تصميم وتحليل التجارب

البحث Research تنقيب مستمر عن معارف ومفاهيم جديدة وهو استمرار استقصـــاء المعرفة في سبيل حل مشاكل محددة في جميع مجالات الحياة وباعتماد طريقة علمية صحيحة

المجتمع Population :

هو عبارة عن مجموعة المفردات أو المشاهدات التي يمكن ان يأخذها المتغير تشترك بخاصية معينة ، ويمكن أن يكون المجتمع مكون من أشخاص أو نباتات أو حيوانات التربية ..... الخ ، وهناك نوعين من المجتمعات :

(١) مجتمع محدود : وهو المجتمع الذي يمكن حصر عدد مفرداته ، مثال ذلك مجتمع طلبة كلية معينة ، أو مجتمع أشجار الزيتون في بستان معين ... الخ .

(٢) مجتمع غير محدود : وهو المجتمع الذي لا يمكن حصر عدد مفرداته ، مثال ذلك عدد الاحياء الدقيقة في تربة معينة أو عدد الاسماك في نهر أو بحيرة ... الخ .

العينة Sample

عبارة عن مجموعة جزئية تتكون من عدد من المفردات تؤخذ من مجتمع معين (سواء أكان محدود أو غير محدود) وبطريقة ما ويشترط فيها أن تعكس كل صفات وخصائص المجتمع وأن تعطى الفرصة لكل فرد من أفراد المجتمع بالانتماء اليها وكذلك أن تكون مناسبة في حجمها ويمكن تعريفها بانها جزء من المجتمع .

المتغير Variable

هو عبارة عن أية ظاهرة توجد اختلافات بين مفرداتها ، وبمعنى آخر هو مجموعة القيم أو المفردات أو المشاهدات أو القياسات التي يتم الحصول عليها من مجتمع أو عينة لظاهرة ما ، فمثلاً قد تكون الظاهرة (المتغير) المطلوب دراستها تتعلق بعدد الجوز في نبات القطن من صنف معين وان المفردات في هذه الحالة تمثل عدد من نباتات القطن ممثلة في عينة الدراسة وحسب لكل منها ما تحمله من جوز ، وسيلاحظ أن هذا العدد من الجوز يختلف من نبات لآخر في العينة ، وهناك نوعين رئيسيين من هما :

(١) **المتغيرات الكمية Quantitative Variables :** وهي المتغيرات التي تسجل البيانات على مفرداتها عن طريق العد أو القياس ويمكن اجراء العمليات الحسابية عليها ، ومن الامثلة على ذلك (أطوال مجموعة من نباتات الذرة الصفراء ، وزن أو عدد حبوب القمح في السنبلة الواحدة ولعدة سنابل) . وتقسم هذه المتغيرات الى قسمين :

أ – **المتغيرات الكمية المتصلة :** وهي المتغيرات التي تأخذ مفرداتها أية قيمة رقمية ضمن مدى معين ، وبمعنى آخر المتغيرات التي تسجل بيانات مفرداتها عن طريق القياسات المختلفة ويمكن قيمها ان تكون موجبة أو سالبة وأعداد صحيحة أو كسور (من أمثلتها الوزن ، الطول ، درجة الحرارة ..... الخ) .

ب – **المتغيرات الكمية المنفصلة :** وهي المتغيرات التي تسجل بيانات مفرداتها عن طريق العد فقط وتأخذ أرقام صحيحة (من أمثلتها عدد النباتات في اوحدة التجريبية ولعدد الوحدات ، عدد افراد الاسرة في مدينة ما ولعدة أسر .... الخ) .

(٢) **المتغيرات النوعية Qualitative Variables :** وهي المتغيرات التي يتم التعبير عن مفرداتها على شكل وصف (من أمثلتها ، لون الزهرة ، شكل الورقة ، لون الشعر ... الخ) .

التجربة Experiment هي وسيلة الطريقة العلمية التي تتطبق للوصول الى المعلومات الجديدة واستكشاف علاقات جديدة بين المتغيرات ولتنفيذ التجربة تؤخذ النقاط التالية في الاعتبار:

١.تحديد المشكلة المطلوب حلها

٢.اختيار المتغير المؤثر او المرتبط

٣.تحديد العوامل الداخلة في الدراسة التي سيجري تغييرها، ونوعيتها ومستوياتها

٤.الربط بين مستويات العوامل وتحديدها

التجربة البسيطة Simple Experiment تهتم بدراسة عامل واحد فقط او هي التي يطلب منها حل مشكلة واحدة فقط .

التجربة العاملية Factorial Experiment الهدف منها دراسة تأثير عاملين فأكثر في وقت واحد، أي يطلب منها حل اكثر من مشكلة واحدة .

المعاملات Treatments مجموعة من الظروف المتغيرة يضعها الباحث تحت سيطرته لدراسة تأثيراتها على الصفات المدروسة وهي تطبق على الوحدات التجريبية

الوحدة التجريبية Experimental Unit هي اصغر جزء او مادة من مواد التجربة وعليها تطبق المعاملات

التصميم Design لتجربة ما هو إلا التخطيط لها

وان اهم التصاميم التي تستخدم مع التجارب البسيطة والعاملية

١. التصميم العشوائي الكامل C.R.D
٢. تصميم القطاعات العشوائية الكاملة .R.C.B.D
٣. تصميم المربع اللاتيني L.S.D

ولغرض اختيار تصميم معين لتجربة ما لابد من معرفة الآتي :

١.هل التصميم المطلوب لتجربة بسيطة ام عاملية

٢.هل ان الوحدات التجريبية التي ستنفذ عليها المعاملات متجانسة ام غير متجانسة وإذا كانت غير متجانسة هل يمكن تجميعها في مجاميع متجانسة وهل ان هذا التجميع يعمل على ازالة تأثير واحد ام اكثر

٣.هل ان جميع المعاملات البسيطة او العاملية ستكون جميعها موجودة في المجموعة الواحدة ام جزء منها سوف يظهر في كل قطاع .

القواعد الاساسية لتصميم التجارب

١. **التوزيع العشوائي Randomization** توزيع المتغيرات عشوائياً وبدون تحيز
٢. **التكرار Replication** اعادة تطبيق نفس المعاملة على اكثر من وحدة تجريبية
٣. **السيطرة على الظروف Local Control** التعرف على الوحدات التجريبية والتحكم فيها

وتعد هذه القواعد مهمة لضمان صحة اختبار الفرضيات وإمكانية تقدير الخطأ التجريبي وتقليل قيمته بما يؤدي الى زيادة كفاءة التجربة ودقة المعلومات التي يتم التوصل اليها

الخطأ التجريبي Experimental Error

هو مقياس للاختلافات التي تظهر بين مشاهدات يتم تسجيلها من وحدات تجريبية طبقت فيها نفس المعاملة، ومصادره هي:-

١.مصادر ذاتية ناتجة عن الاختلافات في العامل الوراثي أو نتيجة التفاعل بين الوراثي والبيئة

٢.نتيجة الاختلافات في تطبيق نفس المعاملة على الوحدات التجريبية (الفشل في التكرار تحت نفس الظروف تماماً)

٣.نتيجة الاخطاء الفنية التي تحدث اثناء تسجيل القياسات عن الصفات المختلفة (عدم الخبرة)

ويمكن معالجة الخطأ التجريبي من خلال ١- تحسين الطرق الاحصائية المستخدمة ٢- زيادة عدد التكرارات في التجربة ٣- جلب اشخاص ذو خبرة لقياس الصفات - بمراعاة النقاط السابقة مع اختيار التصميم المناسب والحجم المناسب للوحدات التجريبية والعدد المناسب للتكرارات - السيطرة على الخطأ وتقليل قيمته وبالتالي زيادة كفاءة ودقة

التحليل Analysis

هي المرحلة الاخيرة وتشمل طريقة جمع البيانات وترتيبها واختزالها ومن ثم اجراء الاختبارات التي يستعان بها في اتخاذ القرارات المناسبة لأهداف التجربة .

