บรรณานุกรม

Apffel,C.A., Peters,I.H. 1969. Tumors and serum glycoprotein. The "Symbodies".Progr.Exp.Tumur Res.12:1-54

Asakawa,T.,Matsushita,S.1979. Thiobarbituric acid test for detecting liquid peroxides.Liquid.14:401-406.

Bekman,G.,Eklund.A.,Frohland,N.,and Stjerberg,N. 1986. Haptoglobin groups and lung cancer.Hum. Hered.36: 258-260.

Bessarabic,D.M.1983. Haptoglobin (Hp) and professional irradiation. Proceedings of XI Regional Congress of International Radiation Protection Meeting.Vienna. September 20-24:275-278.

Burger,M., Knyszynski,A.,and Berenblum,I.1969. Stimulation of thymic and bone marrow regeneration in irradiation mice by protein fractions of human serum and sheep spleen.Radiat.Res. 40:193-202.

_____.,Knyszynski,A.1971. Haptoglobin and irradiation in mice. Radiat.Res.46:613-620.

Chlebovsky,O.,Praslicka,M.,and Chlebovska,K. 1981. Characteristic of changes in the serum proteins of continuously irradiated rats. Physiologia Bohemoslovaca.30:557-567.

Chlebovska,K.,and Chlebovsky,O.1986.Serum protein in rats irradiation continuously over a long period at disminishing radiation dose rates. Physiologia Bohemoslovaca.35:134-139.

Clarke,H.G.M.,and Freeman,T.1968. Quantitative immunoelectrophoresis of serum proteins.Clin.Sci.35:403-413.

Coombers,R.C.,Powles,T.J.,and Stiernberg,N.1977.Biochemical markers in

human breast cancer.Lancet.1:132-134.

Dahle,L.K.,Hill,E.G.,and Holman,R.T.1962. The Thiobarbituric acid reaction and the autooxidation of polyunsaturated fatty acid methylesters. Arch.Biochem.Biopyhs.98:253-267.

Edsmyr,F.,Huber,W.,and Menander,K.B. 1976. Orgotein efficacy in amelliorating side effects due to radiation therapy. Curr.Therapeut.Res.19:198-211.

_____.1982.Superoxide dismutase efficacy in ameliorating side effects of radiation therapy: Double-blind,plaebo-controlled trials in patients with bladder and prostate tumors.In Pathology of Oxygen.Autor,A.P.(ed) pp 315.Academic Press:New York.

Egan,L.M.,Watts,P.B., and Silta,B.C.1987.Change in serum haptoglobin as an acute response to a marathon road race.J of Sports Sciencs. 5:55-60.

Eichler,D.C.,Solomonson,L.P.,Barber,M.J.,McCreery,M.J.and Ness ,G.C. 1987.Radiation inactivition analysis of enzymes:Effect of free radical scavengers on apparent target sizes.J.of.Biol.Chem. 262:9433-9436.

Emerit,J.,Loeper,J.,and Chomett,L.G.1981.Superoxide dismutase in the treatment of post-radiotherpeutic necrosis and Crohn's disease. Bul.Europ.Physiopath.Resp.17 (suppl): 287-288.

Fahey,I.J.,Mccoy,D.,and Goulian,M.1958.J.Clin.Invest.37:272

Giblett,E.R.1969. Genetic Markers in Human Blood. pp 63.Blackwell Scientific Publication.Oxford and Edinbergh.

Gorecki ,M., Beck,Y. , Hartman,J.R , Fisher,M. , Weiss,L., Tochner,Z., Slavrin,S.,and Nimron,A.1991.Recombinant human superoxide dismutases: Production and potential therapeutical uses. Free Rad.Comms. 12-13: 401-410.

Gutteridge,M.C.J.,and Wilkins,S.1983. Copper salt-Dependent hydroxyl radical formation damage to protein acting as antioxidants. Biochemica et Biophysica.759:38-41.

