

تصميم وتحليل التجارب الزراعية

الاستاذ الدكتور نصر نوري الانباري

أستاذ - تربية وتحسين الحيوان

كلية علوم الهندسة الزراعية -

جامعة بغداد

2018

المحتويات

الموضوع	التسلسل
بعض المفاهيم في تصميم وتحليل التجارب	1
التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة تساوي المكررات مع تسجيل مشاهدة واحدة	2
التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة عدم تساوي المكررات مع تسجيل مشاهدة واحدة	3
أهم الاختبارات التي تجرى بعد إجراء التجربة	4
أختبار أقل فرق معنوي (LSD)	5
أختبار Duncan متعدد الحدود	6
تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)	7
الكفاءة النسبية لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل (CRD)	8
تصميم المربع اللاتيني Latin square	9
الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة مع تصميمي CRD و rcbd	10
التجارب العاملية. Factorial exp.	11
تجربة عاملية بعاملين تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD)	12
تجربة عاملية بعاملين تطبق بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)	13
تجربة عاملية بثلاث عوامل تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD)	14

- بعض المفاهيم في تصميم وتحليل التجارب:
- التصميم (Design): هو التخطيط البحثي لاجراء تجربة معينة للحصول على بيانات يمكن تحليلها والتوصل الى أستنتاج معين.
 - الوحدة التجريبية (Experimental unit): هي أصغر جزء في التجربة وتتمثل بالحيوان أو النبات الذي تطبق عليه التجربة.
 - الخطأ التجريبي (Experimental error): هو الخطأ الذي يحصل نتيجة إجراء التجربة ويعود لاسباب فنية أو الجهاز المستعمل في القياس أو الخبرة في العمل فضل عن الظروف المحيطة بالتجربة ومن الممكن تقليل هذا الخطأ عن طريق زيادة عدد المشاهدات وأستعمال أحدث الطرق في القياس وأدق الاجهزة والسيطرة قدر الامكان على الظروف المحيطة في التجربة.
 - درجات الحرية (Degree of freedom): هي عدد المقارنات المستقلة لكل مصدر من مصادر التباين .
 - التجربة (experiment): هي وسيلة لاختبار الفرضية والكشف عن العلاقة بين المتغيرات.
 - مصادر التباين أو الاختلاف (Source of Variation- S.O.V) : وهي المصادر أو العوامل التي تؤثر أو تؤدي الى تباين الصفة المدروسة ويرافقها دائما خطأ تجريبي.

التصميم العشوائي الكامل (Completely Randomized Design –CRD)

يعد التصميم العشوائي الكامل واحد من أكثر التصاميم أستعمالا في مجال الانتاج الحيواني والنباتي، كما أنه سهل التطبيق فضلا الى ذلك فان من أهم ميزاته هو إمكانية تطبيقه مهما ان عدد المعاملات في التجربة وذلك عدد المكررات في كل معاملة ويمكن تطبيقه حتى في حالة عدم تساوي المكررات بأختلاف المعاملات ، الا أن من أهم محددات هذا التصميم هي عدم إمكانية تطبيقه الا اذا كانت الوحدات التجريبية على درجة عالية من التجانس.

أولا: التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة تساوي عدد المكررات (مع تسجيل مشاهدة واحدة).

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

أذ أن :

Y_{ij} : قيمة المشاهدة j العائدة للمعاملة i .

μ : المتوسط العام للصفة المدروسة.

T_i : تأثير المعاملة i .

e_{ij} : الخطأ العشوائي الذي يتوزع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي صفر وتباين قدره σ^2 .

جدول تحليل التباين للتصميم : (ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Treat. المعاملة	t-1	$\sum Y_i.^2$ $SS_t = \frac{\quad}{R} - CF$	SS_t $MS_t = \frac{\quad}{t-1}$	$F = \frac{MS_t}{MSe}$
Experimental Error. الخطأ التجريبي	t(r-1)	$SSE = SST - SS_t$	SSE $MSe = \frac{\quad}{t(r-1)}$	
Total الكلي	tr-1	$SST = \sum Y_{ij}^2 - CF$	-----	

علما أن :

t: عدد المعاملات في التجربة

r: عدد المشاهدات أو المكررات في كل معاملة

وأن CF يمثل معامل التصحيح ويساوي مربع مجموع القيم مقسوما الى عددها والعدد ناتج من ضرب عدد المعاملات (t) في عدد المكررات لكل معاملة (r).

أي أن :

$$CF = \frac{(Y_{..})^2}{tr}$$

مثال: أجريت تجربة شملت ثلاث سلالات (معاملات) من الأبقار ، لدراسة تأثير السلالة في نسبة الدهن في الحليب وضمت كل معاملات أربعة أبقار أخذت عينة حليب (أنموذج) واحدة من كل منها لقياس نسبة الدهن وكانت كالآتي:

المعاملة (السلالة)	نسبة الدهن (Yij)	المجموع (Yi.)
فريزيان	3 , 3 , 4 , 2	12
براون سويس	4 , 5 , 3 , 4	16
جرسي	4 , 3 , 3 , 3	13
		Y.. = 41 المجموع الكلي

الحل :

يتم حساب معامل التصحيح أولاً:

$$CF = \frac{(Y..)^2}{tr} = \frac{(41)^2}{3 \times 4} = 140.8$$

ثم مجموع مربعات المعاملات (SSt):

$$SSt = \frac{\sum Y_i.^2}{r} - CF = \frac{(12)^2 + (16)^2 + (13)^2}{4} - 140.8$$

$$SSt = 2.166$$

يتم حساب مجموع المربعات الكلية (SST):

$$SST = \sum Y_{ij}^2 - CF$$

$$SST = 3^2 + 3^2 + 4^2 + \dots + 3^2 - 140.8$$

$$SST = 6.92$$

يتم حساب مجموع مربعات الخطأ (SSe):

$$SSe = SST - SSt$$

$$SSe = 6.92 - 2.166$$

$$SSe = 4.75$$

ومن النتائج السابقة يمكن حساب متوسط مربعات كل من المعاملات والخطأ وكما يلي:

متوسط مربعات المعاملات (MSt):

$$MSt = \frac{SSt}{t-1} = \frac{2.166}{3-1} = \frac{2.166}{2} = 1.08$$

متوسط مربعات الخطأ (MSe):

$$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)} = \frac{4.75}{3(4-1)} = \frac{4.75}{9} = 0.53$$

ومن خلال متوسط مربعات المعاملة والخطأ يمكن حساب قيمة F وكما يلي:

$$F = \frac{MSt}{MSe} = \frac{1.08}{0.53} = 2.05$$

ومن ثم يتم تكوين جدول تحليل التباين لتحليل البيانات:

جدول تحليل التباين للتصميم: (ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Treat. المعاملة	t-1 = 3-1 = 2	SSt = 2.166	MSt = 1.08	1.08 F = ----- 0.53 F = 2.05
Experimental Error. الخطأ التجريبي	t(r-1) = 3(4-1) = 9	SSe = 4.75	MSe = 0.53	
Total الكلي	tr-1 = 3X4- 1 = 12	SST = 6.92	-----	

تقارن قيمة F المحسوبة (Calculated) وهي (2.05) مع قيمة F الجدولية (Tabulated) من جداول F (منشورة في نهاية كتب تصميم وتحليل التجارب) وفق درجات حرية المعاملة (2) ودرجات حرية الخطأ (9) فإذا كانت المحسوبة أعلى من الجدولية فإن تأثير المعاملة (السلالة) معنويًا في الصفة المدروسة، وإذا كانت قيمة F المحسوبة أقل من الجدولية فإن تأثير المعاملة في نسبة الدهن غير معنوي (Non-significant) : ففي المثال السابق التأثير غير معنوي.

ويتم اختبار قيمة F على مستوى احتمالية 0.05 أي (P<0.05) وأشارتها *

أو على مستوى احتمالية 0.01 أي (P<0.01) وأشارتها **

وأن * تعني معنوي و ** عالي المعنوية.

سؤال 1 واجب: أكمل جدول تحليل التباين الآتي :

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Treat. المعاملة	3	60	-----	-----
Experimen tal Error. الخطأ التجريبي	-----	-----	15	
Total الكلي	19	-----		

سؤال 2 واجب: أكتب جدول تحليل التباين بالرموز للانموذج الرياضي الآتي:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

سؤال 3 واجب: ما هي ميزات ومحددات تطبيق التصميم العشوائي الكامل (CRD).

ملاحظة: بالامكان أستخراج معامل أختلاف التجربة (CV) وفق القانون الآتي : (من
قسمة جذر متوسط مربعات الخطأ MSE (يؤخذ من جدول تحليل التباين) على المتوسط
العام للصفة (X) في 100.

$$CV\% = \frac{MSe}{X} \times 100$$

ثانيا: التصميم العشوائي الكامل (CRD) في حالة عدم تساوي المكررات (مع تسجيل
مشاهدة واحدة).

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model). (كما في حالة تساوي
المكررات أنف الذكر). أي

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

وتفسير رموزه كما في الانموذج السابق.

جدول تحليل التباين للتصميم (ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة المحسوبة
Treat. المعاملة	t-1	$\sum Y_i^2$ $SSt = \frac{\sum R_i^2}{R_i} - CF$	SSt $MSt = \frac{SSt}{t-1}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Experimental Error. الخطأ التجريبي	$\sum r_i - t$	$SSe = SST - SSt$	SSe $MSe = \frac{SSe}{\sum r_i - t}$	
Total الكلي	$\sum r_i - 1$	$SST = \sum Y_{ij}^2 - CF$	-----	

علما أن : معامل الاختلاف يحسب كما يلي في حالة عدم تساوي المكررات.

$$CF = \frac{(Y_{..})^2}{\sum r_i}$$

حيث $\sum r_i$: هو عدد المشاهدات (المكررات) في التجربة.

مثال: في تجربة شملت أربع معاملات أستعمل فيها فيتامين (E) لدراسة تأثير نسبة الفيتامين (0 , 5 , 10 , 15 %) في العليقة على معدل الزيادة الوزنية في الدجاج المحلي وتم الحصول على البيانات التالية:

المعاملات	الزيادة الوزنية (Yij)	المجموع Yi.	عدد المشاهدات ri (المكررات)
1	10 , 15 , 20 , 22	67	4
2	10 , 12 , 13 , --	35	3
3	7 , 7 , 8 , 10	32	4
4	14 , 12 , --- , ---	26	2
		المجموع الكلي Y.. 160 =	$\sum r_i = 13$

الحل:

يتم حساب معامل التصحيح أولاً:

$$CF = \frac{(Y..)^2}{\sum r_i} = \frac{(160)^2}{13} = 1969.6$$

ثم مجموع مربعات المعاملات (SSt): ((مهم جداً)).

$$SSt = \frac{\sum Y_i.^2}{r_i} - CF = \frac{(67)^2}{4} + \frac{(35)^2}{3} + \frac{(32)^2}{4} + \frac{(26)^2}{2} - 1969.6$$

$$SSt = 153.81$$

يتم حساب مجموع المربعات الكلية (SST):

$$SST = \sum Y_{ij}^2 - CF$$
$$SST = 10^2 + \dots + 12^2 - 1969.6$$
$$SST = 261.23$$

يتم حساب مجموع مربعات الخطأ (SSe):

$$SSe = SST - SSt$$
$$SSe = 261.23 - 153.81$$
$$SSe = 107.41$$

ومن النتائج السابقة يمكن حساب متوسط مربعات كل من المعاملات والخطأ وكما يلي:

متوسط مربعات المعاملات (MSt):

$$MSt = \frac{SSt}{t-1} = \frac{153.81}{4-1} = \frac{153.81}{3} = 51.27$$

متوسط مربعات الخطأ (MSe):

$$MSe = \frac{SSe}{\sum r_i - t} = \frac{107.41}{13-4} = \frac{107.41}{9} = 11.93$$

ومن خلال متوسط مربعات المعاملة والخطأ يمكن حساب قيمة F وكما يلي:

$$F = \frac{MSt}{MSe} = \frac{51.23}{11.93} = 4.30$$

ومن ثم يتم تكوين جدول تحليل التباين لتحليل البيانات

جدول تحليل التباين للتصميم (ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة المحسوبة
Treat. المعاملة	$t-1 = 4-1 = 3$	$SSt = 153.81$	$MSt = 51.27$	$F = \frac{51.27}{11.9} = 4.30$
Experimen tal Error. الخطأ التجريبي	$\sum ri-t = 13-4 = 9$	$SSe = 107.41$	$MSe = 11.93$	
Total الكلي	$\sum ri-1 = 13-1 = 12$	$SST = 261.23$	-----	

تقارن قيمة F المحسوبة (Calculated) وهي (4.30) مع قيمة F الجدولية (Tabulated) من جداول F وفق درجات حرية المعاملة (3) ودرجات حرية الخطأ (9) ، نجد أن F المحسوبة أعلى من الجدولية لذلك فإن تأثير المعاملة (الفيتامين) على معدل الزيادة الوزنية فأذا كانت المحسوبة أعلى من الجدولية فإن تأثير المعاملة معنويًا في الصفة المدروسة، وأذا كانت قيمة F المحسوبة أقل من الجدولية فإن تأثير المعاملة في نسبة الدهن غير معنوي (Non-significant) : ففي المثال السابق التأثير غير معنويًا على مستوى (P<0.05).