تحليل التباين Analysis of Variance

وهي عملية رياضية تهدف الى قياس التباين الموجود في البيانات وتقسيمه الى مصادره المختلفة او هي عدد من الخطوات الحسابية التي تهدف الى تجزئة مجموع الانحرافات الكلية على مصادر الاختلاف في التجربة ، ويمكن أن يلخص ذلك في جدول يطلق عليه جدول تحليل التباين Analysis of variance table ويختصر بـ ANOVA – Table . وتضم العناوين الرئيسية فيه (مع مختصراتها) ما يلي :

Analysis of Variance Table (ANOVA-Table)

مصادر الاختلاف Source of Variation S. O. V.	درجات الحرية degrees of freedom d. f	مجموع مربعات الانحرافات Sum of Square S.S	متوط المربعات المقدر Mean Square M.S	متوسط المربعات المتوقع Expected Mean Square E.M.S	قيمة F المحسوبة Calculated F Cal. F	قيمة F الجدولية Tabulated F Tab. F

F المحسوبة : هي النسبة بين التباينين المطلوب اختباره على التباين المستخدم في الاختبار .

مستوى المعنوية : هو درجة احتمال رفض فرضية العدم ويعني ذلك الوقوع في الخطأ من النوع الاول .

اختبار الفرضيات Test of Hypothesis :

وتعد نقطة مهمة في مجال اتخاذ القرارات ، والفرضية هنا عبارة عن تصريح أو ادعاء (قد يكون صائباً أو قد يكون خاطئاً) حول مشكلة معينة ، وهذا الادعاء يبقى قبوله او رفضه موضع اختبار ، فمثلاً نلاحظ عند انتاج محصول معين ، نفرض ان المشكلة قلة الحاصل في وحدة المساحة ، فيقوم الباحث بوضع الفرضيات اللازمة وهي على نوعين :

(١) **فرضية العدم Null Hypothesis** ويرمز لها (H_0) وهي تنص على عدم وجود فروقات بين المعاملات المستخدمة في اية تجربة ، ويقوم الباحث بوضع هذه الفرضية على امل ان يرفضها عند عدم توفر الادلة الكافية لقبولها .

(٢) **الفرضية البديلة Alternative Hypothesis** ويرمز لها في المراجع الاحصائية (H_1) او (H_A) وهذه الفرضية تؤكد وجود فروقات بين المعاملات في تأثيراتها ، وعادة توضع هذه الفرضية لتكون بديلة عن فرضية العدم في حالة رفضها ، ويتم قبول احدى الفرضيتين السابقتين ورفض الاخرى استناداً الى نتائج الاختبارات التي ينفذها الباحث ، ومن ثم يتم اتخاذ القرار المناسب بشأن الاختبار .

وقد تقود طريقة اتخاذ القرارات الى الوقوع في احد نوعين من الاخطاء وهما :

أ – الخطأ من النوع الاول Type I Error

يقع الباحث في هذا النوع من الاخطاء عندما يرفض فرضية العدم في الوقت الذي تكون هي الفرضية الصحيحة .

ب. الخطأ من النوع الثاني Type II Error

يقع الباحث في هذا النوع من الاخطاء عندما يقبل فرضية العدم عندما تكون هي الخاطئة .

وعادة تجرى الاختبارات تحت مستوى احتمالي معين يسمى بمستوى المعنوية Significant level ويعرف عالى انه درجة الاحتمال التي ترفض بها فرضية العدم وهي صحيحة ، وهي اذاً احتمال الوقوع في الخطأ من النوع الاول ، ويرمز لمستوى المعنوية بـ (α) حيث أن :

$$\alpha = p\ (\text{Type I Error}) = p\ (\text{Reject } H_0 \text{ when it is true})$$

الدكتور زكريا بدر فتحي
جامعة الموصل / كلية الزراعة والغابات

وفي معظم الاحوال يتم اختيار مستوى معنوية ١% أو مستوى معنوية ٥% ، وهذا يعني انه في حالة تكرار تجربة معينة مائة مرة ، فان احتمال ان تكون القرارات خاطئة مرة واحدة في حالة مستوى المعنوية ١% وخمسة مرات في حالة مستوى المعنوية ٥% .

متطلبات التجربة الجيدة :-

١- غياب الخطأ المنظم ٢- الدقة ٣- اتساع مدى صلاحية النتائج ٤- البساطة ٥- تقدير الخطأ القياسي .

الخطوات التي تتبع في تطبيق اي تجربة علمية :-

١- تحديد المشكلة المطلوب دراستها ٢- تحديد العوامل الداخلة في التجربة ومستوياتها ٣- تحديد الصفات المدروسة
٤- تحديد العوامل أو العوامل ومستوياتها التي سوف تستخدم في التجربة ٥- تحديد الامكانيات المتوفرة للقيام بالتجربة
٦- القيام بجمع البيانات وترتيبها واجراء عملية التحليل الاحصائي لها ومن ثم مناقشة النتائج

الدكتور زكريا بدر فتحي

التصميم العشوائي الكامل
Completely Randomized Design

هو التصميم الذي توزع فيه المعاملات عشوائياً على الوحدات التجريبية المتجانسة او بالعكس .

من مميزاته :

١.ابسط انواع التصاميم وأسهلها تطبيقاً وتحليلاً للبيانات
٢.يسمح باستخدام اعلى ما يمكن من درجات حرية ألخطأ مما يؤدي الى خفض القيمة المقدرة لتباين هذا الخطأ
٣.يمكن استخدام أي عدد من المعاملات وأي عدد من المكررات
٤.لا يشترط تساوي تكرارات جميع المعاملات
٥.اذا فقدت مشاهدات من التجربة لا تتأثر بساطة التحليل الاحصائي

ويعاب عليه ما يلي :

١.لا يصح استخدامه الا في حالة تجانس الوحدات التجريبية
٢.القيمة المقدرة لتباين الخطأ التجريبي عالية مقارنة بالتصاميم الاخرى
وهذا يسبب عدم دقة وكفاءة التصميم في بيان تأثير المعاملات

تخطيط التجربة Layout of Experiment

هذا يعني تحديد مكان وزمان التجربة وطريقة المواد التجريبية وطريقة توزيع المعاملات على الوحدات التجريبية، ولإجراء ذلك تقسم المساحة التجريبية الى عدد من الوحدات المتجانسة ثم توزع المعاملات بحيث ان كل معاملة t_i تظهر في r من الوحدات وان عدد الوحدات التجريبية الكلي هو (t*r) فمثلاً عند استخدم خمسة معاملات (t = 5) بأربعة مكررات (r = 4) لكل معاملة فان مخطط التجربة التي ستتكون من 20 وحدة تجريبية هو :

t_5	t_5	t_1	t_4	t_3
t_3	t_3	t_4	t_2	t_5
t_1	t_2	t_5	t_2	t_3
t_3	t_1	t_4	t_1	t_2

تمثيل البيانات بالرموز الجبرية

المعاملات Treatments t_i	المشاهدات Observations y_{ij}						مجاميع المعاملات $Y_{i.}$	متوسطات المعاملات $\bar{y}_{i.}$
t_1	y_{11}	y_{12}		y_{1j}	.	y_{1r}	$Y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
t_2	y_{21}	Y_{22}	.	y_{2j}	.	y_{2r}	$Y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
.	.	.		.		.		
t_i	y_{i1}	y_{i2}	.	y_{ij}	.	y_{ir}	$Y_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$
	.	.		.		.		
t_t	y_{t1}	y_{t2}	.	y_{tj}	.	y_{tr}	$Y_{t.}$	$\bar{y}_{t.}$
							$Y_{..}$ المجموع العام	$\bar{y}_{..}$ المتوسط العام

النموذج الرياضي للتجربة

$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$ { i = 1,2,…t ; j = 1,2,….r

قيمة المشاهدة = المتوسط العام + تأثير المعاملة + تأثير الخطأ التجريبي

مثال: **t=5 r=4 using CRD**

المعاملات t_i	المشاهدات 1	2	3	4	مجاميع المعاملات $Y_{i.}$	متوسطات المعاملات $\bar{y}_{i.}$
t_1	46	40	42	40	168	42
t_2	51	48	47	42	188	47
t_3	36	42	44	46	168	42
t_4	42	42	45	43	172	43
t_5	35	36	37	36	144	36
					Y..= 840	$\bar{y}_{..}$ = 42

