	8	5	5
5	5	5	3	8	10	8	8
9	8	8	10	10	7	10	8
7	7	10	8	10	10	10	7
10	8	5	5	6	6	10	8
8	6	9	8	8	8	10	8
8	5	6	6	8	7	9	8
8	5	7	7	10	8	10	10
8	4	9	10	5	5	8	6
8	8	6	4	10	8	10	10
10	10	9	9	8	7	6	6
7	5	3	2	7	5	9	10
9	9	10	5	8	5	5	5
5	5	7	8	8	5	10	6

ตาราง(ง) (ต่อ)

กลุ่มอาจารย์สาขา							
คณิต-วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย-ศิลปะ	
X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
10	10	5	10	3.5	2.5	10	6
8	2	9	5	7	5	10	8
8	8	8	5	10	6		
5	3		8	5			
8	9		3	8	8		
7	5		[illegible]	6	6		
7	4			7	7		
10	5			9	8		
7	7			10	9		
8	7			8	2		
8	5			10	10		
9	7			8	7		
8	7			9	7		
				6	9		
				8	5		
				8	8		
				7	6		

X_1 คือ งานบริการชุมชนภายในมหาวิทยาลัย

X_2 คือ งานบริการชุมชนภายนอกมหาวิทยาลัย

ภาคผนวก (ข)

วิธีการทางสถิติและการคำนวณที่ใช้ในการวิจัย

1. สูตรหาความเที่ยง (reliability) ของฮอยท์ (Hoyt's analysis of variance)

$$r_{tt} = 1 - \frac{\text{ความแปรปรวนที่เหลือ}}{\text{ความแปรปรวนระหว่างบุคคล}}$$

2. สูตรหาเซนทรอยด์ (centroid) ของกลุ่ม

$$\bar{X}_{1k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} X_{1ki}}{n_k}$$

$$\bar{X}_{2k} = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} X_{2ki}}{n_k}$$

$$C_k = (\bar{X}_{1k}, \bar{X}_{2k})$$

C_k คือ ค่าเซนทรอยด์ของกลุ่ม k

$\bar{X}_{1k}$ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตในตัวแปรที่ 1 ของกลุ่ม k

$\bar{X}_{2k}$ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตในตัวแปรที่ 2 ของกลุ่ม k

3. สูตรหาค่าวิลด์ ไครทีเรียน (Wilks' criterion)

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|}$$

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{bmatrix}$$

$$W_{11} = \left[\Sigma X^2_{11i} - \frac{(\Sigma X_{11i})^2}{n_1}\right] + \left[\Sigma X^2_{12i} - \frac{(\Sigma X_{12i})^2}{n_2}\right]$$

$$+ \left[\Sigma X^2_{13i} - \frac{(\Sigma X_{13i})^2}{n_3}\right] + \left[\Sigma X_{14i} - \frac{(\Sigma X_{14i})^2}{n_4}\right]$$

$$W_{22} = \left[\Sigma X^2_{21i} - \frac{(\Sigma X_{21i})^2}{n_1}\right] + \left[\Sigma X^2_{22i} - \frac{(\Sigma X_{22i})^2}{n_2}\right]$$

$$+ \left[\Sigma X^2_{23i} - \frac{(\Sigma X_{23i})^2}{n_3}\right] + \left[\Sigma X^2_{24i} - \frac{(\Sigma X_{24i})^2}{n_4}\right]$$

$$W_{12} = W_{21} = \left[\Sigma X_{11i} X_{21i} - \frac{(\Sigma X_{11i})(\Sigma X_{21i})}{n_1}\right] + \left[\Sigma X_{12i} X_{22i} - \frac{(\Sigma X_{12i})(\Sigma X_{22i})}{n_2}\right]$$

$$+ \left[\Sigma X_{13i} X_{23i} - \frac{(\Sigma X_{13i})(\Sigma X_{23i})}{n_3}\right] + \left[\Sigma X_{14i} X_{24i} - \frac{(\Sigma X_{14i})(\Sigma X_{24i})}{n_4}\right]$$

$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix}$$

$$t_{11} = \left[\sum_1^N X_{1i} - \frac{(\sum_1^N X_{1i})^2}{N}\right]$$

$$t_{22} = \left[\sum_1^N X_{2i} - \frac{(\sum_1^N X_{2i})^2}{N}\right]$$

$$t_{12} = t_{21}$$

$$= \left[\sum_1^N X_{1i} X_{2i} - \frac{(\sum_1^N X_{1i})(\sum_1^N X_{2i})}{N}\right]$$

4. สูตรการทดสอบนัยสำคัญของราว (Rao)

$$\left[\left(\frac{1}{\Lambda}\right)^{\frac{1}{2}}-1\right]\frac{N-k-1}{k-1} = F_{2(k-1),\,2(N-k-1)}$$

เมื่อ $N = n_1+n_2+n_3+n_4$

$k = 4$

5. สูตรหาค่า T^2 ของโฮเทลลิ่ง (Hotelling)

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1+n_2}(\bar{\mathbf{X}}_1-\bar{\mathbf{X}}_2)' \mathbf{C}_w^{-1}(\bar{\mathbf{X}}_1-\bar{\mathbf{X}}_2)$$

เมื่อ n_1 และ n_2 คือขนาดของกลุ่ม 1 และ 2 ตามลำดับ

และเมื่อ...