سؤال واجب: من البيانات الموضحة في الجدول الآتي (لديك ثلاث معاملات عدد مكرراتها غير متساوية)، أوجد جدول تحليل التباين لغاية قيمة F

المعاملات	الزيادة الوزنية (Yij)	المجموع Yi.	عدد المشاهدات ri (المكررات)
1	5 , 9 , 10 , 11	39	4
2	6 , 4 , -- , ---	10	2
3	9 , 10 , 3 , 4	26	4
		المجموع الكلي Y.. 75 =	$\sum ri = 10$

الاختبارات المقترحة بعد إجراء التجربة.

1- اختبار أقل فرق معنوي.

:(Least Significant Difference – LSD)

يستعمل لمقارنة الفروق المعنوية بين أي متوسطين في التجربة.

خطوات تطبيق الاختبار:

أ- حساب الانحراف القياسي بين متوسط أي معاملتين في التجربة ، مما يلي

$$\frac{2MSe}{r} = \text{الانحراف القياسي بين متوسط اي معاملتين}$$

علما ان 2 ثابت كوننا نقارن بين متوسط كل معاملتين.

MSe : متوسط مربعات الخطأ (يتم الحصول عليه من جدول تحليل التباين).

r: عدد المشاهدات (المكررات) في كل معاملة.

ب- نستخرج قيمة t من جداول t (منشورة في نهاية أي كتاب لتصميم وتحليل التجارب).

على درجات حرية الخطأ فقط ومستوى معنوية % 5 أو % 1.

ج- نستخرج قيمة LSD من حاصل ضرب الخطوتين السابقتين، أي وفق القانون الاتي:

$$LSD = \frac{2MSe}{r} \times t$$

د- نأخذ الفرق بين متوسطين أي معاملتين في التجربة ونقارنه مع قيمة LSD ، فإذا

كان الفرق بين المتوسطين أعلى من الـ LSD فهو معنوي ونلاحظ مستوى المعنوية.

مثال: أجريه تجربة لدراسة تأثير خمسة أنواع من العلائق في معدل الزيادة الوزنية لدى

العجول وقد شملت كل معاملة خمس عجول (البيانات موضحة في الجدول الاتي).

المعاملة	معدل الزيادة الوزنية (Yij)	المجموع (Yi.)	المتوسط
1	6 , 8 , 7 , 3 , 10	36	7.2
2	9 , 8 , 11 , 11 10	49	9.8
3	7 , 5 , 5 , 9 , 4	30	6.0
4	5 , 3 , 4 , 6 , 6	24	4.8
5	8 , 6 , 9 , 9 , 11	43	8.6

		المجموع الكلي 182 : (Y..)	
--	--	------------------------------	--

وبعد إجراء التحليل الاعتيادي للتجربة لغاية الحصول على جدول تحليل التباين (كما في الامثل السابقة) يكون جدول تحليل التباين كالآتي.

S.O.V.	d.f .	S.S.	M.S.	F. Value
مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة f المحسوبة
Treat. المعاملة	4	79.44	19.86	6.90 **
Experimen tal Error. الخطأ التجريبي	20	57.60	<u>2.88</u>	
Total الكلي	24	137.04	----	

أجراء الاختبار (LSD) : بما أن

$$MSe = 2.88 , r = 5$$

وقيمة t من جداول t تساوي 2.08 لذلك :

$$LSD = \frac{2MSe}{r} \times t$$

$$LSD = \frac{2 \times 2.88}{5} \times 2.08 = 2.239$$

الآن نأخذ الفرق بين متوسط كل معاملتين زنقارنه مع قيمة LSD ، فإذا كان الفرق بين المتوسطين معنوي نضع عليهما حروف مختلفة ، وإذا كان الفرق غير معنوي نضع عليها حروف موجبة.

مثلا الفرق بين متوسط المعاملتين t2 و t3 يكون

$$9.8 - 6.0 = 3.8$$

وبما أن 3.8 أكبر من 2.239 لذلك فإن الفرق معنويين بين متوسطي المعاملة الثانية

والثالثة: وتوضع بالصيغة

$$a \ 9.8 = \text{متوسط المعاملة الثانية}$$

$$b \ 6.0 = \text{متوسط المعاملة الثالثة}$$

وكذلك بما أن الفرق بين متوسط المعاملة الاولى (7.2) ومتوسط المعاملة الثالثة

(6.0) يساوي (1.2) أذن الفرق غير معنوي ، توضع بالصيغة :

$$a \ 7.2 = \text{متوسط المعاملة الاولى}$$

$$a \ 6.0 = \text{متوسط المعاملة الثالثة}$$

سؤال واجب: أذكر خطوات إجراء اختبار أقل فرق معنوي (LSD).

سؤال واجب: اجريت تجربة وفق تصميم عشوائي كامل (CRD) مع عدم تساوي

المشاهدات أو المكررات (ثلاث معاملات بمكررات مختلفة). المطلوب:

1- كتابة الانموذج الرياضي للتجربة مفسرا رموزه.

2- أيجاد جدول تحليل التباين للبيانات

والبيانات كما في الجدول الاتي:

المعاملات	المشاهدات y _{ij}	Y _i . مجاميع المعاملات	R _i عدد المكررات
T1	5 , 6 , 3 , 4	18	4
T2	4 , 2 , -- , --	6	2
T3	9 , 6 , 7 , 8	30	4
		Y _{..} = 54	∑r _i = 10

2- اختبار دنكن (Duncan) متعدد الحدود.

وجد هذا الاختبار عام 1955 من قبل الباحث Duncan ويتميز عن باقي

الاختبارات بأنه يأخذ الفروق المعنوية بين المتوسطات مهما كان عددها مرة واحدة

خطوات إجراء الاختبار:

- يتم أستخراج الانحراف القياسي لاي مشاهدة في التجربة وفق الاتي.

جذر الاتي.

$$S_{yi} = \frac{MSe}{r}$$

- أستخراج قيم SSR من جداول دنكن (موجودة في نهاية كتاب تصميم وتحليل التجارب) وحسب عدد المتوسطات الداخلة في المقارنة.
- أستخراج قيم LSR من المعادلة الاتية (حاصل ضرب الخطوتين السابقتين).

$$LSR = \frac{MSe}{r} \times SSR$$

- يتم ترتيب المتوسطات وقيم LSR تنازليا وبشكل عمودي وكذلك ترتيب المتوسطات تصاعديا وبشكل أفقي وفي كلا الحالتين يترك آخر متوسط. بعد ذلك نأخذ الفرق بين كل متوسطين ونقارنه بقيمة LSR المقابلة لهما ، فإذا كانت قيمة الفرق بين المتوسطين أعلى من قيمة LSR أذن الفرق بين المتوسطين معنوي ، في حين إذا كان الفرق أقل من الـ LSR فهو غير معنوي. وتوضع حروف على المتوسطات كما تم توضيح ذلك أنفا في اختبار LSD.