Hashiba,M.1989.Quantitive evaluation of free-radical formed by irradition in vitro using ESR spin trapping method: Biochemical observation of radiosensitizer and radioprotector. Kyoto-Furitsu Ika Daiguku Zasshi. 98(4) :445-457.

Hayakawa,J.,Tsuchiya,T.1974. Haptoglobin levels in plasma of irradiation Mice. Radiat.Res.57:239-245.

Holmes,R.1967.Biochem.Biophys.Acta.133:174

Horvath,M., Geszti, O., Benedek, E., Farkas,J.,and Reischl,G. 1979. Investigation of available biochemical indicator in radiotherapy II:Plasma free hemoglobin level changes.Strahlentherapic. 155:579-583.

Iwashita,T. 1986.Serum Haptoglobin concentration in acute Hepatitis A. Southeast Asian J.Trop.Med.Pub.Health. 17:197-200

Javid ,J.,Horowitz, H.I.1960.Am. J. Clin. Pathol.34:35

_____.1965.The Effect of haptoglobin polymer size on hemoglobin binding.Vox Sang Capacity.10:320-325.

John,D.W.,and Miller,L.L.1969.Regulation of net biosynthesis of serum albumin and acute phase plasma proteins. Induction of enhanced

net synthesis of fibrinogen,alpha-1-acid-glycoprotein,alpha-2 (acute phase)-globulin and haptoglobin by amino acid and hormone during perfusion of the isolated normal rat liver. J.Biol.Chem.244:6134-6142

Jayle,M.F.1951.Methode de dosage de l'haptoglobin serique.Bull.Soc. Chem.Biol.33:376-380.

_____ .,and Moretti.1962.J.Haptoglobin: Biochemical,genetic and physiopathologic aspects..In :Tocantins LM.ed. Progress in Hematology,Vol.3 pp.342-359. New York:Grune and Stratton.

Kashyap,V.K.1989.A Simple immunosorbent assay for detection of human blood.J.Immunoassay. 10: 310-324.

Keene,W.R.,and Jandi,I.H.1965. The sites of hemoglobin catabolism . Blood. 26:705-719.

Krauses,S.,and Sarcione,E.T.1964.Systhesis of serum haptoglo bin by the isolated perfused rat liver.Biochemica et Biophysica Acta .90:301-308.

Lafleur,M.V.M.and Loman,H.1986. Radiation damage to OX174 DNA and biological effects. Radiat.Environ. Biophys.25: 159-173.

Lunec,J.,Blake,D.R.,McCeary,J.,Brailsford,S.,and Bacon,P.A. 1985.Self-perpetuating mechanisms of immunoglobulin-G aggregation in rhumatoid inflammation. J. Clin. Invest .76 : 2084-2090.

Marx,G.,and Chevion,M.1985.Thromb.Res. 40:11-18.

Mikinori Kuwabara, Zhang Zhi Yi and Giichi Yoshii. 1982. E.S.R. of spin-trapped radicals in aqueous solution of pyrimidine nucleosides and nucletides.Reaction of the Hydroxyl radical.

Int.J.Radiat.Biol. 42:3:241-259.

Mouray,H.,Moretti,J.,and Jayle,M.F.1964.Acad.Sci.(Paris). 258: 487.

Mueller,W.K.,Handschumacher, R.,and Wade,M.E.1971. Serum haptoglobin in patients with ovarian malignancies. Obstet.Gynecol . 38:427-435.

Nyman, M. 1959 . Serum haptoglobin methodological and clinical study.Acand.J.Chin.Lab.Invest.II (Supl.) 39:1.

Owen, J.A., Better, F.C., and Hoban, J. 1960. A simple method for determination of serum haptoglobin. J.Clin.Pathol. 13: 163-164

_____ ., Smithies, H., Padanyi, R.,and Martin,.1964.J.Clinical Science. 26:1

Petkau, A.1978. Radiation protection by superoxide dismutase. Photochem.Photobiol. 28:765

_____.1987. Role of superoxide dismutase in modification of radiation injury.Br.J.Cancer.55(suppl VIII):87-95.

Plonka,A., and Metodiewa,D.1980 .ESR evidence of superoxide radical dismutation by human ceruloplasmin.Biochemical and Biophysical Research Communication.95 :978-984.