$$\bar{\mathbf{X}}_1 = \begin{bmatrix} \bar{x}_{11} \\ \bar{x}_{21} \end{bmatrix}$$

$$\bar{\mathbf{X}}_2 = \begin{bmatrix} \bar{x}_{12} \\ \bar{x}_{22} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{C}_w = \begin{bmatrix} c_{w_{11}} & c_{w_{12}} \\ c_{w_{21}} & c_{w_{22}} \end{bmatrix}$$

$$c_{w_{11}} = \frac{\left[\Sigma x_{11i}^2 - \frac{(\Sigma x_{11i})^2}{n_1}\right] + \left[\Sigma x_{12i}^2 - \frac{(\Sigma x_{12i})^2}{n_2}\right]}{n_1+n_2-2}$$

$$C_{w_{22}} = \frac{\left[\sum x_{21i}^2 - \frac{(\sum x_{21i})^2}{n_1}\right] + \left[\sum x_{22i}^2 - \frac{(\sum x_{22i})^2}{n_2}\right]}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$C_{w_{12}} = C_{w_{21}}$$

$$= \frac{\left[\sum x_{11i} x_{21i} - \frac{(\sum x_{11i})(\sum x_{21i})}{n_1}\right] + \left[\sum x_{12i} x_{22i} - \frac{(\sum x_{12i})(\sum x_{22i})}{n_2}\right]}{n_1 + n_2 - 2}$$

6. สูตรการทดสอบนัยสำคัญของโฮเทลลิ่ง (Holling) T^2

$$\frac{N - P - 1}{P(N-2)} \cdot T^2 = F_{P, N-P-1}$$

เมื่อ $N = n_1 + n_2$

ตัวอย่างการคำนวณ

1. หาความเที่ยง (reliability) ของแบบสำรวจ

ตาราง จ. แสดงข้อมูลการให้คะแนนความสำคัญของงาน 8 ประเภท (8ข้อกระทง) ของอาจารย์ 107 ท่าน (รวม 4 สาขาวิชา)

คนที่	ข้อกระทง 1	2	3	4	5	6	7	8	รวม
1	8	8	8	6	10	8	8	5	$\sum_S X_{S1} = 61$
2	9	9	8	7	10	6	5	5	$\sum_S X_{S2} = 59$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
107	5	7	8	10	8	10	10	8	$\sum_S X_{S107} = 66$
รวม	$\sum_i X_{1i}$ 913	$\sum_i X_{2i}$ 904	$\sum_i X_{3i}$ 905	$\sum_i X_{4i}$ 764.5	$\sum_i X_{5i}$ 935	$\sum_i X_{6i}$ 772.5	$\sum_i X_{7i}$ 848	$\sum_i X_{8i}$ 717.5	$\sum_S \sum_i X_{Si} = 6759.5$

$S = 1,2,\ldots,k$; $k = 8$

$i = 1,2,\ldots,n$; $n = 107$

$N = kn = 856$

มัชฌิมเลขคณิตใหญ่ $= \bar{X}_{..}$

$$= \frac{\sum_S \sum_i X_{Si}}{N}$$

มัชฌิมเลขคณิตของสดมภ์ $= \bar{X}_{s.} = \dfrac{\sum_i X_{si}}{n}$

มัชฌิมเลขคณิตของแถว $= \bar{X}_{.i} = \dfrac{\sum_s X_{si}}{k}$

1. หาค่า SS ระหว่างข้อ ดังนี้

$$\sum_s \sum_i (\bar{X}_{si} - \bar{X}_{..})^2 = \frac{\sum_s (\sum_i X_{si})^2}{n} - \frac{(\sum_s \sum_i X_{si})^2}{N}$$

$$= \frac{(913)^2 + (904)^2 + \ldots + (717.5)^2}{107} - \frac{(6759.5)^2}{856}$$

$$= 53823.941 - 53377.149$$

$$= 466.7918$$

2. หาค่า SS ระหว่างคน ดังนี้

$$\sum_s \sum_i (\bar{X}_{.i} - \bar{X}_{..})^2 = \frac{\sum_i (\sum_s X_{si})^2}{k} - \frac{(\sum_s \sum_i X_{si})^2}{N}$$

$$= \frac{(61)^2 + (59)^2 + \ldots + (66)^2}{8} - \frac{(6759.5)^2}{856}$$

$$= 54493.406 - 53377.149 = 1116.257$$

3. หาค่า SS ทั้งหมด ดังนี้

$$\sum_s \sum_i (X_{si} - \bar{X}_{..})^2 = \sum_s \sum_i X_{si}^2 - \frac{(\sum \sum X_{si})^2}{N}$$

$$= (8)^2 + (9)^2 + \ldots + (5)^2 + (8)^2 + \ldots + (8)^2 - \frac{(6759.5)^2}{856}$$

$$= 56524.75 - 53377.149$$

$$= 3147.601$$

4. หาค่า SS ที่เหลือ ดังนี้

SS ที่เหลือ = SS ทั้งหมด - SSระหว่างข้อ - SS ระหว่างคน

= 3147.601 - 446.7917 - 1116.257

= 1584.5522

ตาราง ฉ. แสดงการหาความเที่ยงของแบบสำรวจโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์ (Hoyt's analysis of variance)