مثال: تطبيق اختبار دنكن على نفس المثال السابق الذي طبق عليه اختبار LSD.

$$S_{yi} = \frac{MSe}{r} = \frac{2.88}{5} = 0.759$$

	عدد المتوسطات الداخلة في المقارنة			
	2	3	4	5
SSR	2.95	3.09	3.19	3.25
$\frac{MSe}{r}$	0.759			
LSR	2.33	2.35	2.42	2.47

قيم LSR في الجدول ناتجة من ضرب قي SSR في 0.759 .
ولغرض إجراء المقارنة نكون الجدول الاتي:

متوسط المعاملات تنازليا	قيم LSR تنازليا	T4 4.8	T3 6.0	T1 7.2	T5 8.6
T2 : 9.8	2.47	5.0*	3.8*	2.6*	1.2NS
T3 : 8.6	2.42	3.8*	2.6*	1.4	
T1 : 7.2	2.35	2.4*	1.2NS		
T3 : 6.0	2.33	1.2NS			

فمثلا الفرق بين متوسط المعاملة الثانية (9.3) والمعاملة الرابعة (4.8) هو (5.0) كما
موضح في الجدول وهذه القيمة أعلى من قيمة LSR المقابلة لها (2.47) لذلك الفرق بين
متوسطي المعاملتين الثانية والرابعة معنوي لذا وضعت الاشارة * ولهذا يعطى المتوسط
الاعلى a والاقبل b .

تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

(Randomized Completely Block Design – RCBD)

في هذا التصميم يتم تجميع الوحدات التلجريبية بمجاميع أو تسمى قطاعات بحيث تكون الوحدات التجريبية داخل كل قطاع في التجربة متجانسة ويكون عدد الوحدات التجريبية داخل كل قطاع مساويا لعدد المعاملات أو بعبارة أخرى بأنه لا بد من احتواء كل قطاع على جميع المعاملات وأن تحوي كل معاملة جميع القطاعات لذلك سميت بالقطاعات الكاملة وتتوزع المعاملات على الوحدات التجريبية داخل كل قطاع عشوائيا وبذلك يتضح أن استعمال هذا التصميم (RCBD) في حالة عدم تجانس الوحدات التجريبية وأمكانية مجانستها باتجاه معين (عمودي مثلا وتسمى قطاعات) ، ومن الممكن تطبيقه في حالة وجود قيم مفقود (ناتجة من هلاك حيوان أو نبات أو فقدان عينة في المختبر عائدة لمعاملة معينة في التجربة) وكذلك يعد سهل التطبيق. علما أن هذا التصميم هو أكفأ من التصميم العشوائي الكامل (CRD) وذلك لان جزء من الخطأ يتم سحبه عن طريق أحداث التجانس داخل كل قطاع ، الا ان من أهم عيوب هذا التصميم هو ارتفاع الخطأ في حالة عدم إمكانية أحداث التجانس داخل كل قطاع (أو باتجاه معين) في هذه الحالة يتطلب استعمال تصاميم أخرى لاجراء التحليل.

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).

$$Y_{ij} = \mu + T_i + P_j + e_{ij}$$

أذ أن :

Y_{ij} : قيمة المشاهدة j العائدة للمعاملة i .

μ : المتوسط العام للصفة المدروسة.

P_j : تأثير القطاع i .

: تأثير المعاملة j .

e_{ij} : الخطأ العشوائي الذي يتوزع توزيعا طبيعيا بمتوسط يساوي صفر وتباين قدره σ^2 .

جدول تحليل التباين للتصميم : (ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	F. Value قيمة f المحسوبة
Block القطاع	r-1	$\sum Y_{.j}^2$ $SSr = \frac{\sum Y_{.j}^2}{t} - CF$	SSr $MSr = \frac{SSr}{r-1}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Treat. المعاملة	t-1	$\sum Y_i.^2$ $SSt = \frac{\sum Y_i.^2}{r} - CF$	SSt $MSt = \frac{SSt}{t-1}$	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(t-1)	$SSe = SST - SSr - SSt$	SSe $MSe = \frac{SSe}{t(r-1)}$	
Total الكلي	tr-1	$SST = \sum Y_{ij}^2 - CF$	-----	

علما أن :

t : عدد المعاملات في التجربة.

r : عدد المكررات (القطاعات) في التجربة.

وأن CF يمثل معامل التصحيح ويساوي مربع مجموع القيم مقسوما الى عددها والعدد ناتج من ضرب عدد المعاملات (t) في عدد المكررات (القطاعات) (r).

أي أن :

$$CF = \frac{(Y_{..})^2}{tr}$$

مثال : أجريت تجربة لدراسة تأثير التسميد بالنتروجين على حاصل أحد أصناف الطماطة وأستعمل لذلك أربع مستويات من النتروجين (أربع معاملات) وتم تطبيق التجربة بواقع أربع قطاعات (أربع مكررات) والبيانات كما موضحة في الجدول الاتي:

المعاملات (Ti)	القطاع الاول (r1)	القطاع الثاني (r2)	القطاع الثالث (r3)	القطاع الرابع (r4)	مجاميع المعاملات (Yi.)
1	62	52	47	51	212
2	69	54	50	57	228
3	69	53	57	57	236
4	74	65	54	50	252
Y.j مجاميع القطاعات	272	224	208	224	Y.. = 928 المجموع الكلي

$$CF = \frac{(Y..)^2}{tr} = \frac{(928)^2}{4 \times 4} = 53824$$

$$SSr = \frac{\sum Y.j^2}{t} - CF$$

$$SSr = \frac{(272)^2 + \dots + (224)^2}{4} - 53824$$

$$SSr = 576$$

$$SSt = \frac{\sum Yi.^2}{r} - CF$$

$$SSt = \frac{(212)^2 + \dots + (252)^2}{4} - 53824$$

$$SSt = 208$$

$$SST = \sum Yij^2 - CF = (62)^2 + \dots + (59)^2 - CF$$

$$SST = 884$$

$$SSe = SST - SSr - SSt$$

$$SSe = 884 - 576 - 208$$

$$SSe = 70$$

$$MSr = \frac{SSr}{r-1} = \frac{576}{3} = 192$$

$$MSt = \frac{SSt}{t-1} = \frac{208}{3} = 69.33$$

$$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)} = \frac{70}{9} = 7.78$$