Polonovshi,M.,and Jayle M.F.1938.Existence dans le plasma sanquin d'une substence activant l'action peroxydasique l'hemoglobin. CR. Soc. Biol(Paris).129:457-460.

_____ .,and Jayle,M.F.C.R.1940.Acad.Sci. 211:517.

Ramakers,J.M.,and Krentzer,H.I.H.1976.Turbidimetric determination of haptoglobin.J.Clin.chem.Clin.Biochem. 14:407-410.

Robinson,A.B.,Irving,K.,and McGea,M.(1973).Proc.Natl. Acad. Sci. U.S.A.70:2122-2133.

Searcy,R.L.1969. Haptoglobin . In: Diagnostic in Biochemistry. pp 265-269.New York:McGraw-Hill.

Smithies,O.(1955).Zone eletrophoresis in strach gels.Biochem J.61:69.

_____ . and Walker,N.F.1956.Nature.178:694

Sontag,J.M., Trainin,N.,and Berenblun,I.1971. A quantitative of bone marrow cell populations in irradiated and nonirradiated mice treated with 19s alpha-2 globulin (alpha-2-macroglobulin). Radiat.Res.45:499-510.

Sutton,H.E.1970.Progress in Medical Genetics.7:163.

Van, H.J.M, and Sanderink, G.J.C.M. 1986. Haptoglobin , a useful laboratory parameter ? Neth.J.Med.29:6-22.

Villasor,R.P.1982. Superoxide dismutase treatment of myelosuppression resulting from cancer chemotherapy. In Pathology of Oxygen, (Autor,A.P.ed)p.303.Academic press:New York.

Wicken, D.G., Norden, A.G., Lunec, J., and Dormandy, T.L. 1983. Fluorescence changes in human gamma globulin induced by free-radical activity.Biochemica et Biophysica Acta. 742: 607-616.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

FREE RADICAL SCAVENGER ชนิดต่าง ๆ และคุณสมบัติ

Intracellular factors	Proposed role
Superoxide dismutase (SOD)	$O_2^- + O_2^- \longrightarrow H_2O_2 + O_2$
Catalase	$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$
Glutathione peroxidase	$HOOH + GSH \longrightarrow HOH + GSSG$
	$LOOH + GSH \longrightarrow LOH + GSSG$
Methionine sulphoxide reductase	Reduces methionine sulphoxide $\longrightarrow$ methionine
Extracellular factor	
Caerulophasmin (Cp)	$Fe^{+} \longrightarrow Fe^{3+}$ (ferroxidase)
	$CpCu^{2+} + O_2^- \longrightarrow CpCu^{+} + O_2$
Albumin	O_2^- scavenger
Lactoferrin	Binds Fe^{2+} at acid pH
Extracellular SOD	1/3000 the activity of SOD
Urate	$OH^{\cdot}$ scavenger
Vitamin C	O_2, $OH^{\cdot}$ and H_2O_2 scavenger
Vitamin E	Lipid peroxide ($LOO^{\cdot}$) scavenger

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance,ANOVA)

งานวิจัยที่ต้องการเปรียบเทียบระหว่างหลาย ๆ กลุ่ม เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตั้งแต่ 3 กลุ่มมีชื่อเรียกว่า การวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นเรื่องการทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับค่าเฉลี่ยของประชากรหลายกลุ่ม การทดสอบสมมติฐานดังกล่าวจะใช้ F-Testซึ่งคิดโดยนักสถิติชาวอังกฤษ ชื่อ Sir Ronald A. Fisher