แหล่งของความแปรปรวน	df	SS	MS	$r_{tt}=1-\frac{c}{a}$
ระหว่างบุคคล	106	1116.257	10.5307(a)	
ระหว่างข้อ	7	446.7918	63.8274(b)	0.797211
ที่เหลือ	742	1584.5522	2.1355(c)	
ทั้งหมด	855	3147.601		

2. หาความแตกต่างของความคิดเห็นของอาจารย์ 4 สาขาวิชา เกี่ยวกับงานสอน โดยวิธี MANOVA

ตารางข้อมูล แสดงการให้คะแนนความสำคัญของงานสอนของอาจารย์ ๔ กลุ่ม

คณิต - วิทย์		สังคมศึกษา		ภาษา		พลานามัย - ศิลปะ	
X_{11i}	X_{21i}	X_{12i}	X_{22i}	X_{13i}	X_{23i}	X_{14i}	X_{24i}
8	8	7.5	5.5	10	10	10	10
9	9	.	.	8	8	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	9	6	.	.	5	7
.	.			.	.		
8	6			10	10		
				8	10		

$\sum_{1}^{n_k} X_{jki}$	263	245.5	176.5	169.5	295.5	296	178	193
$\sum_{1}^{n_k} X_{jki}^2$	2319	2070.25	1533.25	1420.25	2571.25	2632	1652	1877
$\sum_{1}^{n_k} X_{1ki} X_{2ki}$	2066.5		1430.25		2538.5		1733	

$\sum_{1}^{N} X_{1i} = 913$ $\qquad \sum_{1}^{N} X_{1i}^2 = 8075.5$ $\qquad \sum_{1}^{N} X_{1i} X_{2i} \quad 7768.25$

$\sum_{1}^{N} X_{2i} = 904$ $\qquad \sum_{1}^{N} X_{2i} = 7999.5$

หมายเหตุ X_{1ki} คือ งานสอนแบบบรรยาย

X_{2ki} คือ งานสอนแบบปฏิบัติการ

$j = 1,2$ จำนวนตัวแปร

$k = 1,4$ จำนวนกลุ่ม

$n = 1,n_k$ ขนาดของกลุ่ม

$$w_{11} = \left[2319-\frac{(263)^2}{31}\right] + \left[1533.25-\frac{(176.5)^2}{21}\right] + \left[2571.25-\frac{(295.5)^2}{35}\right]$$

$$+ \left[1652-\frac{(178)^2}{20}\right]$$

$$= 281.73717$$

$$w_{22} = \left[2070.25-\frac{(245.5)^2}{31}\right] + \left[1420.25-\frac{(169.5)^2}{21}\right] + \left[2632-\frac{(297)^2}{35}\right]$$

$$+ \left[1877-\frac{(193)^2}{20}\right]$$

$$= 321.42696$$

$$w_{12} = w_{21} = \left[2066.5-\frac{(263)(245.5)}{31}\right] + \left[1430.25-\frac{(176.5)(196.5)}{21}\right]$$

$$+ \left[2538.5-\frac{(295.5)(296)}{35}\right] + \left[1733-\frac{(178)(193)}{20}\right]$$

$$= 44.066822$$

$$t_{11} = 8075.5-\frac{(913)^2}{107}$$

$$= 285.13351$$

$$t_{22} = 7999.5-\frac{(904)^2}{107}$$

$$= 361.96729$$

$$t_{12} = t_{21} = 7768.25-\frac{(913)(904)}{107}$$

$$= 54.679907$$

$$|W| = \begin{vmatrix} 281.73717 & 44.066822 \\ 44.066822 & 321.73717 \end{vmatrix} = 88616.037$$

$$|T| = \begin{vmatrix} 285.13551 & 54.679907 \\ 54.679907 & 361.96729 \end{vmatrix} = 100219.83$$

$$\Lambda = \frac{|W|}{|T|} = 0.8842165$$

$$R \sim F = \left[\left(\frac{1}{\Lambda}\right)^{1/2} - 1\right] \frac{N - k - 1}{k - 1} = 2.1576011$$

<u>การทดสอบสมมุติฐาน</u>

$H_0 : C_1 = C_2 = C_3 = C_4$

$H_1 : C_1 \neq C_2 \neq C_3 \neq C_4$

$\alpha = .05$

$\Lambda = 0.8842165$

$R \sim F = 2.1576011$

$F_{6,204} = 2.14$

$R > F_{6,204}$

$\therefore$ reject H_0

3. หาความแตกต่างของความคิดเห็นของอาจารย์ สาขาวิชา เกี่ยวกับงานสอน โดยวิธีโฮเทลลิ่ง T^2

ตารางข้อมูล แสดงการให้คะแนนความสำคัญของงานสอนของอาจารย์สาขาวิชาคณิต-วิทย์ และอาจารย์สาขาวิชาพลานามัย-ศิลปะ