يتم تكوين جدول تحليل التباين للتصميم (ANOVA Table):

S.O.V.	d.f .	S.S.	M.S.	F. Value
مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة f المحسوبة
Block القطاع	r-1 = 4-1 = 3	576	192	MSt F = -----
Treat. المعاملة	t-1 = 4-1 = 3	208	69.33	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(t-1) (4-1)(4-1) = 9	70	7.78	
Total الكلي	tr-1 4 x 4 - 1 = 15	884	-----	MSe 69.33 F = ----- 7.78 F = 8.91**

من خلال مقارنة قيمة F المحسوبة (8.91) مع قيمة F الجدولية على درجات حرية المعاملة (3) والخطأ (9) ، نجد أن قيمة F المحسوبة أعلى من الجدولية على مستوى معنوية (0.05) وكذلك (0.01) لذلك فإن تأثير المعاملة (التسميد بالنتروجين) عالي المعنوية في حاصل الطماطة ، إذ سجلت المعاملة الرابعة أقصى متوسط من الحاصل. ملاحظة: نلاحظ من الجدول أعلاه بأن قيمة F تحسب من متوسط مربعات المعاملة ومتوسط مربعات الخطأ.

سؤال واجب: ما هو جدول تحليل التباين بالرموز للانموذج الرياضي الاتي:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + P_j + e_{ij}$$

سؤال واجب: أثبت من خلال جدول تحليل التباين وبأرقام افتراضية أن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) أكفى من التصميم العشوائي الكامل (CRD).

الكفاءة النسبية لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) مقارنة مع التصميم العشوائي الكامل (CRD).

يمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة الاتية:

$$(r-1) MSr + r (t-1) MSe$$

$$R.E. \% = \frac{\text{الكفاءة النسبية}}{\text{التصميم العشوائي الكامل (CRD)}} \times 100$$

$$(rt-1) MSe$$

أن المجاهيل في هذا القانون يتم الحصول عليها من جدول تحليل التباين.

مثال: تم تحليل بيانات تجربة لمقارنة تأثير أربع مستويات من النتروجين على معدل حاصل عباد الشمس، أستعمل فيها تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبواقع خمس مكررات (قطاعات) وكانت النتائج بعد التحليل كما موضحة في الجدول الاتي. (المطلوب إيجاد الكفاءة النسبية لتصميم (RCBD) مقارنة مع تصميم (CRD).

S.O.V.	d.f .	S.S.	M.S.	F. Value
مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة f المحسوبة
Block القطاع	4	21.46	5.36	F = 20.46**
Treat. المعاملة	3	134.45	44.83	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	12	26.26	2.19	
Total الكلي	19	182.17	-----	

$$\text{R.E. \% الكفاءة النسبية} = \frac{(r-1) MSr + r (t-1) MSe}{(rt-1) MSe} \times 100$$

$$\text{R.E. \% الكفاءة النسبية} = \frac{(5-1) 5.36 + 5 (4-1) 2.19}{(5 \times 4-1) 2.19} \times 100$$

$$\text{R.E. \%} = 130 \%$$

من هذه النتيجة يتضح بأن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) أكفأ من التصميم العشوائي الكامل (CRD) بمقدار 30 % ، أي أن 130 مكرر بأستعمال تصميم (CRD) تعطي نفس نتيجة معلومات 100 مكرر وفق تصميم (RCBD) لذلك فإن التكلفة في حالة تطبيق تصميم (CRD) تكون أعلى.

سؤال واجب: أكمل جدول تحليل التباين الاتي موضحا الخطوات بالقوانين اللازمة مع كتابة الانموذج الرياضي المناسب.

SOV	d.f.	SS	MS	F
Block	3	-----	60	
Treat.	-----	10	-----	-----
Exp. Error	12	-----	2.66	
Total	-----			

تصميم المربع اللاتيني (Latin Square Design)

يتم في هذا التصميم تجميع الوحدات التجريبية باتجاهين هما صفوف (Rows) وأعمدة (Columns) لغرض أحداث التجانس باتجاهين ، إذ لم يكفي مجانستها باتجاه واحد كما حصل في تصميم القطاعات ، وفي تصميم المربع اللاتيني يتم توزيع المعاملات على الوحدات التجريبية أو بالعكس وبصورة عشوائية لغرض إعطاء كل وحدة تجريبية نفس الفرصة ، ويعد هذا التصميم سهل التطبيق كما هو الحال في التصميم RCBD و CDR . وان تصميم المربع اللاتيني يعد أدق (أكفاً) من التصميم RCBD و CDR . الا أن من أهم محددات هذا التصميم هي زيادة نسبة الخطأ في حالة أستعمال أقل من ثلاث معاملات أو صفوف أو أعمدة وكذلك يصبح التحليل معقداً في حالة زيادة عدد المعاملات أو الصفوف أو الأعمدة عن ثمانية.

ملاحظة : في تصميم المربع اللاتيني يكون عدد المعاملات مساوياً لعدد الصفوف ومساوياً لعدد الأعمدة ($t = r = c$) حيث t تمثل المعاملات و r هي الصفوف و c تمثل الأعمدة . لذلك المربع اللاتيني يكون 3×3 أو 4×4 أو 5×5 وهكذا.

الانموذج الرياضي للتصميم : (Mathematical Model).

$$Y_{ij}(k) = \mu + \chi_i + \beta_j + T_i + e_{ij}(k)$$

أذ أن :

$Y_{ij}(k)$: قيمة المشاهدة.

μ : المتوسط العام للصفة المدروسة.

χ_i : تأثير الصفوف i .

β_j : تأثير الأعمدة j .

T_i : تأثير المعاملة k .

$e_{ij}(k)$: الخطأ العشوائي الذي يتوزع توزيعاً طبيعياً بمتوسط يساوي صفر وتباين قدره σ^2 .

جدول تحليل التباين للتصميم : (ANOVA Table).

S.O.V.	d.f .	S.S.	M.S.	F. Value
مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة F المحسوبة
Rows الصفوف	r-1	$\sum Y_{i.}^2$ $SS_r = \frac{\sum Y_{i.}^2}{R} - CF$	SS_r $MS_r = \frac{SS_r}{r-1}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$
Columns الاعمدة	r-1	$\sum Y_{.j}^2$ $SS_c = \frac{\sum Y_{.j}^2}{R} - CF$	SS_c $MS_c = \frac{SS_c}{r-1}$	
Treat. المعاملة	r-1	$\sum Y_{.k}^2$ $SS_t = \frac{\sum Y_{.k}^2}{R} - CF$	SS_t $MS_t = \frac{SS_t}{r-1}$	
Experimental Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(r-2)	$SS_e = SST - SS_r - SS_c - SS_t$	SS_e $MSe = \frac{SS_e}{(r-1)(r-2)}$	
Total الكلي	r^2-1	$SST = \sum Y_{ij}^2 - CF$	-----	

علما أن :

t: عدد المعاملات في التجربة.

r: عدد الصفوف في التجربة.

c: عدد الاعمدة في التجربة.