تقدير التأثيرات:

$\mu = \bar{y}_{..} = Y_{..}/tr = 840/20 = 42$ المتوسط العام $\bar{y}_{..} = \sum \bar{y}_{i.}/t$, $\bar{y}_{..} = \sum y_{i.}/tr$

$t_i = \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..} = Y_{i.}/r - Y_{..}/tr$ **تأثير أي معاملة = انحراف متوسطها عن المتوسط العام**

$t_1 = 42 - 42 = 0$

$t_2 = 47 - 42 = 5$ $\sum t_i = 0$ **مجموع تأثيرات جميع المعاملات = صفر**

$t_3 = 42 - 42 = 0$ $\sum t_i = 0+5+0+1+(-6) = 0$

$t_4 = 43 - 42 = 1$

$t_5 = 36 - 42 = -6$

$e_{ij} = y_{ij} - \mu - t_i$

$= y_{ij} - \bar{y}_{i.} = y_{ij} - Y_{i.}/r$ **تأثير الخطأ التجريبي لأي مشاهدة = قيمة المشاهدة – متوسط المعاملة**

$e_{24} = 42 - 47 =$

نتائج تحليل التباين كما يلي :

$CF = Y_{..}^2 / tr = 840^2 /(5)(4) = 35280$

$SST = \sum y_{ij}^2 - CF = [24^2+..+36^2] - 35280 = 378$

$SSt = (\sum Y_{i.}^2)/r - CF = (168^2+188^{2\cdots}+172^2+144^2)/4 - 35280 = 248$

$SSe = SST - SSt = 378 - 248 = 130$

جدول تحليل التباين

SOV	df	SS	MS	Cal F	Tab F 5%	Tab F 1%
treatments	t-1= 4	248	62.00	7.15**	3.06	4.89
Error	t(r-1)=15	130	8.67			
Total	tr-1= 19	378				

القرار : يلاحظ ان قيمة F المحسوبة اكبر من F الجدولية عند مستوى احتمال ١% وعليه توجد اختلافات معنوية عالية بين المعاملات الخمسة

س : اثبت ان مجموع انحرافات القيم عن وسطها الحسابي = صفر

س: اثبت ان تأثير المعاملات يساوي صفر

تقدير مكونات التباين

١. تباين أي مشاهدة $S^2_{yij} = \underline{MSe} = 8.67$

٢. الانحراف القياسي لاي مشاهدة $S_{\bar{y}ij} = \sqrt{S^2_{yij}} = \sqrt{MSe} = \sqrt{8.67} = 2.944$

٣. تباين متوسط اي معاملة $S^2_{\bar{y}i.} = \underline{MSe}/r = \underline{8.67}/4 = 2.168$

٤. الانحراف القياسي لمتوسط اي معاملة $S_{\bar{y}i.} = \sqrt{S^2_{\bar{y}i.}} = \sqrt{2.168} = 1.472$

٥. تباين الفرق بين متوسطي اي معاملتين $S^2_{(\bar{y}i. - \bar{y}i,')} = 2MSe/r = 2(8.67)/4 = 4.335$

٦. الانحراف القياسي للفرق بين متوسطي اي معاملتين

$$S_{(\bar{y}i. - \bar{y}i,')} = \sqrt{S^2_{(\bar{y}i. - \bar{y}i,')}} = \sqrt{4.335} = 2.082$$

٧. معامل الاختلاف (CV%) Coefficient of Variability

$$CV\% = (\sqrt{MSe}/\bar{y}..) \times 100 = (\sqrt{8.67}/42) \times 100 = 7.01\%$$

$$MSt = \sigma^2e - r\,\sigma^2t$$

$$\sigma^2t = \frac{mst - mse}{r}$$

σ^2t = تباين تاثير المعاملات

σ^2e = تباين تأثير الخطأ

طرائق مختلفة للمقارنة بين متوسطات المعاملات:

(١) الطرائق التي تحدد قبل تنفيذ التجربة: وهي نوعين

أ- المقارنات المستقلة: يتم اعتمادها عندما تكون المعاملات نوعية ويمكن تصنيفها في مجاميع

ب- تحليل ألاتجاه يتم اعتمادها عندما تكون المعاملات كمية

(٢) الطرائق التي يتم اختيارها بعد تنفيذ التجربة: وتعتمد في حالة المعاملات النوعية التي لا يمكن وضعها في مجاميع ومنها: طريقة دونت وطريقة اقل فرق معنوي وطريقة دنكن المتعدد المدى .... وغيرها

مقارنة متوسطات المثال بطريقة دنكن المتعدد المدى:

(1) $S_{\bar{y}i.} = \sqrt{MSe/r} = \sqrt{8.667/4} = 1.472$

	2	3	4	5
(2) SSR	3.01	3.16	3.25	3.31
(3) LSR = $S_{\bar{y}i.}$ x SSR	4.431	4.652	4.784	4.872

الدكتور زكريا بدر فتحي

ترتيب متوسطات المعاملات من اعلى الى اقل قيمة

(4) $\bar{y}_{2.} = 47$ $\bar{y}_{4.} = 43$ $\bar{y}_{1.} = 42$ $\bar{y}_{3.} = 42$ $\bar{y}_{5.} = 36$

a ab b b c

او عن طريق خط

يوجد خط ------- لا يوجد فرق معنوي بين المعاملات

لا يوجد خط ------ يوجد فرق معنوي بين المعاملات

أقترح دنكن هذا الاختبار في عام ١٩٥٥ بهدف تجنب عيوب اختبار أقل فرق معنوي LSD لأن اختبار LSD تتم فيه المقارنة على أساس الفرق بين كل معاملتين مع قيمة LSD وهنا يقع الخطأ حيث أن الفرق بين متوسط أكبر معاملة ومتوسط أصغر معاملة سيكون كبيرا وبالتالي ستظهر المعنوية بدون التأكد من صحتها

الدكتور زكريا بدر فتحي

تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

Randomized Complete Block Design (RCBD)

هو التصميم الذي تجمع فيه الوحدات التجريبية غير المتجانسة في مجاميع (قطاعات) بحيث ان الوحدات التجريبية في كل مجموعة تكون متجانسة نسبياً وان عدد الوحدات في كل مجموعة مساوياً لعـــدد المعاملات، وتوزع المعاملات عشوائياً داخل كل قطاع على حده

من مميزاته :

١.ان فصل مجموع مربعات القطاعات من الخطأ يؤدي الى خفض تباين الخطأ ويزيد من كفاءة ودقة التجربة
٢.لا توجد قيود على عدد المعاملات او عدد القطاعات في التجربة
٣.سهولة التحليل الاحصائي للبيانات
٤.يمكن تقدير قيم المشاهدات المفقودة واستمرار التحليل الاحصائي
٥.الكفاءة النسبية للتصميم على مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل

ويعاب عليه مايلي :

ان وجود اختلافات بين الوحدات التجريبية داخل القطاع يؤدي الى زيادة الخطأ التجريبي ، ولهذا السبب فان التصميم لا يناسب الاعداد الكبيرة من المعاملات

تخطيط التجربة Layout of Experiment

هذا يعني تحديد مكان وزمان التجربة وطبيعة المواد التجريبية وطريقة تنظيم القطاعات وتوزيع المعاملات على الوحدات التجريبية داخل كل قطاع، ولإجراء ذلك تقسم المساحـــة التجريبية الى عدد من القطاعات وعدد من الوحدات المتجانسة داخل كل قطاع بعدد المعاملات، ثم توزع المعاملات داخل كل قطاع بحيث ان كل معاملة t_i تظهر مرة واحدة في كل قطاع، وان عـــدد الوحدات التجريبية الكلية في التجربة هو (t*r) فمثلاً عند استخدام خمسة معاملات (t = 5) بأربعة قطاعات (r = 4)، فان مخطط التجربة يكون كما يلي:

القطاع الاول	t_2	t_5	t_1	t_4	t_3
القطاع الثاني	t_3	t_1	t_4	t_2	t_5
القطاع الثالث	t_1	t_2	t_5	t_4	t_3
القطاع الرابع	t_3	t_5	t_4	t_1	t_2