การวิเคราะห์ความแปรปรวนมีหลายลักษณะ ในที่นี้จะกล่าวเพียง 2 ลักษณะที่ใช้กันมากคือ

1. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 1 ตัวประกอบ (ตัวประกอบ หรือแฟกเตอร์เดียว:การวิเคราะห์แบบทางเดียว (One-way ANOVA, One-Factor completely randomized design)

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 2 ตัวประกอบ : การวิเคราะห์แบบ 2 ทาง (Two-way ANOVA,Randomized-Block design)

ในการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มหลายๆ กลุ่ม จะมีความแปรปรวนที่ต้องคำนวณอยู่ 2 ตัว คือ ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และความแปรปรวนภายในกลุ่ม

ก. ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (between-group variance)จะเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงขนาดของความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่างๆ ให้ระหว่างกลุ่มมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันมาก ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มจะมีค่ามากด้วย

ข. ความแปรปรวนภายในกลุ่ม (within-group variance) เป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าข้อมูลแต่ละตัวที่รวบรวมมาได้ภายในแต่ละกลุ่มมีการกระจายมากหรือน้อย ค่าที่คำนวณได้เรียกว่าความคลาดเคลื่อน

ผลบวกของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (The sums of squares)

หัวใจของการวิเคราะห์ความแปรปรวนอยู่ที่ความคิดรวบยอด (Concept) เกี่ยวกับคำว่า"Sum of squares" ซึ่งใช้หาความแปรปรวนรวม (Total variance) ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between-groups variance) และความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within-groups variance)การหาค่า Sum of squares โดยยกกำลังสองคะแนนเบี่ยงเบนแล้วรวมกันคือหา $(X-X)^2$

1. Total sum of squares (SS_T) ซึ่งนำไปใช้หาความแปรปรวนรวม (Mean

square total) โดยรวมค่าทุกค่าที่ยกกำลัง2 แล้วดูว่าค่าที่ได้นี้จะแตกต่าง ไปจากค่าเฉลี่ยของค่าทั้งหมดเท่าใด สัญญลักษณ์ที่ใช้คือ MS_T

ค่าเฉลี่ยของค่าทั้งหมด = $\frac{T^2}{N}$

N = จำนวนที่ศึกษาทั้งหมด

SS_T = ผลรวมของทุกๆค่ายกกำลัง 2 - $\frac{T^2}{N}$

2. Between-groups sum of squares (SS_B) ซึ่งนำไปใช้หาความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Mean square between-groups) เพื่อต้องการทราบว่าค่ายกกำลัง 2ของแต่ละกลุ่มจะแตกต่างไปจากค่าของค่าเฉลี่ยรวมเท่าใด สัญญลักษณ์ที่ใช้คือ MS_B

SS_B = ผลรวมของแต่ละกลุ่มยกกำลัง 2 - $\frac{T^2}{N}$

3. Within-groups sum of squres (SS_W) ซึ่งนำไปใช้หาความแปรปรวนภายในกลุ่ม(Mean square within-groups) สัญญลักษณ์ที่ใช้คือ MS_W

SS_W=ผลรวมของทุกค่ายกกำลัง 2 - $\frac{(T_j)^2}{n_j}$

หมายเหตุ

1. Mean square total = Total variance

2. Mean square between-groups = Between-groups variance

3. Mean square within-groups = Within-groups variance

<u>การวิเคราะห์ทางเดียว</u>เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งเป็นผลที่ได้จากการทดลอง โดยการใช้ซึ่งเป็นงานวิจัยที่จัดกระทำตัวแปรให้กับกลุ่มตัวอย่างต่างๆ ตั้งแต่ 3 กลุ่มขึ้นไป แล้วเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นจากการจัดกระทำตัวแปรต่างๆเหล่านั้น เช่นสมมติว่าต้องการทดสอบวิธีสอน 3วิธีส่งผลแตกต่างกันหรือไม่ดังนั้นจะต้องมีกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับวิธีสอนแต่ละวิธี ดังตารางสมมติ

กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3	
สัญลักษณ์	ข้อมูลจริง	สัญลักษณ์	ข้อมูลจริง	สัญลักษณ์	ข้อมูลจริง
x_{11}	3	x_{12}	10	x_{13}	5
x_{21}	6	x_{22}	7	x_{23}	2
x_{31}	9	x_{32}	9	x_{33}	4
x_{41}	5	x_{42}	12	x_{43}	3
		x_{52}	8	x_{53}	4
		x_{62}	8		
$\sum_{j=1}^{4} x_{i1}$	23	$\sum_{i=1}^{6} x_{i2}$	54	$\sum_{i=1}^{5} x_{i3}$	18

ในตารางนี้แสดงว่าข้อมูล 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 มีข้อมูล 4 ตัว กลุ่มที่ 2 มีข้อมูล 6 ตัว และกลุ่มที่ 3 มีข้อมูล 5 ตัว หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่ากลุ่มที่ 1,2 และ 3 มีจำนวนสมาชิก 4, 6 และ 5 ตามลำดับ

ถ้าแต่ละกลุ่มย่อมมีจำนวนข้อมูลเท่ากัน ลักษณะตารางบรรจุข้อมูลจะเป็นดังนี้

กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3	
สัญลักษณ์	ข้อมูลจริง	สัญลักษณ์	ข้อมูลจริง	สัญลักษณ์	ข้อมูลจริง
x_{11}	7	x_{12}	10	x_{13}	6
x_{21}	9	x_{22}	12	x_{23}	7
x_{31}	15	x_{32}	11	x_{33}	12
x_{41}	2	x_{42}	14	x_{43}	10
x_{51}	1	x_{52}	8	x_{53}	7

ทุกกลุ่มมีจำนวนข้อมูลเท่ากันหมดคือกลุ่มละ 5 คน ($n = 5$)

สมสตติฐานที่ต้องการทดสอบ

Ho = $\mu_1 = \mu_2 = \ldots\ldots = \mu_k$ (เมื่อ k คือจำนวนกลุ่ม)

Hi = At least two of the means are difference

ค. สูตรการทดสอบ

$$F = \frac{MS_B}{MS_W}$$

เมื่อ MS_B แทน Mean square between-groups

MS_W แทน Mean square within-groups

ตำราบางเล่มอาจใช้สูตร $F = \frac{MS_A}{MS_E}$ หรือ $F = \frac{MS_{methods}}{MS_{errow}}$

ซึ่งต่างก็มีความหมายเหมือนกันคือเอา Mean square between-groups ตั้ง หารด้วย Mean square within-group

ตารางรวมสูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 1 ตัวประกอบ

Source of variation	df	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F
Between groups	$k-1$	$SS_B = \sum_{j=1}^{k}\left[\frac{T^2_j}{nj}\right] - \frac{T^2}{N}$	$MS_B = \frac{SS_B}{k-1}$	$F = \frac{MS_B}{MS_W}$
Within groups	$N-k$	$SS_W = SS_T - SS_B$	$MS_W = \frac{SS_W}{N-k}$	
Total	$N-1$	$SS_T = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{nj} X^2_{ij} - \frac{T^2}{N}$		

หมายเหตุสูตรในตาราง ใช้เมื่อ n ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างไม่เท่ากัน ถ้า nในละกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน ใช้สูตรตามตารางข้างล่าง

ตารางรวมสูตรการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมี 1 ตัวประกอบ (เมื่อ n ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างเท่ากัน)

Source fo variation	df	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F
Between group	$k-1$	$SS_B = \frac{\sum_{j=1}^{k} T^2_j}{n_j} - \frac{T^2}{N}$	$MS_B = \frac{SS_B}{k-1}$	$F = \frac{MS_B}{MS_W}$
within groups	$k(n-1)$	$SS_W = SS_T - SS_B$	$MS_W = \frac{SS_W}{k(n-1)}$	
Total	$nk-1$	$SS^T = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n_j} X^2_{ij} - \frac{T^2}{N}$		