	คณิต - วิทย์		พลานามัย - ศิลปะ	
	X_{11i}	X_{21i}	X_{12i}	X_{22i}
	8	8	10	10
	9	9	⋮	⋮
	⋮	⋮	5	7
	8	6		
$\sum_{1}^{n_k} X_{jki}$	263	245.5	178	193
$\sum_{1}^{n_k} X_{jki}^2$	2319	2070.25	1652	1877
$\sum_{1}^{n_k} X_{1ki}X_{2ki}$	2066.5		1733	
$\bar{X}_j$	8.4839	7.9194	8.9	9.65

$$(\bar{X}_1-\bar{X}_2)=\begin{bmatrix}8.4839\\7.9194\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}8.9\\9.65\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-0.4161\\-1.7306\end{bmatrix}$$

$$(\bar{X}_1-\bar{X}_2)'=\begin{bmatrix}-0.4161 & -1.7306\end{bmatrix}$$

$$C'_{w_{11}} = \frac{\left[2319-\frac{(263)^2}{31}\right] + \left[1652-\frac{(178)^2}{20}\right]}{31+20-2} = 3.1743252$$

$$C'_{w_{22}} = \frac{\left(2070.25-\frac{(245.5)^2}{31}\right) + \left(1877-\frac{(193)}{20}\right)}{31+20-2} = 2.8693548$$

$$C'_{w_{12}} = C'_{w_{21}} = \frac{\left[2066.5-\frac{(263)(245.5)}{31}\right] + \left[1733-\frac{(178)(193)}{20}\right]}{31+20-2} = -0.0202106$$

$$C_w = \begin{bmatrix} 3.1743 & -0.0202 \\ -0.0202 & 2.8694 \end{bmatrix}$$

$$C_w^{-1} = \frac{1}{9.1079}\begin{pmatrix} 2.8694 & 0.0202 \\ 0.0202 & 3.1743 \end{pmatrix}$$

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)' C_w^{-1}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$$

$$= 13.3913$$

$$F = \frac{N - P - 1}{P(N - 2)} . T^2$$

$$= 6.6318$$

<u>การทดสอบสมมุติฐาน</u>

$H_0: C_1 = C_2$

$H_1: C_1 \neq C_2$

$\alpha = .01$

$T^2 = 13.3913$

$F = 6.6318$

$F_{2,48} = 5.08$

$F > F_{2,48}$

$\therefore$ reject H_0

ภาคผนวก (ค)

ลักษณะการแจกแจงของมัลติแวริเอต

ลักษณะของมัลติแวริเอตที่จะนำมาทดสอบความมีนัยสำคัญนั้น จะต้องมีข้อตกลงเบื้องต้นพื้นฐานที่จำเป็นคือ ตัวแปรเหล่านั้นจะต้องมีการแจกแจงเป็นปกติ (multivariate normal distribution) สำหรับกรณีของ 2 ตัวแปร คือ X_1 และ X_2 จะมีฟังชั่นที่เรียกว่าเดนซิตี้ฟังชั่นปกติแบบไบแวริเอต (bivariate normal density function) ดังนี้

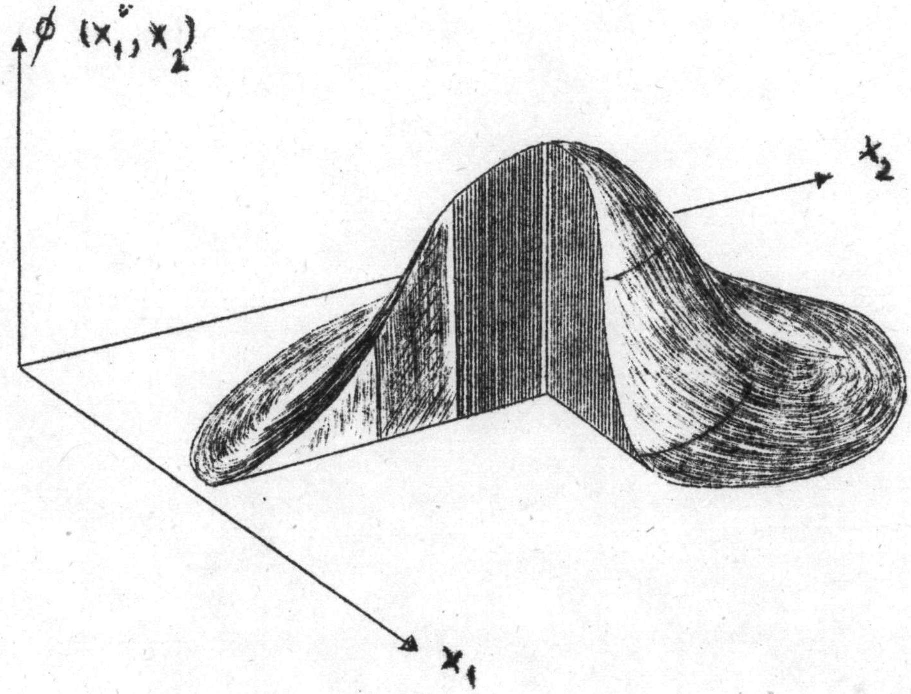
$$\phi(X_1,X_2) = \frac{1}{2\pi\sigma_1\sigma_2\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left\{\frac{-1}{2(1-\rho^2)} \quad \frac{X_1-\mu_1}{\sigma_1^2} + \frac{X_2-\mu_2}{\sigma_2^2} + \frac{2p(X_1-\mu_1)(X_2-\mu_2)}{\sigma_1\sigma_2}\right. \qquad \text{- - - - - - - - (1)}$$

เมื่อ μ_i คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตของ X_i $(i = 1, 2)$

σ_i^2 คือ ค่าความแปรปรวนของ X_i $(i = 1, 2)$

ρ คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร

สมการ (1) มีพื้นที่ผิวเป็นรูปร่างคล้ายระฆังคว่ำ การที่รูประฆังนี้จะใหญ่หรือเล็ก สูงหรือต่ำ ก็ขึ้นอยู่กับค่าของ ρ และอัตราส่วนระหว่าง σ_1/σ_2