تمثيل البيانات بالرموز الجبرية

المعاملات Treatments	القطاعات Blocks						مجاميع المعاملات	متوسطات المعاملات
t_i	r_1	r_2		r_j		r_r	$Y_{i\cdot}$	$\bar{y}_{i\cdot}$
t_1	y_{11}	y_{12}		y_{1j}	.	y_{1r}	$Y_{1\cdot}$	$\bar{y}_{1\cdot}$
t_2	y_{21}	Y_{22}	.	y_{2j}	.	y_{2r}	$Y_{2\cdot}$	$\bar{y}_{2\cdot}$
.	.	.		.		.		
t_i	y_{i1}	y_{i2}	.	y_{ij}	.	y_{ir}	$Y_{i\cdot}$	$\bar{y}_{i\cdot}$
	.	.		.		.		
t_t	y_{t1}	y_{t2}	.	y_{tj}	.	y_{tr}	$Y_{t\cdot}$	$\bar{y}_{t\cdot}$
$Y_{\cdot j}$	$Y_{\cdot 1}$	$Y_{\cdot 2}$		$Y_{\cdot j}$		$Y_{\cdot r}$	$\mathbf{Y_{\cdot\cdot}}$	
$\bar{y}_{\cdot j}$	$\bar{y}_{\cdot 1}$	$\bar{y}_{\cdot 2}$		$\bar{y}_{\cdot j}$		$\bar{y}_{\cdot r}$		$\mathbf{\bar{y}_{\cdot\cdot}}$

زكريا بدر فتحي

النموذج الرياضي للتجربة

$y_{ij} = \mu + R_j + t_i + e_{ij}$ { i = 1,2,…t ; j = 1,2,….r

قيمة المشاهدة = المتوسط العام + تأثير القطاع + تأثير المعاملة + تأثير الخطأ التجريبي

مثال: **t=4 r=6 using RCBD**

المعاملات t_i	القطاعات r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	مجاميع المعاملات Y_i	متوسطات المعاملات $\bar{y}_i$
t_1	35.2	24.1	14.1	25.9	35.3	13.6	148.2	24.7
t_2	26.2	14.2	8.1	22.7	33.5	8.5	113.2	18.9
t_3	26.0	16.5	9.1	21.7	31.3	7.6	112.2	18.7
t_4	29.4	21.0	13.5	22.5	32.7	11.1	130.2	21.7
$Y_{.j}$	116.8	75.8	44.8	92.8	132.8	40.8	Y..= 503.8	
$\bar{y}_{.j}$	29.2	18.9	11.2	23.2	33.2	10.2		$\bar{y}..$ = 21.0

تقدير التأثيرات:

$\mu = y.. = Y../tr = 503.8/24 = 20.9$ المتوسط العام

$t_i = y_{i.} - \bar{y}.. = Y_{i.}/r - Y../tr$ **تأثير أي معاملة = انحراف متوسطها عن المتوسط العام**

$t_1 = 24.7 - 21.0 = 3.7$

$t_2 = 18.9 - 21.0 = -2.1$ **مجموع تأثيرات جميع المعاملات = صفر** $\sum t_i = 0$

$t_3 = 18.7 - 21.0 = -2.3$ $\sum t_i = 3.7+(-2.1)+(-2.3)+0.7 = 0$

$t_4 = 21.7 - 21. = 0.7$

$R_j = \bar{y}_{.j} - \bar{y}.. = Y_{.j}/t - Y../tr$ **تأثير أي قطاع = انحراف متوسطه عن المتوسط العام**

$R_1 = 29.2 - 21.0 = 8.2$

$R_2 = 18.9 - 21.0 = -2.1$ **مجموع تأثيرات جميع القطاعات = صفر** $\sum t_i = 0$

$R_3 = 11.2 - 21.0 = -9.8$ $\sum t_i = 8.2+(-2.1)+(-9.8)+2.2$

$R_4 = 23.2 - 21.0 = 2.2$ $+12.2+ (-10.8) = 0$

$R_5 = 33.2 - 21.0 = 12.2$

$R_6 = 10.2 - 21.0 = -10.8$

$e_{ij} = y_{ij} - R_j - \mu - t_i$ **تأثير الخطأ التجريبي لاي مشاهدة = قيمة المشاهدة – متوسط المعاملة - متوسط القطاع + المتوسط العام**

$= y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}.. = y_{ij} - Y_{i.}/r - Y_{.j}/t + Y../tr$

$e_{24} = 22.7 - 18.9 - 23.2 + 21.0 = 1.6$

نتائج تحليل التباين كما يلي :

$CF = Y..^2 / tr = 508.8^2 /(4)(6) = 10575.6$

$SST = \Sigma y_{ij}^2 - CF = [35.2^2 + .. + 11.1^2] - 10575.6 = 1890.20$

$SSt = (\Sigma Y_{i.}^2/r) - CF = (148.2^2 + ... + 130.2^2)/6 - 10575.6 = 144.125$

$SSr = (\Sigma Y_{.j}^2/t) - CF = (116.8^2 + ... + 40.8^2)/4 - 10575.6 = 1736.0$

$SSe = SST - SSt - SSr = 1934.16 - 144.125 - 1751.208 = 28.2$

جدول تحليل التباين

SOV	df	SS	MS	Cal F	Tab F5%	Tab F1%
Blocks	r – 1 = 5	1751.208	350.24			
treatments	t – 1 = 3	144.125	48.04	22.34**	3.287	5.417
Error	(t-1)(r-1)= 15	38.825	2.588			
Total	tr-1= 23	1934.16				

القرار : يلاحظ ان قيمة F المحسوبة للمعاملات اكبر من F الجدولية عند مستوى احتمال ١% وعليه توجد اختلافات معنوية عالية بين المعاملات الاربعة

تقدير مكونات التباين

١. تباين أي مشاهدة $S^2_{yij} = MSe = 2.588$

٢. الانحراف القياسي لاي مشاهدة $S_{yij} = \sqrt{S^2_{yij}} = \sqrt{MSe} = \sqrt{2.588} = 1.609$

٣. تباين متوسط اي معاملة $S^2_{\bar{y}i.} = MSe/r = 2.588/6 = 0.431$

٤. الانحراف القياسي لمتوسط اي معاملة $S_{\bar{y}i.} = \sqrt{S^2_{\bar{y}i.}} = \sqrt{0.431} = 0.657$

٥. تباين الفرق بين متوسطي اي معاملتين $S^2_{(\bar{y}i. - \bar{y}i,')} = 2MSe/r = 2(2.588)/6 = 0.863$

٦. الانحراف القياسي للفرق بين متوسطي اي معاملتين

$S_{(\bar{y}i. - \bar{y}i,')} = \sqrt{S^2_{(\bar{y}i. - \bar{y}i,')}} = \sqrt{0.863} = 0.929$

٧. معامل الاختلاف Coefficient of Variability (CV%)

$CV\% = (\sqrt{MSe}/\bar{y}..) \times 100 = (\sqrt{2.588}/21.0) \times 100 = 7.661\ \%$

تقدير الكفاءة النسبية للتصميم مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل : Relative Efficiency (RE%)

$$RE\% = \frac{(r-1)MSr + r(t-1)MSe}{(rt-1)MSe} \times 100 = \frac{(6-1)(350.24) + 6(4-1)(2.588)}{[(6)(4)-1](2.588)} \times 100$$

$= 3020.87\ \%$

تقدير قيمة المشاهدة المفقودة :

المعاملات	r_1	r_2	r_3	مجاميع المعاملات
t_1	12	---- (8.5)	8	20 + 8.5 = 28.5
t_2	16	15	13	44
t_3	20	15	17	52
مجاميع القطاعات	48	30 + 8.5 = 38.5	38	116 + 8.5 = 124.5

$$y_{ij} = \frac{t\,Y_{i.} + r\,Y_{.j} - Y_{..}}{(t-1)(r-1)} = \frac{3(20) + 3(30) - 116}{(3-1)(3-1)} = 8.5$$

بعد تقدير قيمة المشاهدة المفقودة توضع في محلها في الجدول ثم تعدل المجاميع وتتبع خطوات التحليل الاحصائي السابق شرحها ويتم ايجاد جدول تحليل التباين مع ملاحظة طرح درجة حرية واحدة من المجموع الكلي والخطأ التجريبي عن كل قيمة مفقودة.