وأن CF يمثل معامل التصحيح ويساوي مربع مجموع القيم مقسوما الى مربع عدد الصفوف أو العمدة أو المعاملات.

أي أن :

$$CF = \frac{(Y_{..})^2}{r^2}$$

مثال : أجريت تجربة وفق تصميم المربع اللاتيني وشملت أربعة معاملات (التجربة 4 x 4) والبيانات كما موضحة في الجدول الآتي.

الاعمدة الصفوف	C1	C2	C3	C4	Yi. مجاميع الصفوف
R1	t1 4	t2 3	t3 4	t4 1	12
R2	t2 5	t3 2	t4 3	t1 6	16
R3	t3 4	t4 2	t1 5	t2 5	16
R4	t4 6	t1 6	t2 3	t3 4	19
Y.j مجاميع الاعمدة	19	13	15	16	Y.. = 63 المجموع الكلي

من خلال الجدول يتضح بأن عدد الصفوف = عدد الاعمدة = عدد المعاملات
أي أن $r = 4$.

قبل البدء بالحل يجب أستخراج مجاميع المعاملات من خلال متابعتها في جدول البيانات أعلاه الذي يحوي مجاميع الصفوف والاعمدة وكما يلي:

$$\begin{aligned}\sum t1 &= 4 + 6 + 5 + 6 = 21 \\ \sum t2 &= 3 + 5 + 5 + 3 = 16 \\ \sum t3 &= 4 + 2 + 4 + 4 = 14 \\ \sum t4 &= 1 + 3 + 2 + 6 = 12\end{aligned}$$

بعد ذلك نبدأ بأستخراج معامل التصحيح

$$CF = \frac{(Y..)^2}{r^2} = \frac{(63)^2}{4^2} = 240.06$$

$$SSr = \frac{\sum Y_i.^2}{r} - CF$$

$$SSr = \frac{(12)^2 + \dots + (19)^2}{4} - 240.06$$

$$SSr = 6.19$$

$$SSc = \frac{\sum Y.j^2}{r} - CF$$

$$SSc = \frac{(19)^2 + \dots + (16)^2}{4} - 240.06$$

$$SSc = 4.69$$

$$SSt = \frac{\sum Yk.^2}{r} - CF$$

$$SSt = \frac{(21)^2 + \dots + (12)^2}{4} - 240.06$$

$$SSt = 11.19$$

$$SST = \sum Yij^2 - CF$$

$$SST = (4)^2 + \dots + (4)^2 - 240.06$$

$$SST = 32.94$$

$$SSE = SST - SSr - SSc - SSt$$

$$SSE = 32.94 - 6.19 - 4.69 - 11.19$$

$$SSE = 10.87$$

جدول تحليل التباين للتصميم (ANOVA Table).

S.O.V.	d.f .	S.S.	M.S.	F. Value
مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	قيمة f المحسوبة
Rows الصفوف	r-1= 3	SSr = 6.19	MSr = 2.06	MSt F = ----- MSe 3.73 F = ----- 1.81 F = 2.06 NS
Columns الاعمدة	r-1 = 3	SSc = 4.69	MSc = 1.56	
Treat. المعاملة	r-1 = 3	SSt = 11.19	MSt = 3.73	
Experiment al Error. الخطأ التجريبي	(r-1)(r-2) (4-1)(4-2) = 6	SSe = 10.87	MSe = 1.81	
Total الكلي	r ² -1 4 ² -1 = 15	SST = 32.94	-----	

NS: تعني غير معنوي (Non-significant).

أذ ان قيمة F المحسوبة (2.06) أقل من الجدولية التي تستخرج على درجات حرية المعاملة (3) والخطأ (6) من جداول F. ملاحظة: نلاحظ من الجدول أعلاه بأن قيمة F تحسب من متوسط مربعات المعاملة ومتوسط مربعات الخطأ وليس من قيم الصفوف والاعمدة.

الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل (CRD) والقطاعات العشوائية الكاملة (RCBD).

1- مقارنة كفاءة المربع اللاتيني مع CRD.

يتم بأستعمال المعادلة التالية:

$$R.E. \% = \frac{MSr + MSc + (r-1) MSe}{(r + 1) MSe} \times 100$$

R.E. : الكفاءة النسبية

مثال: إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الاتي الناتج من تحليل تجربة بتصميم المربع اللاتيني.

SOV	d.f.	SS	MS	F
Rows	4	13601	3400	
Colum.	4	6144	1536	
Treat.	4	4156	1039	0.98
Error	12	12668	1056	
Total	24	36569		

من خلال هذا الجدول يمكن حساب الكفاءة النسبية وكما يلي:

$$R.E. \% = \frac{MSr + MSc + (r-1) MSe}{(r + 1) MSe} \times 100$$

$$R.E. \% = \frac{3400 + 1536 + (5 - 1) 1056}{(5 + 1) 1056} \times 100$$

$$R.E. \% = 145 \%$$

2- مقارنة كفاءة المربع اللاتيني مع RCBD.

- أولاً بأفتراض أن الصفوف هي القطاعات يتم بأستعمال المعادلة الاتية:

$$R.E. \% = \frac{MSc + (r-1) MSe}{r (MSe)} \times 100$$

$$R.E. \% = \frac{1536 + (5-1) 1056}{5 (1056)} \times 100$$

$$R.E. \% = 109 \%$$

- ثانياً بأفتراض أن الاعمدة هي القطاعات يتم بأستعمال المعادلة الاتية:

$$\text{R.E. \%} = \frac{\text{MSr} + (r-1) \text{MSe}}{r (\text{MSe})} \times 100$$

$$\text{R.E. \%} = \frac{3400 + (5-1) 1056}{5 (1056)} \times 100$$

$$\text{R.E. \%} = 143 \%$$

التجارب العاملية Factorial Experiment.

أن التجارب العاملية تستعمل عند دراسة تأثير أكثر من عامل واحد في صفة معينة ، مثل دراسة تأثير السلالة والموسم في صفة إنتاج الحليب وهذه التجارب تطبق بالتصاميم السابقة (CRD و RCBD و LS) وهنا يتم أستخراج تأثير كل عامل ومن ثم تأثير التداخل بين العوامل المدروسة (أن التداخل يعتبر مهم جدا ، أذ أنه يعطي أفضل توليفة بين العوامل المدروسة) ، وهذه التجارب تحتاج الى دقة في التطبيق ، كما أن زيادة عدد مستويات العوامل المدروسة يزيد من صعوبة التحليل.