หมายเหตุ ในทางปฏิบัติใช้สูตรในตารางแรก ได้เลยถึงแม้ว่า n ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างจะเท่ากันหรือไม่ก็ตาม แต่สูตรในตารางหลัง ใช้แทนสูตรในตารางแรกไม่ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เป็นการหา df

สัญลักษณ์แต่ละตัวของสูตรในตารางแรก มีความหมาย ดังนี้

T_j = ผลรวมของคะแนน n ค่าในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

n_j = จำนวนคะแนนในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

k = จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

N = จำนวนคะแนนทั้งหมด

T = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

T^2= ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

ขั้นตอนของการทดสอบ

ขั้นที่ 1 ตั้งสมมติฐาน Ho และ H1 ดังนี้

Ho : $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3 \ldots = \mu k$ (เมื่อ k คือจำนวนกลุ่ม)

H1 : อย่างน้อยที่สุดมีค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มไม่เท่ากัน

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ขั้นที่ 3 คำนวณค่า F จากสูตร $F = \frac{MS_B}{MS_W}$

ขั้นที่ 4 หาค่า F จาก Table D : Critical Values of F ซึ่งต้องการทราบค่าต่อไปนี้ คือ

(1) ซึ่งโดยทั่วไปนิยมตั้งที่ระดับ.05 และ .01

(2) df ของเศษ (df ของ MS_B)ซึ่งคำนวณจากสูตร

$df_1 = k-1$ เมื่อใช้สูตรตารางแรก

(3) df ของส่วน (df ของMS_W) ซึ่งคำนวณจากสูตร

$df_2 = N-K$ เมื่อใช้สูตรตามตารางหลัง

นำค่า df ของเศษที่หาได้ไปเทียบกับ df ตามแนวนอนใน Table d และนำค่า df ของส่วนที่หาได้ไปเทียบกับ df ตามแนวตั้งใน table D โดยเทียบกับค่าที่ตรงกัน หรือใกล้เคียงที่สุด แล้วอ่านค่า F จากตารางซึ่งจะเห็นว่ามี 2 ค่าคู่กัน ค่าบนเป็นของ F เมื่อตั้ง α = .05 ค่าที่อยู่คู่กันซึ่งพิมพ์ตัวหนากว่าเป็นค่าของ F เมื่อตั้ง α = .01

F จากตารางมักจะเขียนอยู่ในรูป F (df_1, df_2) เช่น F.05(4,9) = 2.90

ขั้นที่ 5 เปรียบเทียบค่า F ที่คำนวณได้กับค่า F ที่ได้จากตาราง

ขั้นที่ 6 สรุปผล

<u>การวิเคราะห์ 2 ทาง</u>:แผนการทดลองแบบบล๊อกกลุ่ม แต่จะ cell เก็บข้อมูลเพียงคำเดียว (The Randomized - Block design : Two way ANOVA, One observation per cell)

จากตัวอย่าง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสอน ทั้ง 3 วิธี ถ้าเราจัดกลุ่มนักศึกษาซึ่งจะเรียกว่า "Block" โดยให้นักศึกษาที่อยู่ภายใน Block เดียวกัน มีลักษณะคล้ายคลึงกัน (อาจใช้ อายุ, เพศ, I.Q เป็นตัวจัด Block) ทั้งหมดจะมี 5 Block แต่ละBlock จะใช้นักศึกษา 3 คน เป็นหน่วยทดลอง และให้นักศึกษาแต่ละคนถูกกำหนดอย่างสุ่มไปยังวิธีการสอนแต่ละวิธี จึงเรียกแผนการทดลองนี้ว่า "แผนการทดลองแบบบล๊อกสุ่ม" (The Randomized block design) และเนื่องจากแผนการทดลองทดลองนั้น เรามีBlock เป็นแถวมี Treatment เป็นสดมภ์ บางครั้งจึงเรียกแผนการทดลองนี้ว่า "Two -way ANOVA with one Observation per cell"