SOV	df	SS	MS	Cal F	Tab F5%	Tab F1%
Blocks	r – 1 = 5					
treatments	t – 1 = 3					
Error	(t-1)(r-1)= 15 – 1 = 14					
Total	tr-1= 23 – 1 = 22					

الدكتور زكريا بدر فتحي

تصميم المربع اللاتيني
Latin Square Design (LSD)

هو التصميم الذي يتم فيه تجميع الوحدات التجريبية غير المتجانسة في مجموعات تضم كل منها وحدات تجريبية متجانسة بعدد المعاملات على ان يتـــم التجميع في اتجاهين، صفوف (Rows) وأعمدة (Columns)، وفيه عدد الصفوف وعدد الاعمدة مساوي لعدد المعاملات $t = r = c$ وان عدد الوحدات التجريبية اللازم لتنفيذ التجربة يساوي مربع عدد المعاملات t^2

من مميزاته :

١. باستخدام التجميع في اتجاهين يكون تباين الخطأ أصغر مما يؤدي الى زيادة كفاءة ودقة التجربة
٢. التحليل الاحصائي للبيانات بسيط ويبقى كذلك حتى في حالة فقـــدان قيـــم بعض المشاهدات

ويعاب عليه ما يلي :

١. عدد المعاملات يتحدد بعدد الصفوف وعدد الاعمدة وفي ذلك قيد على الباحث عند تخطيط التجربة، بحيث كلما يزيد عدد المعاملات بواحدة يقابله زيادة كبيرة بعـــدد الوحدات التجريبية
٢. في حالة قلة عدد المعاملات تكون درجات حرية الخطأ قليلة وبالتالي ترتفع قيمة تباين الخطأ مما يؤدي الى اتخاذ قرارات خاطئة

(ينصح باستخدام التصميم عندما يكون عدد المعاملات بين ٤ و ٨)

تخطيط التجربة Layout of Experiment

مثال: تجربة لدراسة تأثير اربعة معاملات، في هذه الحالة عـــدد المعاملات = عدد الصفوف = عدد الاعمدة = ٤، عليه يتم تجميع الوحدات التجريبية في اربعة صفوف $r = 4$ وأربعة اعمدة $c = 4$ ويتم عمل مخطط التجربة باختيار مربع لاتيني قياسي حجم ٤ x ٤ اولاً ثم عليه توزع الصفوف عشوائياً ثم الاعمدة عشوائياً وأخيرا توزع المعاملات على الحروف اللاتينية عشوائياً ايضا والمخطط التالي يبين الحالة النهائية وفيها كل معاملة تظهر مرة واحدة في كل صف وفي كل عمود، وتكون الوحدات التجريبية في كل صف وفي كل عمود متجانسة.

هناك اشكال قياسية للمربعات اللاتينية في الكتب الاحصائية يتم اختيار احدها حسب عدد المعاملات في التجربة ومن خلال هذا الشكل القياسي يمكن عمل مخطط للتجربة. ومن كل شكل قياسي يمكن ترتيب اشكال اخرى بمجرد تغيير ترتيب الحروف اللاتينية وهذا العدد من الاشكال يساوي $t ! (t - 1) !$

ففي تجربة لدراسة تأثير اربعة معاملات يكون عدد الاشكال التي يمكن تكوينها كما يلي:

$$\text{Number of arrangements} = t ! (t - 1) ! = 4 ! (4 - 1) ! = 4 ! 3 !$$
$$= 4 \times 3 \times 2 \times 1 \times 3 \times 2 \times 1 = 144$$

مخطط التجربة التي ستتكون من 20 وحدة تجريبية هو :

	c_1	c_1	c_3	c_4
r_1	t_4	t_2	t_1	t_3
r_2	t_2	t_1	t_3	t_4
r_3	t_3	t_4	t_2	t_1
r_4	t_1	t_3	t_4	t_2

الدكتور زكريا بدر فتحي
جامعة الموصل / كلية الزراعة والغابات

تمثيل البيانات بالرموز الجبرية

r_i الصفوف	الاعمدة c_1	c_2	c_3	c_4	مجاميع الصفوف $Y_{r\cdot}$	مجاميع المعاملات $Y_{(i)\cdot}$
r_1	$y_{11(4)}$	$y_{12(2)}$	$y_{13(1)}$	$y_{14(3)}$	$Y_{1\cdot}$	$Y_{(1)\cdot}$
r_2	$y_{21(2)}$	$y_{22(1)}$	$y_{23(3)}$	$y_{24(4)}$	$Y_{2\cdot}$	$Y_{(2)\cdot}$
r_3	$y_{31(3)}$	$y_{32(4)}$	$y_{33(2)}$	$y_{34(1)}$	$Y_{3\cdot}$	$Y_{(3)\cdot}$
r_4	$y_{41(1)}$	$y_{42(3)}$	$y_{43(4)}$	$y_{44(2)}$	$Y_{4\cdot}$	$Y_{(4)\cdot}$
$Y_{\cdot j}$مجاميع الاعمدة	$Y_{\cdot 1}$	$Y_{\cdot 2}$	$Y_{\cdot 3}$	$Y_{\cdot 4}$	المجموع العام	$Y_{\cdot\cdot}$

النموذج الرياضي للتجربة

$$y_{rc(i)} = \mu + t_i + r_r + c_c + e_{rc(i)} \quad \{ i = r = c = 1, 2, \ldots t$$

قيمة المشاهدة = المتوسط العام + تأثير المعاملة i + تأثير الصف r + تأثير العمود c + تأثير الخطأ التجريبي للمشاهدة rc(i)

مثال: $t = r = c = 4 \quad t^2 = 16$ using LSD

r_i الصفوف	الاعمدة c_1	c_2	c_3	c_4	$Y_{r\cdot}$	$Y_{(i)\cdot}$	$\bar{y}_{r\cdot}$	$\bar{y}_{(i)\cdot}$
r_1	t_4 50.5	t_3 50.2	t_1 54.6	t_2 50.4	205.7	216.2	51.43	54.05
r_2	t_2 49.7	t_1 53.0	t_4 53.2	t_3 51.3	207.2	202.2	51.8	50.55
r_3	t_3 50.2	t_4 52.4	t_2 51.3	t_1 55.3	209.2	203.0	52.3	50.75
r_4	t_1 53.3	t_2 50.8	t_3 51.3	t_4 54.2	209.6	210.3	52.4	52.575
$Y_{\cdot j}$	204.0	206.4	208.4	211.2	$Y_{\cdot\cdot}$ = 831.7			
$\bar{y}_{\cdot c}$	50.925	51.6	52.6	52.8			$\bar{y}_{\cdot\cdot}$ = 51.981	

تقدير التأثيرات:

المتوسط العام $\mu = \bar{y}_{\cdot\cdot} = Y_{\cdot\cdot}/t^2 = 832/16 = 52$

تأثير أي معاملة = انحراف متوسطها عن المتوسط العام $t_i = \bar{y}_{(i)\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot} = Y_{(i)\cdot}/t - Y_{\cdot\cdot}/t^2$

$t_1 = 54.6 - 51.981 = 2.07$
$t_2 = 50.55 - 51.981 = -1.43$
$t_3 = ٥٠.٧ - 51.981 = -1.23$
$t_4 = 52.575 - 51.981 = 0.59$

مجموع تأثيرات جميع المعاملات = صفر $\Sigma t_i = 0$

$\Sigma t_i = 2.07+(-1.43)+(-1.23)+0.59 = 0$

تأثير أي صف = انحراف متوسطه عن المتوسط العام $r_j = \bar{y}_{r\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot} = Y_{r\cdot}/t - Y_{\cdot\cdot}/t^2$

$r_1 = 51.43 - 51.981 = -0.556$
$r_2 = 51.8 - 51.981 = -0.181$
$r_3 = 52.3 - 51.981 = 0.319$
$r_4 = 52.4 - 51.981 = 0.419$