فمثلا عند دراستنا تأثير السلالة (عواسي ، حمداني ، عرابي) والموسم (الشتاء ، الربيع ، الصيف ، الخريف) أي أن العامل الاول فيه ثلاث مستويات والعامل الثاني فيه أربعة مستويات لذلك يطلق على هذه التجربة (3 X 4) .

أولا: تجربة عاملية بتأثير عاملين تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD).
الانموذج الرياضي للتجربة.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

أذ ان :

A_i : تأثير العامل الاول.

B_j : تأثير العامل الثاني.

AB_{ij} : تأثير التداخل بين العاملين.

أما باقي الرموز فهي كما تم تفسيرها أنفا وفق النماذج الرياضية السابقة.

جدول تحليل التباين للتصميم : (ANOVA Table).

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	قيم F المحسوبة
A العامل الاول	a-1	SSA	MSA	$FA = \frac{MSA}{MSe}$
B العامل الثاني	b-1	SSB	MSB	$FB = \frac{MSB}{MSe}$
AB التداخل بين العاملين	(a-1)(b-1)	SSAB	MSAB	$FAB = \frac{MSAB}{MSe}$
Experimental Error. الخطأ التجريبي	ab(r-1)	SSe	MSe	
Total الكلي	abr-1	SST	-----	-----

علما أن a يمثل عدد مستويات العامل a

و أن b يمثل عدد مستويات العامل b

وان r يمثل عدد المكررات

وان هنالك ثلاث قيم لـ F

أما القوانين المتعلقة بالحسابات في الجدول فهي كالآتي:

$$CF = \frac{(Y \dots)^2}{abr}$$

$$A = \frac{\sum Y_i^2}{br}$$

$$SSA = A - CF$$

$$B = \frac{\sum Y.j^2}{ar}$$

$$SSB = B - CF$$

$$AB = \frac{\sum Yij.^2}{r}$$

$$SSAB = AB - A - B + CF$$

$$RAB = \sum Yijk^2$$

$$SST = RAB - CF$$

$$SSe = RAB - AB$$

ومن ثم أستخرج متوسطات المربعات من قسمة مجموع المربعات لكل مصدر تباين على درجات الحرية لذلك المصدر .

ملاحظة : عندما نستخرج تأثير العامل A نقسم على br

عندما نستخرج تأثير العامل B نقسم على ar

عندما نستخرج تأثير العامل AB نقسم على r

كما في القوانين أعلاه

مع ضرورة التأكد من الاشارات خصوصا عند أستخراج SSAB

مثال: أجريت تجربة لدراسة تأثير السلالة (عواسي ، حمداني) ونوع الولادة (فردية ، توأمية) في الوزن عند الميلاد لدى الحملان ، أوجد تأثير السلالة ونوع الولادة وتداخلهما في الصفة المدروسة والبيانات كما في الجدول الاتي:

المجموع Yij.	الوزن عند الميلاد (Yijk)	نوع الولادة (B)	السلالة (A)
15	5 , 4 , 6	فردية b1	عواسي a1
11	3 , 4 , 4	توأمية b2	عواسي a1
7	2 , 3 , 2	فردية b1	الحمداني a2
10	3 , 3 , 4	توأمية b2	الحمداني a2
المجموع الكلي 43 = Y...			

أذن المكررات (r) في هذا المثال هي 3

ولتسهيل الحل يفضل تكوين الجدول الاتي من الجدول أعلاه لاستخراج قيم A و B للمكررات الثلاثة في كل توليفة.

A	B	b1	b2	Yi.. مجاميع الـ a
a1		15	11	26
a2		7	10	17
Y.j. مجاميع b		22	21	المجموع الكلي Y... = 43

$$CF = \frac{(Y...)^2}{abr}$$

$$CF = \frac{(43)^2}{2 \times 2 \times 3} = 154.08$$

$$A = \frac{\sum Y_i.^2}{br}$$

$$A = \frac{(26)^2 + (17)^2}{2 \times 3} = 160.8$$

$$SSA = A - CF = 160.8 - 154.08 = 6.75$$

$$B = \frac{\sum Y.j.^2}{ar}$$

$$B = \frac{(22)^2 + (21)^2}{2 \times 3} = 155$$

$$SSB = B - CF = 155 - 154.08 = 0.83$$

$$AB = \frac{\sum Y_{ij}.^2}{\dots}$$

r

$$AB = \frac{(15)^2 + \dots + (10)^2}{3} = 165$$

$$SSAB = AB - A - B + CF$$

$$SSAB = 165 - 160.8 - 155 + 154.8$$

$$SSAB = 4.08$$

$$RAB = \sum Y_{ijk}^2 = (5)^2 + \dots + (4)^2$$

$$RAB = 169$$

$$SST = RAB - CF = 14.91$$

$$SSe = RAB - AB = 169 - 165 = 4$$

الآن يتم تكوين جدول تحليل التباين للنتائج وكما يلي:

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	قيم F المحسوبة
	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	
A	a-1 = 1	SSA = 6.75	MSA = 6.75	MSA FA = ----- = 13.5** MSe
B	b-1 = 1	SSB = 0.083	MSB = 0.083	MSB FB = ----- = 0.17ns MSe
AB	(a-1)(b-1) (2-1)(2-1) = 1	SSAB = 4.08	MSAB = 4.08	MSAB FAB = ----- = 8.7** MSe
Experim ental Error.	ab(r-1) 2 x 2 (3-1) = 8	SSe = 4	MSe = 0.50	-----
Total	abr-1 2 x 2 x 3 - 1 = 11	SST = 14.91	-----	-----

يتبين من قيم F المحسوبة في الجدول أعلاه بعد مقارنتها بمثيلاتها الجدولية أن تأثير السلالة وكذلك التداخل بين السلالة ونوع الولادة عالي المعنوية (P<0.01) في وزن الميلاد للحملان في حين لم يكن تأثير نوع الولادة معنويًا في هذه الصفة.

ثانيا: تجربة عاملية بتأثير عاملين تطبق بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD).

تستعمل هذه التجربة في حالة عدم تجانس الوحدات التجريبية للعوامل المؤثرة في الصفة المدروسة وامكانية مجانستها بشكل قطاعات كما تمت الاشارة الى ذلك في تصميم القطاعات العشوائية الكاملة باتجاه واحد. الانموذج الرياضي للتجربة.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + P_k + e_{ijkl}$$

أذ ان :

A_i : تأثير العامل الاول.

B_j : تأثير العامل الثاني.

AB_{ij} : تأثير التداخل بين العاملين.

P_k : تأثير القطاع k .