ลักษณะการวิเคราะห์ข้อมูลสองทาง

I.Q (Block)	วิธีการสอน			รวม
	A1	A2	A3	
1	89	92	80	261
2	87	90	75	252
3	75	88	70	233
4	74	89	69	232
5	70	85	65	220
รวม	395	444	359	1198

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแยกความแปรผัน เราสามารถแสดงได้ว่า

$$\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{r}(x_{ij}-\bar{x})^2 = r\sum_{i=1}^{k}(\bar{x}_i-\bar{x})^2 + k\sum_{j=1}^{r}(\bar{x}_j-\bar{x})^2$$

$$+ \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{r}(x_{ij}-\bar{x}_i-\bar{x}_j+\bar{x})^2$$

Sumsquare total (SSTO) = Sumsquare treatment groups. (SSTR) + Sumsquare Block (SSB) + Sumsquare error (SSE)

โดยที่

$$SSTO = \sum\sum x^2_{ij} - \frac{T^2}{rk}$$

$$SSTR = \sum_{i=1}^{k}\frac{T^2_i}{r} - \frac{T^2}{rk}$$

$$SSB = \sum_{j=1}^{r}\frac{T^2_j}{k} - \frac{T^2}{rk}$$

และ SSE = SSTO - SSTR - SSB

Source of variation	Degree of freedom d.f	Sum of Squares S.S	Mean Squares M.S.	F – ratio
Treatment Groups	k – 1	SSTR	$MSTR = \frac{SSTR}{k-1}$	$F = \frac{MSTR}{MSE}$
Block	r – 1	SSB	$MSE = \frac{SSB}{r-1}$	
Error	(k-1)(r-1)	SSE	$MSE = \frac{SSE}{(k-1)(r-1)}$	
Total	rk - 1	SSTO		

ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบเมื่อ Ho จริง คือ

$$F = \frac{MSTR}{MSE} \qquad F\,(k-1,(k-1))$$

เกณฑ์การตัดสินใจ คือ จะ Reject Ho ถ้า F คำนวณ $> F\,(k-1),(k-1))$

จากตัวอย่าง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสอน 3 วิธี เนื่องจากคะแนนที่ได้หลังจากการสอบขึ้นอยู่กับ I.Q ผู้วิเคราะห์จึงได้แยก I.Q ออกเป็น 5 กลุ่ม โดยถือว่า I.Q ของนักศึกษาเป็น Block ทั้งหมดจะมี 5 Block แต่ละ Block จะมีนักศึกษา 3 คน และนักศึกษาคนใดจะได้รับวิธีการสอนแบบใดเป็นไปอย่างสุ่ม เมื่อสิ้นสุดการเรียนในเนื้อหาดังกล่าว ได้ทำการทดสอบและบันทึกคะแนนการทดสอบได้ดังตารางข้างล่างนี้

กำหนดระดับความมีนัยสำคัญ 0.05 จงทดสอบสมมุติฐานว่า วิธีการสอนทั้ง 3 วิธี จะให้ผลแตกต่างกันหรือไม่

วิธีทำ

Ho : $\mu 1 = \mu 2 = \mu 3$ (วิธีการสอนทั้ง 3 วิธี ให้ผลไม่แตกต่างกัน)