مجموع تأثيرات جميع الصفوف = صفر $\Sigma t_i = 0$

$\Sigma t_i = (-0.556)+(-0.181)+0.319+0.419 = 0$

تأثير أي عمود = انحراف متوسطه عن المتوسط العام $c_j = \bar{y}_{\cdot c} - \bar{y}_{\cdot\cdot} = Y_{\cdot c}/t - Y_{\cdot\cdot}/t^2$

د. زكريا بدر فتحي

$c_1 = 50.925 - 51.981 = -1.056$
$c_2 = 51.6 - 51.981 = -0.381$
$c_3 = 52.6 - 51.981 = 0.619$
$c_4 = 52.8 - 51.981 = 0.819$

مجموع تأثيرات جميع الاعمدة = صفر $\Sigma t_i = 0$
$\sum t_i = (-1.056)+(-0.381)+0.619+0.819 = 0$

تأثير الخطأ التجريبي لاي مشاهدة = قيمة المشاهدة – متوسط المعاملة - متوسط الصف – متوسط العمود + ضعف المتوسط العام

$$e_{rc(i)} = y_{rc(i)} - \mu - t_i - r_r - c_c$$
$$= y_{rc(i)} - \bar{y}_{(i).} - \bar{y}_{r.} - \bar{y}_{.c} + 2\bar{y}..$$
$$= y_{rc(i)} - Y_{(i).}/t - Y_{r.}/t - Y_{.c}/t + 2(Y../t^2)$$
$$e_{24(3)} = 51.3 - 50.75 - 51.8 - 52.8 + 2(51.981) = -0.088$$

نتائج تحليل التباين كما يلي :

$$CF = Y..^2 / t^2 = 832^2 /16 = 43232.81$$
$$SST = \Sigma y_{rc(i)}^2 - CF = [50.5^2+..+54.2^2] - 43232.81 = 46.264$$
$$SSt = (\Sigma Y_{(i).}^2/t) - CF = (216.2^2+....+210.3^2)/4 - 43232.81 = 32.787$$
$$SSr = (\Sigma Y_{r.}^2/t) - CF = (206^2+....+209.6^2)/4 - 43232.81 = 2.479$$
$$SSc = (\Sigma Y_{.c}^2/t) - CF = (204^2+....+211.2^2)/4 - 43232.81 = 9.257$$
$$SSe = SST - SSt - SSr - SSc$$
$$= 46.264 - 32.787 - 2.479 - 9.257 = 1.744$$

جدول تحليل التباين

SOV	df	SS	MS	Cal F	Tab F5%	Tab F1%
Rows	t – 1 = 3	2.479	0.826			
Columns	t – 1 = 3	9.257	3.086			
treatments	t – 1 = 3	32.787	10.929	37.599**	4.757	9.779
Error	(t-1)(t-2)= 6	1.744	0.291			
Total	t^2-1= 15	46.264				

القرار : يلاحظ ان قيمة **F** المحسوبة للمعاملات اكبر من **F** الجدولية عند مستوى احتمال ١% وعليه توجد اختلافات معنوية عالية بين المعاملات الاربعة

تقدير مكونات التباين

١. **تباين أي مشاهدة** $S^2_{yrc(i)} = MSe = 0.291$
٢. **الانحراف القياسي لأي مشاهدة** $S_{yrc(i)} = \sqrt{S^2_{yrc(i)}} = \sqrt{MSe} = \sqrt{0.291} = 0.539$
٣. **تباين متوسط اي معاملة** $S^2_{\bar{y}(i).} = MSe/t = 0.291/4 = 0.073$
٤. **الانحراف القياسي لمتوسط اي معاملة** $S_{\bar{y}(i).} = \sqrt{S^2_{\bar{y}(i).}} = \sqrt{0.073} = 0.269$
٥. **تباين الفرق بين متوسطي اي معاملتين** $S^2_{[\bar{y}(i). - \bar{y}(i)']} = 2MSe/t = 2(0.291)/4 = 0.146$
٦. **الانحراف القياسي للفرق بين متوسطي اي معاملتين**

$$S_{[\bar{y}(i). - \bar{y}(i)']} = \sqrt{S^2_{[\bar{y}(i). - \bar{y}(i)']}} = \sqrt{٠.١٤٦} = 0.381$$

٧. **معامل الاختلاف Coefficient of Variability (CV%)**

$$CV\% = (\sqrt{MSe}/\bar{y}..) \times 100 = (\sqrt{0.291}/٥١.٩٨١) \times 100 = ١.٠٣٨\ \%$$

تقدير الكفاءة النسبية للتصميم مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل : Relative Efficiency (RE%)

(١)الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل

$$RE\% = \frac{MSr + MSc + (t-1)MSe}{(t+1)MSe} \times 100 = \frac{0.826 + 3.086 + (4-1)(0.291)}{(4+1)(0.291)} \times 100$$

$$= 328.886\ \%$$

(٢)الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة

(i) عندما تكون الصفوف تمثل القطاعات

$$RE\% = \frac{MSc + (t-1)MSe}{t\,MSe} \times 100 = \frac{3.086 + (4-1)(0.291)}{(4)(0.291)} \times 100$$

$$= 340.12\ \%$$

(ii) عندما تكون الاعمدة تمثل القطاعات

$$RE\% = \frac{MSr + (t-1)MSe}{t\,MSe} \times 100 = \frac{0.826 + (4-1)(0.291)}{(4)(0.291)} \times 100$$

$$= 145.962\ \%$$

تقدير قيمة المشاهدة المفقودة :

المعاملات	r_1	r_2	r_3	مجاميع الصفوف	مجاميع المعاملات
c_1	t_2 (12)	t_1 --- ( )	t_3 (8)	20+8.5=28.5	33+8.5=41.5
c_2	t_1 (16)	t_3 (15)	t_2 (13)	44	40
c_3	t_3 (20)	t_2 (15)	t_1 (17)	52	43
مجاميع الاعمدة	48	30+8.5=38.5	38	116 + 8.5 = 124.5	

$$y_{ij} = \frac{t(Y_{r\cdot} + Y_{c\cdot} + Y_{(i)\cdot}) - 2Y_{\cdot\cdot}}{(t-1)(t-2)} = \frac{3(20 + 30 + 33) - 2(116)}{(3-1)(3-2)} = 8.5$$

بعد تقدير قيمة المشاهدة المفقودة توضع في محلها في الجدول ثم تعدل المجاميع وتتبع خطوات التحليل الاحصائي السابق شرحها ويتم ايجاد جدول تحليل التباين مع ملاحظة طرح درجة حرية واحدة من المجموع الكلي والخطأ التجريبي عن كل قيمة مفقودة.

SOV	df	SS	MS	Cal F	Tab F5%	Tab F1%
Rows	t – 1 = 2					
Columns	t – 1 = 2					
treatments	t – 1 = 2					
Error	(t-1)(t-1)= 2 – 1 = 1					
Total	t^2 -1= 8 – 1 = 7					

التجارب العاملية Factorial Experiments

تعرف التجربة العاملية على انها تلك التي يكون الهدف منها دراسة تأثير عدد من المعاملات التي تمثل جميع التوافيق بين مستويات العوامل المطلوب دراستها ، وكذلك تعرف على انها التجربة التي تهدف الى دراسة تأثير عاملين فأكثر في آن واحد، او هي التجربة التي تهدف الى حل اكثر من مشكلة واحدة في آن واحد.
من الامثلة على مثل هذه التجارب:

- مقارنة خمسة اصناف من القطن (العامل الاول) عند ثلاث مسافات زراعية بين النباتات (العامل الثاني)
- دراسة تأثير ثلاث مواعيد (العامل الاول) لزراعة ستة اصناف من الحنطة (العامل الثاني)
- استخدام اربعة انواع من المبيدات (العامل الاول) لمكافحة الادغال النامية مع ثلاث اصنف من الشعير (العامل الثاني) ..... وهكذا