รูป (ก) แสดงรูปพื้นผิวปกติแบบไบแวริเอต (bivariate normal density surface)

จากรูป (ก) แสดงให้เห็นถึงรูประฆังคว่ำของพื้นผิวปกติแบบไบแวริเอต (bivariate normal surface) ที่มี $\rho = .6$ และ $\sigma_1 = \sigma_2 = 1$ เนื่องจากรูประฆังคว่ำในรูป (ก) เขียนขึ้นมายาก และไม่สามารถบอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณได้ จึงมักจะเขียนรูปนี้แทนด้วยรูปซึ่งเป็นรอยตัดขวางของพื้นที่ผิวระฆังที่ตัดขนานกับระนาบ (X_1, X_2) ซึ่งมีสมการเขียนแทนด้วยค่าที่อยู่ในเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) ของสมการ (1) โดยให้มีค่าเท่ากับค่าคงที่ c ซึ่งมีค่าเป็นบวก ดังนี้

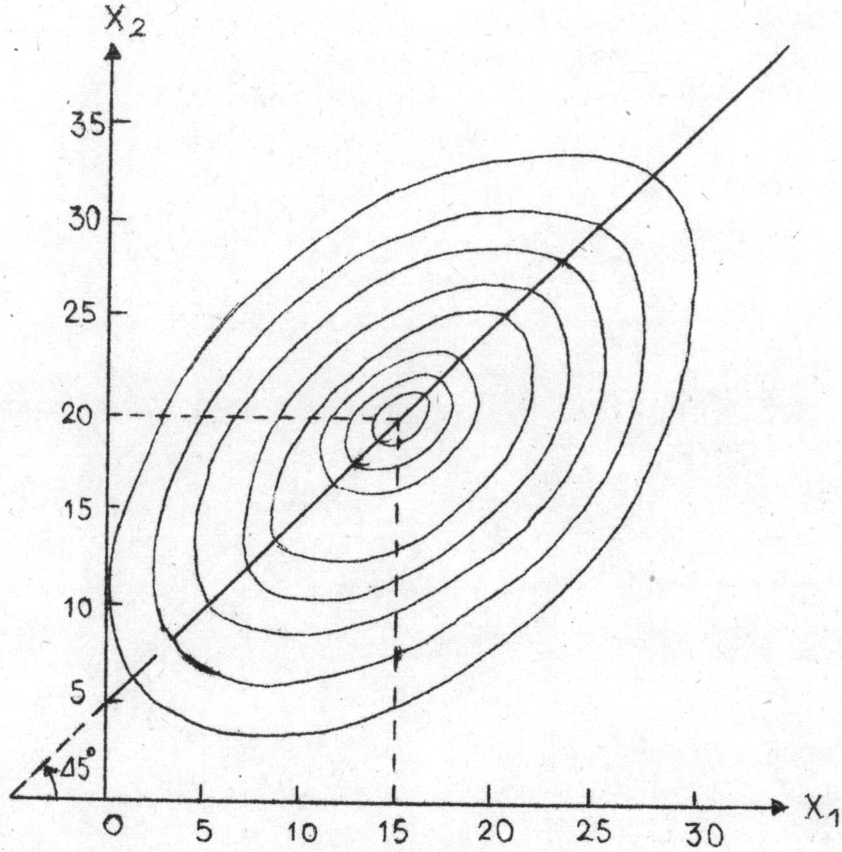
$$\frac{(x_1-\mu_1)^2}{\sigma_1^2} + \frac{(x_2-\mu_2)^2}{\sigma_2^2} - \frac{2\rho(x_1-\mu_1)(x_2-\mu_2)}{\sigma_1\sigma_2} = C \quad ---(2)$$

สมการ (2) นี้ มีรูปเป็นอีลิปหลาย ๆ วงซ้อน ๆ กัน (ดูรูปที่ [illegible]) มีจุดศูนย์-กลางร่วมอยู่ที่ (μ_1, μ_2) ซึ่งเป็นเซนทรอยด์ของประชากร**ไบแวริเอต** (bivariate population) และมีเม**เจอร์**หรือไมเนอร์ แอกซิส (major or minor axis) (เส้นที่ยาวที่สุดและสั้นที่สุดที่ผ่านจุดศูนย์กลาง) ทำมุมกับแกน x_1 ดังนี้

$$\Theta = \begin{cases} \frac{1}{2}\arctan\frac{2\rho\sigma_1\sigma_2}{\sigma_1-\sigma_2} & \text{เมื่อ } \sigma_1 \neq \sigma_2 \\ 45^\circ & \text{เมื่อ } \sigma_1 = \sigma_2 \end{cases} \qquad (3)$$