أما باقي الرموز فهي كما تم تفسيرها أنفا وفق النماذج الرياضية السابقة.

جدول تحليل التباين للتصميم (ANOVA Table):

S.O.V. مصادر الاختلاف	d.f . درجات الحرية	S.S. مجموع المربعات	M.S. متوسط المربعات	قيم F المحسوبة
Block القطاع	r-1	SSr	MSr	-----
A العامل الاول	a-1	SSA	MSA	MSA FA = ----- MSe
B العامل الثاني	b-1	SSB	MSB	MSB FB = ----- MSe
AB التداخل بين العاملين	(a-1)(b-1)	SSAB	MSAB	MSAB FAB= ----- MSe
Experiment al Error.	(ab-1)(r-1)	SSe	MSe	-----

الخطأ التجريبي				
Total الكلي	abr-1	SST	-----	-----

. علما أن a يمثل عدد مستويات العامل

. b و أن يمثل عدد مستويات العامل

. وان r يمثل عدد المكررات (القطاعات).

. وان هنالك ثلاث قيم لـ F .

أما القوانين المتعلقة بالحسابات في الجدول فهي كالآتي:

$$CF = \frac{(Y \dots)^2}{abr}$$

$$R = \frac{\sum Y.k.^2}{ab}$$

$$SSr = R - CF$$

$$A = \frac{\sum Y_{i..}^2}{br}$$

$$SSA = A - CF$$

$$B = \frac{\sum Y.j.^2}{ar}$$

$$SSB = B - CF$$

$$AB = \frac{\sum Y_{ijk}^2}{r}$$

$$SSAB = AB - A - B + CF$$

$$RAB = \sum Y_{ijk}^2$$

$$SST = RAB - CF$$

$$SSe = RAB - R - AB + CF$$

ومن ثم أستخرج متوسطات المربعات من قسمة مجموع المربعات لكل مصدر تباين على درجات الحرية لذلك المصدر .

ملاحظة : عندما نستخرج تأثير العامل A نقسم على br

عندما نستخرج تأثير العامل B نقسم على ar

عندما نستخرج تأثير القطاع R نقسم على ab

عندما نستخرج تأثير العامل AB نقسم على r

كما في القوانين أعلاه

مع ضرورة التأكد من الاشارات خصوصا عند أستخراج SSAB و SSe .

مثال: أجريت تجربة لدراسة تأثير فيتامين A بمستويين (2 و 5 %) وتم تطبيق كل منها على ثلاث سلالات وبواقع مكررين (قطاعين) لعدم تجانس الوحدات التجريبية . أوجد تأثير فيتامين A والسلالة وتداخلهما في وزن البيض لدى الدجاج، والبيانات كما في الجدول الاتي.

A	B	r1	r2
A1	B1	70	75
	B2	65	60
	B3	55	47
A2	B1	75	75
	B2	60	60
	B3	50	50
Y.K.	----	375	367

يتبين من خلال جدول البيانات بأن

$$a = 2 , b = 3 \text{ و } r = 2$$

ولتسهيل الحل يفضل تكوين الجدول الاتي من الجدول أعلاه لاستخراج قيم A و B للمكررين في كل توليفة وكما يلي.

A	B	b1	b2	b3	Yi.. مجاميع الـ a
a1		145	125	102	372
a2		150	120	100	370

Y.j.	295	245	202	المجموع الكلي Y... = 742
جامع ^م b				

$$CF = \frac{(Y...)^2}{abr} = \frac{(742)^2}{2 \times 3 \times 2} = 45880.33$$

$$R = \frac{\sum Y.k.^2}{ab} = \frac{(375)^2 + (367)^2}{2 \times 3}$$

$$SSr = R - CF = 5.33$$

$$A = \frac{\sum Yi..^2}{br} = \frac{(372)^2 + (370)^2}{3 \times 2}$$

$$SSA = A - CF = 0.333$$

$$B = \frac{\sum Y.j.^2}{ar} = \frac{(295)^2 + (245)^2 + (202)^2}{2 \times 2}$$

$$SSB = B - CF = 915.41$$

$$AB = \frac{\sum Yijk.^2}{r} = \frac{(145)^2 + \dots + (100)^2}{2}$$

$$SSAB = AB - A - B + CF = 12.08$$

$$RAB = \sum Yijk.^2 = (70)^2 + \dots + (50)^2 = 47053.99$$

$$SST = RAB - CF = 1173.66$$

$$SSe = RAB - R - AB + CF = 240.50$$

جدول تحليل التباين للتصميم (ANOVA Table).

S.O.V.	d.f .	S.S.	M.S.	قيم F المحسوبة
مصادر الاختلاف	درجات الحرية	مجموع المربعات	متوسط المربعات	
Block القطاع	$r-1 = 1$	$SSr = 5.33$	$MSr = 5.33$	-----
A العامل الاول	$a-1 = 1$	$SSA = 0.333$	$MSA = 0.333$	MSA $FA = \frac{MSA}{MSe} = 0.01ns$
B العامل الثاني	$b-1 = 2$	$SSB = 915.41$	$MSB = 457.70$	MSB $FB = \frac{MSB}{MSe} = 9.52^*$
AB التداخل بين العاملين	$(a-1)(b-1)$ $(2-1)(3-1)$ $= 2$	$SSAB = 12.08$	$MSAB = 6.04$	$MSAB$ $FAB = \frac{MSAB}{MSe} = 0.93ns$
Experimental Error. الخطأ التجريبي	$(ab-1)(r-1)$ $(2 \times 3)(2-1)$ $= 6$	$SSe = 240.50$	$MSe = 48.10$	-----
Total الكلي	$Ab-1$ $2 \times 3 \times 2 - 1$ $= 11$	$SST = 1173.66$	-----	-----

ثالثاً: تجربة عاملية بتأثير ثلاث عوامل تطبق بتصميم عشوائي كامل (CRD).

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB(ij) + AC(ik) + BC(jk) + ABC(ijk) + e_{ijkl}$$

جدول تحليل التباين للتصميم يتضمن الاتي:

SOV	Df	SS
A	a-1	SSA = A - CF
B	b-1	SSB = B - CF
C	c-1	SSC = C - CF
AB	(a-1)(b-1)	SSAB = AB - A - B + CF
AC	(a-1)(c-1)	SSAC = AC - A - C + CF
BC	(b-1)(c-1)	SSBC = BC - B - C + CF
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	SSABC = ABC - AB - AC - BC + A + B + C - CF
Error	abc(r-1)	SSE = RABC - ABC
Total	abcr-1	SST = RABC - CF

$$RABC = \sum Y_{ijkl}^2$$

قيم متوسطات المربعات MS تستخرج من تقسيم قيم مجموع المربعات (SS) على درجات الحرية.