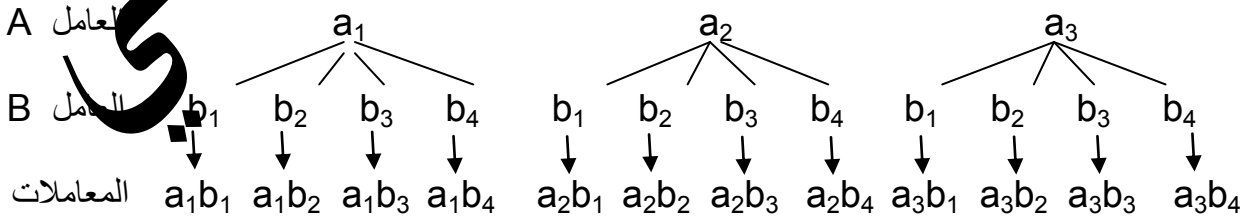
فوائد التجربة العاملية:

(١) الحصول على معلومات عن تأثير كل واحد من العوامل الداخلة في التجربة اضافة الى معلومات عن العلاقة بين العوامل والتي يطلق عليها بالتداخل بين العوامل Interaction (ويعرف التداخل بانه مدى التغير في سلوك احد العوامل تجاه الصفات قيد الدراسة بوجود العامل او العوامل الاخرى).
(٢) تكون دقة دراسة مستويات كل عامل في التجربة العاملية اعلى منها في حالة التجربة البسيطة وذلك لان متوسطات مستويات كل عامل تحسب من عدد اكبر من الوحدات التجريبية في التجربة العاملية مقارنة بالتجربة البسيطة.
(٣) في حالة التجارب العاملية يمكن اختصار الوقت والجهود والتكاليف بالمقارنة مع التجارب البسيطة.

ومن عيوب التجربة العاملية: عندما يكون عدد العوامل ومستويات كل منها كبير في التجربة فان عدد المعاملات العاملية يكون كبير الى الحد الذي لا يمكن للباحث ان يوفر وحدات تجريبية بالمواصفات المطلوبة وفق شروط اي من التصاميم التجريبية وبالتالي فان ذلك يؤدي الى زيادة تباين الخطأ التجريبي ومن ثم قلة في كفاءة ودقة التجربة.

التعبير عن العوامل ومستوياتها بالرموز:

سنتطرق بالحديث عن التجارب ذات العاملين **(وعندما يكون العاملين بنفس الاهمية من وجهة نظر الباحث)**، وفي هذه الحالة يعبر عن كل عامل بأحد الحروف اللاتينية، فمثلا اذا كان المطلوب تنفيذ تجربة بعاملين، الاول ثلاثة اصناف من القطن والثاني اربعة مسافات زراعية بين النباتات، فيطلق على الاول بالعامل A والثاني بالعامل B ، ويعبر عن مستويات كل عامل بالحرف الصغير ويذيل برقم يدل على اي مستوى من العامل ، وفي مثالنا هذا:
العامل A = ٣ (اصناف القطن الثلاث) تكون رموز الاصناف الثلاث a_1 و a_2 و a_3
العامل B = 4 (اربعة مسافات للزراعة) تكون رموز المسافات الاربعة b_1 و b_2 و b_3 و b_4
وتكون المعاملات في هذه الحالة (وتسمى بالمعاملات العاملية) هي التوافيق بين العاملين وعددها هو حاصل ضرب مستويات العاملين اي في مثالنا ان عدد المعاملات العاملية هو $A \times B = 3 \times 4 = 12$ ويعبر عنها بالرموز:



ويتم بعد التعرف على المعاملات العاملية التخطيط للتجربة باستخدام احد التصاميم التجريبية التي تم التطرق اليها مع التجارب البسيطة وحسب الضوابط التي تناسب استخدام اي من هذه التصاميم والذي والتي تحددها طبيعة الوحدات

الدكتور زكريا بدر فتحي

التجريبي في التجربة فيما اذا كانت متجانسة ام غير متجانسة وفيما يلي مخططات التجارب في حالة التصاميم الثلاث فيما لو اعتمدنا ثلاث مكررات لكل معاملة في حالتي التصميم العشوائي الكامل وتصميم القطاعات العشوائية الكاملة.

اولاً : مخطط التجربة في حالة التصميم العشوائي الكامل A=3 B=4 AB=12 r=3

في هذه الحالة يلزم لتنفيذ التجربة ٣٦ وحدة تجريبية متجانسة (abr = 3 x 4 x 3 = 36) ، يتم عمل مخطط يضم ٣٦ وحدة تجريبية وتوزع عليها المعاملات عشوائياً بحيث تظهر كل معاملة في ثلاث وحدات:

a_1b_3	a_2b_2	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_2	a_2b_1
a_3b_1	a_1b_1	a_3b_3	a_2b_4	a_2b_3	a_1b_1
a_2b_1	a_2b_4	a_2b_1	a_1b_2	a_3b_3	a_3b_1
a_3b_4	a_2b_3	a_2b_2	a_3b_4	a_1b_3	a_1b_4
a_1b_2	a_3b_3	a_1b_3	a_3b_1	a_2b_4	a_3b_4
a_2b_3	a_1b_4	a_3b_2	a_1b_1	a_2b_1	a_1b_2

ثانياً : مخطط التجربة في حالة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة A=3 B=4 AB=12 r=3

تقسم ارض التجربة الى ثلاث قطاعات ويقسم كل قطاع الى ١٢ وحدة تجريبية توزع عليها المعاملات العاملية عشوائياً.

القطاع الاول	a_2b_4	a_1b_1	a_3b_3	a_2b_1	a_2b_2	a_3b_2
	a_1b_4	a_2b_3	a_3b_1	a_1b_2	a_3b_4	a_1b_3
القطاع الثاني	a_1b_2	a_3b_2	a_1b_4	a_1b_4	a_2b_4	a_3b_3
	a_3b_1	a_2b_1	a_1b_3	a_2b_2	a_2b_3	a_1b_1
القطاع الثالث	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1
	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4

ثالثاً : مخطط التجربة في حالة تصميم المربع اللاتيني A=3 B=4 AB = r = c =12

بما ان عدد المعاملات = ١٢ عليه تقسم ارض التجربة الى ١٢ صف و ١٢ عمود فيكون عدد الوحدات التجريبية اللازم = مربع عدد المعاملات ، اي $(AB)^2 = 12^2 = 144$ وتوزع المعاملات عشوائياً بحيث تظهر جميعها في كل صف وفي كل عمود:

	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1	c_1
r_1	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4
r_1	a_1b_2	a_3b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4
r_1	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2
r_1	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3
r_1	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3
r_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1
r_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1
r_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1
r_1	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2
r_1	a_1b_3	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4
r_1	a_3b_2	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3
r_1	a_1b_4	a_3b_4	a_1b_2	a_2b_3	a_3b_3	a_2b_1	a_3b_1	a_1b_1	a_2b_2	a_2b_4	a_1b_3	a_3b_2

المعادلة الرياضية ومصادر الاختلاف في جدول تحليل التباين في حالة التصاميم الثلاث

التصميم	المعادلـــة
CRD	$y_{ijk} = \mu+A_i+B_j+AB_{ij}+e_{ijk}$ {i=1,..a ; j=1,..b ; k=1,..r

RCBD	$y_{ijk} = \mu+R_k+A_i+B_j+AB_{ij}+e_{ijk}$ {i=1,..a ; j=1,..b ; k=1,..r
LSD	$Y_{rc(ij)} = \mu+r_r+c_c+A_i+B_j+AB_{ij}+e_{rc(ij)}$ {i=1,..a; j=1,..b; r=c=1,..ab

CRD	
SOV	df
treat Com	ab – 1 = 11
A	a – 1 = 2
B	b – 1 = 3
AB	(a-1)(b-1)=6
Error	ab(r-1) = 24
Total	abr – 1 = 35

RCBD	
SOV	df
Blocks	R – 1 = 2
treat Com	ab – 1 = 11
A	a – 1 = 2
B	b – 1 = 3
AB	(a-1)(b-1)=6
Error	(ab-1)(r-1)=22
Total	abr – 1 = 35

LSD	
SOV	df
Rows	ab – 1 = 11
Columns	ab – 1 = 11
treat Com	ab – 1 = 11
A	a – 1 = 2
B	b – 1 = 3
AB	(a-1)(b-1)=6
Error	(ab-1)(ab-2)=110
Total	$(ab)^2$ – 1 = 143