Θ จะเป็นมุมที่เกิดจากเมเจอร์แอกซิสกับแกน x_1 ก็ต่อเมื่อ $\rho > 0$

และ จะเป็นมุมที่เกิดจากไมเนอร์แอกซิสกับแกน x_1 ก็ต่อเมื่อ $\rho < 0$



รูป (.๗) แสดงชุดของอีลิปหลาย ๆ วงตามค่าของพารามีเตอร์ c ที่ฟังชั่น

$$(X_1-15)^2 + (X_2-20)^2 - 1.2(X_1-15)(X_2-20) = 25\,c$$

จากรูป (๗) แสดงให้เห็นถึงรูปอีลิปหลาย ๆ วง ซ้อน ๆ กัน ซึ่งมี $\mu_1 = 15$ $\mu_2 = 20$, $\sigma_1 = \sigma_2 = 5$ และ $\rho = .6$ และจากการแทนค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ลงในสมการ (2) ทำให้เกิดสมการของอีลิปดังนี้

$$\frac{(X_1-15)^2}{25} + \frac{(X_2-20)^2}{25} - \frac{2(.60)(X_1-15)(X_2-20)}{25} = C$$

$$(X_1-15)^2+(X_2-20)^2-1.2(X_1-15)(X_2-20) = 25C \text{---(4)}$$

สมการ (4) นี้แทนกลุ่มของอีลิปที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ (15,20) มีเมเจอร์แอกซิส ทำมุม 45° กับแกน X_1 เพราะ $\sigma_1 = \sigma_2$ และ $\rho > 0$ ตามเงื่อนไขในสมการ (3) และเมื่อแทนค่าต่าง ๆ ของ X_1 และ X_2 ลงในสมการ (4) ก็จะได้ค่า C ต่างๆกัน สำหรับค่า C หนึ่งค่าแทนด้วยรูปอีลิป 1 วง จากรูป (ข) นี้ได้แสดงกลุ่มของอีลิปหลาย ๆ วง 3 วงแรก (นับจากนอกสุด) แทนค่า C ด้วย 5.89, 2.95 และ 2.06 ตามลำดับ และ 3 วงสุดท้าย แทนค่า C ด้วย 0.29, 0.13 และ 0.01 ตามลำดับ

สำหรับในกรณีของ P ตัวแปร (P > 2) มัวริซ เอม ทาซูโอกะ (Maurice M. Tatsuoka) ได้พัฒนาหาสูตรของเดนซิตี้ฟังชั่นปกติ P ตัวแปร (P-variate normal density function) โดยจากการเปรียบเทียบดูเดนซิตี้ฟังชั่นปกติแบบไบแวริเอต (bivariate normal dansity function)ในสมการ (1) กับ เดนซิตี้ฟังชั่นปกติแบบยูนิแวริเอต (univariate normal density function) ในสมการ (5)

$$\phi(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma} \exp\left[-(X-\mu)^2/\,2\sigma^2\right] \quad \text{.........(5)}$$

ทำให้ได้เดนซิตี้ฟังชั่นปกติ P ตัวแปร หรือ เดนซิตี้ฟังชั่นปกติแบบมัลติแวริเอต (multivariate normal density function) ซึ่งสรุปเป็นทฤษฎีดังนี้

กำหนดให้ $N(\mu, \Sigma)$ เป็นลักษณะการกระจายปกติของประชากร P ตัวแปร ที่มีเดนซิตี้ ฟังชั่น (density function) เป็นดังนี้

$$\phi(x_1, x_2, \ldots, x_p) = (2\pi)^{-P/2} |\Sigma|^{-1/2} \exp(-\chi^2/2) \quad \text{------} (6)$$

และค่าของ χ^2 ในเอกซ์โปเนนเชียล คือ ตัวแปร ไค-สแควร์ (chi-square variate) ที่ชั้นแห่งความอิสระเท่ากับ P โดยที่....

$$\chi^2 = X' \Sigma^{-1} X \quad (7)$$

เมื่อ μ คือ เมตริกซ์ของค่ามัชฌิมเลขคณิตของประชากร P ตัวแปร

$$\mu = \begin{bmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \\ \vdots \\ \mu_p \end{bmatrix}$$

X คือ ค่าของตัวแปรที่เบี่ยงเบนจากค่ามัชฌิมเลขคณิตของประชากร

$$X = \begin{bmatrix} x_1 - \mu_1 \\ x_2 - \mu_2 \\ \vdots \\ x_p - \mu_p \end{bmatrix}$$, X' คือ ทรานสโปสของ X

Σ คือ ดิสเปอร์ชั่นเมตริกซ์

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12}\sigma_1\sigma_2 & \cdots & \rho_{1p}\sigma_1\sigma_p \\ \rho_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2^2 & \cdot & \rho_{2p}\sigma_2\sigma_p \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \rho_{p1}\sigma_p\sigma_1 & \rho_{p2}\sigma_p\sigma_2 & \cdots & \sigma_p^2 \end{bmatrix}$$

Σ^{-1} คือ อินเวอร์สของ Σ

ภาคผนวก (ง)

<u>ข้อเพิ่มเติมของ T^2, Λ และ V</u>

ลักษณะของสูตรโฮเทลลิ่ง T^2 คล้าย (analogue) กับอัตราส่วน t ดังแสดงให้เห็นดังนี้

จากสูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_W^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \qquad (8)$$

$\bar{X}_1$ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ คือ ค่ามัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มที่ 2

n_1, n_2 คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

S_W^2 คือ ผลรวมของความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Pooled within group)

สมการ (8) ยกกำลังสอง

$$t^2 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{S^2_W\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}$$

$$= \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)(S_W^2)^{-1}(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$$

ซึ่งเทียบได้กับสูตรโฮเทหลิ่ง T^2 ดังนี้

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}(\bar{X}_{(1)} - \bar{X}_{(2)})' \, \mathbf{C}_W^{-1} (\bar{X}_{(1)} - \bar{X}_{(2)}) \qquad (9)$$