H1 : มีวิธีการสอนอย่างน้อยหนึ่งวิธีที่ให้ผลแตกต่างกัน

$r = 5,\ k = 3 \qquad rk = 5(3) = 15$

และ $T^2 = \dfrac{(1198)^2}{rk} = \dfrac{(1198)^2}{15} = 95{,}682.27$

$$SSTO = \sum\sum x^2_{ij} - \frac{T^2}{rk}$$

$$= 89^2 + 87^2 + \ldots\ldots + 65^2 - 95{,}680.27$$

$$= 96{,}854 - 95{,}680.27$$

$$= 1175.73$$

$$SSTR = \sum_{i=1}^{3} \frac{T^2_i}{r} - \frac{T^2}{rk}$$

$$= \frac{(395)^2}{5} + \frac{(444)^2}{5} + \frac{(359)^2}{5} - 95{,}680.27$$

$$= 96{,}408.4 - 95{,}680.27$$

$$= 728.13$$

$$SSB = \sum_{j=1}^{5} \frac{T^2_j}{k} - \frac{T^2}{rk}$$

$$= \frac{(261)^2}{3} + \frac{(252)^2}{3} + \frac{(233)^2}{3} + \frac{(232)^2}{3} + \frac{(220)^2}{3} - 95,690.17$$

$$= 96,045 - 95,680.17$$

$$= 365.73$$

และ SSE = SSTO - SSTR - SSB

$$= 1175.73 - 728.13 - 365.73$$

$$= 81.87$$

Two - way ANOVA table

Source of variation	Deqree of freedom d.f	Sum of Squares S.S	Mean Squares M.S	F – ratio
วิธีการสอน	3-1=2	SSTR=728.13	$MSTR=\frac{728.13}{2}$	$F=\frac{364.07}{10.23}$
I.Q	5-1=4	SSB=365.73	$MSB=\frac{365.73}{4}$ = 91.43	
ความคลาดเคลื่อน	(4)(2)=8	SSE=81.87	MSE=81.87 = 10.23	
รวม	15-1=14	SSTO=1175.73		

กำหนดระดับความนัยสำคัญ 0.05

α = 0.05 F .05 = 3.84

F คำนวณ > F ตาราง

ภาคผนวก ข. ตาราง F-distribution

F - Ratio for .05 (Above) and .01 (Below) Level of Significance

df2 \ df1	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161.45	199.50	215.72	224.57	230.17	233.97	238.89	243.91	249.04	254.32
	4052.104	999.03	5407.49	5625.14	5764.085	829.39	5981.34	6105.836	234.83	6366.48
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.37	19.41	19.45	19.50
	98.49	99.01	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.42	99.46	99.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.84	8.74	8.64	8.53
	34.12	30.81	29.46	28.71	28.24	27.91	27.49	27.05	26.60	26.12
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.91	5.77	5.63
	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.80	14.37	13.93	13.46
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.68	4.53	4.36
	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.27	9.89	9.47	9.02
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.00	3.84	3.67
	13.74	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.10	7.72	7.31	6.88
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.57	3.41	3.23
	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.84	6.47	6.07	5.65
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.28	3.12	2.93
	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.03	5.67	5.28	4.86
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.07	2.90	2.71
	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.47	5.11	4.73	4.31
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.91	2.74	2.54
	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	3.06	4.71	4.33	3.91
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	2.95	2.79	2.61	2.40
	9.65	7.20	6.22	5.67	5.32	5.07	4.74	4.40	4.02	3.60
12	4.75	3.88	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.69	2.50	2.30
	9.33	6.93	5.95	3.41	5.06	4.82	4.50	4.16	3.78	3.36
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.79	2.64	2.48	2.29	2.39	2.07
	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.00	3.67	3.29	2.87
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.28	2.08	1.84
	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.56	3.23	2.86	2.42
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.34	2.16	1.96	1.71
	7.77	5.57	4.68	4.18	3.86	3.63	3.32	2.99	2.62	2.17
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.27	2.09	1.89	1.62
	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.17	2.84	1.47	2.01
∞	3.84	2.99	2.60	2.37	2.21	2.09	1.94	1.75	1.52	
	6.64	4.60	3.78	3.32	3.02	2.80	2.51	2.18	1.79	

ประวัติผู้เขียน

น.ส สุกัญญา เมฆอรียะ เกิดเมื่อวันที่ 2 ธันวาคม 2496 ที่กรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคนิคการแพทย์) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ 2519 เข้ารับราชการคณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่ปี พ.ศ 2521 จนถึงปัจจุบัน