مثال: تجربة لدراسة تأثير ثلاثة مبيدين للأدغال (العامل A) في مكافحة الادغال رفيعة الاوراق النامية مع ثلاث اصناف من فول الصويا (العامل B) باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاث قطاعات، والشكل التالي يبين مخطط التجربة مع بيانات لإحدى الصفات، المطلوب تحليل البيانات احصائيا

Block 1	a_1b_2=6	a_2b_3=4	a_1b_1=4	a_2b_2=8	a_1b_3=5	a_2b_1=6
Block 2	a_2b_2=8	a_1b_3=4	a_1b_2=5	a_2b_1=8	a_1b_1=5	a_2b_3=6
Block 3	a_1b_1=3	a_2b_1=7	a_2b_3=6	a_1b_3=6	a_2b_2=11	a_1b_2=4

الحل: في هذه التجربة a = 2 b = 3 r = 3 ab = 6 abr = 18

(١)يعاد ترتيب البيانات الواردة في مخطط التجربة في الجدول المنظم التالي:

	r_1	r_2	r_3	$Y_{ij.}$	$\bar{y}_{ij.}$
a_1b_1	4	5	3	12	4
a_1b_2	6	5	4	15	5
a_1b_3	5	4	6	15	5
a_2b_1	6	8	7	21	7
a_2b_2	8	8	11	27	9
a_2b_3	6	6	8	18	6
$Y_{..k}$	33	36	39	Y.. = 108	
$\bar{y}_{..k}$	5.5	6	6.5		$\bar{y}$.. = 6

(٢)ومن هذا الجدول يتم حساب القيم التالية

$CF = Y_{...}^2/abr = (108)^2/18 = 648$

$SST = \sum Y_{ijk}^2 - CF = (4^2 + 5^2 + ... + 8^2) - 648 = 70.0$

$SS_{tc} = (\sum Y_{ij.}^2/r) - CF = [(12^2 + 15^2 + ...+ 18^2)/3] - 648 = 48.0$

$SSr = (\sum Y_{..k}^2/ab) - CF = [(33^2 + 36^2 + 39^2)/6] - 648 = 3.0$

(٣)ينظم جدول المجاميع بين A و B (AB – Total)

	b1	b2	b3	Yi..	yi..
a1	12	15	15	42	14
a2	21	27	18	66	22
Y.j.	33	42	33	108	
y.j.	11	14	11		6

(٤)ومن هذا الجدول يتم حساب القيم التالية

$SSA = (\sum Y_{i..}^2/br) - CF = [(42^2 + 66^2)/9] - 648 = 32.0$

$SSB = (\sum Y_{.j.}^2/ar) - CF = [(33^2 + 42^2 + 33^2)/6] - 648 = 9.0$

$SSAB = SS_{tc} - SSA - SSB = 48.0 - 32.0 - 9.0 = 7.0$

(٥)وأخيرا ترتب النتائج في جدول تحليل التباين التالي

SOV	df	SS	MS	Cal. F	Tab F	Tab F
Block	2	3	1.5			
Treat Com	5	48	9.6			
A	1	32	32	16.842**	4.965	10.044
B	2	9	4.5	2.368	4.103	7.559
AB	2	7	3.5	1.842	4.103	7.559
Error	10	19	1.9			
Total	17	70				

القرار:

(١) هناك اختلافات معنوية عالية بين المبيدين المستخدمين في التجربة

(٢)لا توجد اختلافات معنوية بين اصناف القصويا

(٣)لا يوجد تداخل بين المبيدات والأصناف

تقدير مكونات التباين:

١- تباين اي مشاهدة $S^2_{yijk} = MSe = 1.9$

٢- الانحراف القياسي لأي مشاهدة $S_{yijk} = \sqrt{S^2_{yijk}} = \sqrt{1.9} = 1.378$

٣- تباين متوسط اي معاملة عاملية $S^2_{\bar{y}ij.} = MSe/r = 1.9/3 = 0.633$

٤- تباين متوسط اي مستوى من العامل A $S^2_{\bar{y}i..} = MSe/br = 1.9/9 = 0.211$

٥- تباين متوسط اي مستوى من العامل B $S^2_{\bar{y}.j.} = MSe/ar = 1.9/6 = 0.317$

٦- تباين الفرق بين متوسطي اي معاملتين عامليتين $S^2_{(\bar{y}ij. - \bar{y}ij.')} = 2MSe/r = 2(1.9)/3 = 1.267$

٧- تباين الفرق بين متوسطي اي مستويين من A $S^2_{(\bar{y}i.. - \bar{y}i..')} = 2MSe/br = 2(1.9)/9 = 0.422$

٨- تباين الفرق بين متوسطي اي مستويين من A $S^2_{(\bar{y}.j. - \bar{y}.j.')} = 2MSe/ar = 2(1.9)/6 = 0.633$

٩- الانحرافات القياسية للمقاييس في الفقرات ٣ - ٨ تساوي الجذر التربيعي للتباين في كل حالة

١٠- معامل الاختلاف للتجربة $CV\% = (\sqrt{MSe}/\bar{y}..) \times 100 = (\sqrt{1.9}/6) \times 100 = 22.973$

تقدير التأثيرات في معادلة النموذج الرياضي لتصميم RCBD

$y_{ijk} = \mu + R_k + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$ $\{i=1,..a\ ;\ j=1,..b\ ;\ k=1,..r$

قيمة اي مشاهدة = المتوسط العام + تأثير القطاع k + تأثير المستوى i من العامل A

+ تأثير المستوى j من العامل B + تأثير التداخل بين i من A و j من B

+ تأثير الخطأ التجريبي للمشاهدة ijk

$\mu = \bar{y}.. = Y.../abr = 108/18 = 6$

$R_k = \bar{y}..{}_k - \bar{y}... = Y..{}_k/ab - Y.../abr$

$A_i = \bar{y}_{i..} - \bar{y}... = Y_{i..}/br - Y.../abr$

$B_j = \bar{y}_{.j.} - \bar{y}... = Y_{.j.}/ar - Y.../abr$

زكريا بدر فتحي

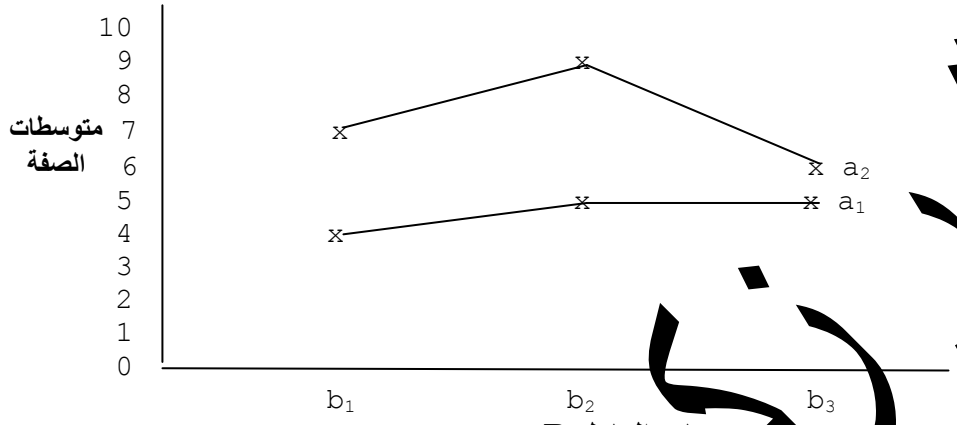
$$(AB)_{ij} = \bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{i..} - \bar{y}_{.j.} + \bar{y}_{...} = Y_{ij.}/r - Y_{i..}/br - Y_{.j.}/ar + Y.../abr$$
$$e_{ijk} = y_{ijk} - \bar{y}_{ij.} - \bar{y}_{..k} + \bar{y}_{...} = y_{ijk} - Y_{ij.}/r - Y_{..k}/ab + Y.../abr$$

التعرف على وجود او عدم وجود تداخل بين العاملين من خلال الرسم البياني

ينظم جدول متوسطات بين A و B

(AB – Means)

	b1	b2	b3
a1	4	5	5
a2	7	9	6



مستويات العامل B

القرار: بما أن الخطوط غير متقاطعة عليه لا يوجد تداخل بين العاملين

الدكتور زكريا بدر فتحي