$\mathbf{C}_W^{-1}$ คือ ค่าดิสเปอร์ชั่นเมตริกซ์ที่เกิดจากความแปรปรวนภายในกลุ่ม และได้มาจากการเอา SSCP เมตริกซ์ภายในกลุ่มตัวอย่าง **W** มาหารด้วยจำนวนชั้นแห่งความอิสระ $n_1 + n_2 - 2$ ดังนี้

$$C_W = \frac{W}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$C_W^{-1} = (n_1 + n_2 - 2)\, W^{-1}$$

ทำให้สูตรโฮเทลลิ่ง T^2 ในสมการ (9) เขียนได้ใหม่เป็น

$$\frac{n_1 n_2 (n_1+n_2-2)}{n_1 + n_2} \quad (\bar{X}_{(1)}-\bar{X}_{(2)})' \; W^{-1}(\bar{X}_{(1)}-\bar{X}_{(2)}) \qquad (10)$$

วิลค์ (Wilks) ได้สร้าง Λ ไครทีเรียน (criterion) ขึ้นสำหรับทดสอบนัยสำคัญมัลติแวริเอต และได้แสดงให้เห็นว่า Λ มีการแจกแจงแบบเดียวกับการแจกแจงของอัตราส่วน F (F-ratio) โดยเฉพาะเมื่อ $P = 1$ Λ สามารถลดรูป (reduce) ไปเป็นฟังชั่นของอัตราส่วน F ดังนี้

$$\Lambda_{P=1} = \frac{SS_w}{SS_t}$$

$$= \frac{SS_w}{SS_b + SS_w}$$

$$= \frac{1}{1 + (SS_b/SS_w)}$$

$$= \frac{1}{1 + F\,\frac{K-1}{N-K}} \qquad \left(\frac{SS_b}{SS_w} = \frac{K-1}{N-K} \cdot F \right)$$

จะเห็นได้ว่าในกรณีของยูนิแวริเอต ระหว่างค่า Λ และ F มีความสัมพันธ์กลับกัน เมื่อใช้ในการวัดความแตกต่างระหว่างค่ามัชฌิมเลขคณิตหลาย ๆ กลุ่ม ก็จะเห็นว่าค่าความ-แตกต่างระหว่างค่ามัชฌิมเลขคณิตยิ่งมาก (เกี่ยวข้องกับความแปรเปลี่ยนภายในกลุ่ม) ค่า F ก็จะยิ่งมาก และยังมีผลให้ค่า Λ ยิ่งน้อยลง ข้อสังเกตนี้เป็นจริง ในกรณีของมัลติแวริเอตด้วย คือ ความแตกต่างระหว่างกลุ่มเซนทรอยด์ (centroids) หลาย ๆ ตัว มีค่ายิ่งมาก (เกี่ยวข้องกับเจนเนอร์ไลซ์ แวร์เรียนซ์ ภายในกลุ่ม) ค่าของ Λ ยิ่งเล็กลง

นักสถิติหลายท่านได้คิดฟังชั่นของ Λ ขึ้นให้มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงบางอันที่รู้ค่า เพื่อที่จะนำมาใช้ในการทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่าง ซึ่งวัดจากค่า Λ

บาร์ตเลตต์ (Bartlett) (1947) ได้เขียนฟังชั่นลอกการิทึมของ Λ (logarithmic function) ขึ้น โดยมีการกระจายของฟังชั่นใกล้เคียงกับการกระจายของค่าไค–สแควร์ (chi-square) ที่ชั้นแห่งความอิสระ P (k-1) โดยที่ค่าของ **N - 1 - (P + k)/2** จะต้องมีค่ามาก ๆ ฟังชั่นลอกกาลิทึมของบาร์ตเลตต์กำหนดไว้ดังนี้

$$V = - \ N-1-(P+k)/2 \ \ln \Lambda$$

$$= - 2.3026 \ N-1-(P+k)/2 \ \log \Lambda \qquad (11)$$

V คือ ค่าสถิติที่แสดงค่าเซนไทล์ (centile) ของฟังชั่นลอกการิทึมของ

Λ คือ ค่าของ Wilk criterion

เนื่องจากฟังชั่นของบาร์ตเลตต์ยังมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นชัตซอฟฟ์ (Schatzoff) (1964, 1966a) ได้แสดงให้เห็นว่าการคำนวณจะได้ค่าที่ถูกต้อง (exact) อาจทำได้ก็ต่อเมื่อ P เป็นจำนวนคู่ หรือ K เป็นจำนวนคี่เท่านั้น สำหรับกรณีอื่น ๆ (คือ P เป็นจำนวนคี่ และK เป็นจำนวนคู่) ก็สามารถประมาณค่าที่ถูกต้องได้ จากการเปรียบเทียบค่าในตารางของชัตซอฟฟ์กับตารางข้างเคียง ชัตซอฟฟ์ได้สร้างตารางของชัตซอฟฟ์ขึ้น โดยอาศัยฟังชั่นลอกการิทึมของบาร์ตเลตต์ (สมการ (11)) พร้อมด้วยค่าแก้ (correction factor) ของชัตซอฟฟ์เอง ทำให้ค่า V ประมาณ เท่ากับค่า ไค–สแควร์ ถูกต้องถึง 2 ตำแหน่ง เมื่อ N มีค่าประมาณ 100 หรือมากกว่า และถูกต้องถึง 3 ตำแหน่ง เมื่อ N มากกว่า 180 และที่องศาของความถูกต้องเดียวกันพบว่า N ลดลง เมื่อจำนวนตัวแปรและจำนวนกลุ่มลดลง เช่น เมื่อ P = K = 5 ขนาดของ N = 70 (โดยเฉลี่ยกลุ่มละ 14 คน) ก็เพียงพอที่จะมีความถูกต้องถึง 3 ตำแหน่ง

ตารางของชัตซอฟฟ์มีเหตุผลดี สำหรับขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใหญ่พอประมาณ และเนื่องจากค่าแก้ (correction factor) ของชัตซอฟฟ์มีค่าใหญ่กว่า 1 เสมอ เมื่อ N มีค่าจำกัด ดังนั้น การใช้ค่า χ^2 ประมาณค่า v ที่คำนวณจากสมการ(11)จึงให้ผลการทดสอบที่ไม่ถูกต้อง คือค่า v จะมีค่ามากกว่าค่าของ $\chi^2_{P(k-1)}$ ที่ระดับเซนไทล100 (1- α) และเราจะเชื่อว่าข้อทดสอบนั้นถูกต้องก็ต่อเมื่อการทดสอบนั้นไม่นำไปสู่การปฏิเสธ H_0 คือค่า v เกือบจะเกินค่า $\chi^2_{P(k-1)}$ ที่เซนไทล์เดียวกัน แต่วิธีที่ดีคือใช้ตารางของชัตซอฟฟ์เพื่อที่จะดูว่าค่า v มีนัยสำคัญที่ระดับนั้นหรือไม่ เพราะตารางของชัตซอฟฟ์แสดงค่าเซนไทล์ที่ 95, 97.5 และ99 ของv

ยังมีฟังชั่นของ Λ อีกฟังชั่งหนึ่งที่ดูเหมือนว่าจะใช้ค่าประมาณได้ดีกว่าของบาร์ตเลตต์ (เมื่อไม่มีค่าแก้ของชัตซอฟฟ์) และเมื่อตารางของชัตซอฟฟ์ใช้ไม่ได้ หรือเมื่อ P (k-1) มากกว่า 70 ซึ่งเป็นข้อจำกัดความสามารถในการคำนวณ และเป็นค่าสูงสุดของ P (k-1) สำหรับตารางของชัตซอฟฟ์ ฟังชั่นใหม่นี้ราว (Rao) เป็นผู้คิดขึ้น มีสูตรว่า

$$R = \frac{1 - \Lambda^{1/s}}{\Lambda^{1/s}} \cdot \frac{ms - P(k-1)/2+1}{P(k-1)} \qquad \text{--------} (12)$$

เมื่อ $m = N - 1 - (P + k)/2$ ------------(12a)

$$s = \sqrt{\frac{P^2(k-1)^2 - 4}{P^2 + (k-1)^2 - 5}} \qquad \text{------------}(12b)$$

ค่าสถิติ R มีการกระจายโดยปกติเหมือนตัวแปร ที่ชั้นแห่งความอิสระ $v_1 = P(k-1)$ และ $v_2 = ms - P(k-1)/2+1$ ถ้า v_2 ไม่เป็นจำนวนเต็มก็อาจจะใช้ค่าแทรกระหว่างค่าในตาราง F หรือใช้วิธีง่าย ๆ คือใช้ค่าจำนวนเต็มที่ใกล้เคียงกับค่า v_2 ที่สุด

ค่า v ขอ บาร์ตเลตต์ และค่า R ของราว ต่างก็มีประโยชน์ กล่าวคือ ค่า v ที่ใช้ควบคู่กับตารางของชัตซอฟฟ์ สามารถนำไปสู่การทดสอบที่ถูกต้อง ค่า v มีประโยชน์ตรงที่อยู่ในรูปของฟังชั่น $\log\Lambda$ ซึ่งสามารถแสดงนิพจน์ในรูปของผลบวกหลาย ๆเทอม แต่ละเทอมก็จะประมาณค่าตัวแปรไคสแควร์ด้วยตัวของมันเอง และเมื่อ Λ แสดงอยู่ในรูปของผลคูณ

หลาย ๆ แฟคเตอร์ก็จะมีประโยชน์ในด้านการนำไปใช้ ส่วนค่าสถิติ R เป็นที่ยอมรับว่าเป็นตัวทดสอบโดยประมาณที่เข้าใกล้ความจริงกว่า และมีคุณสมบัติที่จะลดรูป (reduces) ไปเป็นตัวแปร F ที่ถูกต้อง เมื่อ P = 1 หรือ 2 หรือเมื่อ K = 2 หรือ 3 ซึ่งในกรณีพิเศษเหล่านี้ได้แสดงให้ดูในตาราง (1) แล้ว

ประวัติการศึกษา

นางสาววรนุช พงศ์สถาพร สำเร็จการศึกษาครุศาสตรบัณฑิตสาขามัธยมศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป วิชาโทคณิตศาสตร์ จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2516 และได้เข้าเป็นนิสิตบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แผนกวิจัยการศึกษา สาขาสถิติการศึกษา ปีการศึกษา 2521 ปัจจุบันเป็นอาจารย์ โรงเรียนมัธยมสาธิตรามคำแหง คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง