



## المحاضرة 1

### في تصميم و تحليل التجارب



# المفاهيم العامة في تصميم وتحليل التجارب

جامعة ديالى

كلية الزراعة - قسم الانتاج الحيواني

أ.د. خالد حامد حسن

أستاذ - تربية وتحسين طيور داجنة

الراوي ، خاشع محمود و خلف الله ، عبد العزيز محمد .1980. تصميم و تحليل التجارب الزراعية . دار الكتب للطباعة و النشر . جامعة الموصل . جمهورية العراق

الإمام ، محمد محمد الطاهر .2010. تصميم و تحليل التجارب . دار المريخ للنشر . المملكة العربية السعودية .

المحمدي ، فاضل مصلح .2009. التجارب الزراعية التصميم و التحليل . دار اليازوري العلمية للنشر و التوزيع . المملكة الأردنية .

المحمدي ، فاضل مصلح و اليونس ، مؤيد احمد .2000. التجارب الزراعية التصميم و التحليل . دار الكتب للطباعة و النشر . جامعة بغداد . جمهورية العراق

Howard J. Seltman. 2015 . Experimental Design and Analysis. USA.

Morris, T. R. 2002 . Experimental design and analysis in animal sciences.  
CABI Publishing .UK.

John H. McDonald. 2008. Biological Statistics. Sparky House Publishing. USA.

2014 . Experimental Design and Analysis .USA . Seltman Howard J.

Kaps Miroslav and W. R. Lamberson . 2004 . Biostatistics for Animal  
Science . CABI Publishing . USA .

# المقدمة

- يلعب البحث العلمي دورا مهما في تطور المجتمعات الإنسانية ، ويتم تطبيق البحث العلمي في مجمل نواحي الحياة و منها العلوم الزراعية ، حيث يتم إجراء البحث التجريبي وفق منهجية الطريقة العلمية Scientific method التي تستدعي خطوات منطقية يمثل علم الإحصاء جزء منها للوصول إلى استنتاجات و قرارات مهمة .
- يمثل تصميم و تحليل التجارب احد فروع علم الإحصاء التي تهتم بتطبيق المفاهيم الإحصائية في التجارب العلمية ، ويعتبر معيار حاسم في نجاح أي مشروع بحثي ففي حالة تجاهل شروط و متطلبات تصميم التجارب العلمية فان الباحثين قد يتخذوا استنتاجات و قرارات خاطئة و تكون سببا في ضياع الجهود و الأموال المصروفة على التجربة ، من هذا المنطلق يكون من الضروري تصميم التجربة وفق اسلوب علمي و إتباع التطبيقات المختبرية و الحقلية القياسية عند تنفيذ التجربة للحصول على بيانات قابلة للتكرار و نتائج موثوقة . و قد أشار Morris ( 2002 ) إلى أن التجربة التي يجري تصميمها بشكل جيد ينتج عنها نتائج تؤدي إلى استنتاجات واضحة قبل وبعد تحليل البيانات إحصائيا . و تكمن الحاجة إلى التصميم التجريبي بسبب وجود التباين بين الوحدات التجريبية حيث يهدف التصميم التجريبي الى السيطرة على الاختلافات الموجودة بين الوحدات التجريبية عن طريق التوزيع المناسب للمعاملات على الوحدات التجريبية .

ان الهدف الرئيس لتصميم التجربة هو توفير افضل الفرص للحصول على بيانات وادلة موثوقة ، بدلا من ان يكون هدف الباحث اللجوء للاحصائيين لتصحيح النواقص و الاخطاء بعد اجراء التجربة .

## المصطلحات الأساسية

قبل التطرق لأساسيات تصميم التجارب نعرف بعض المصطلحات الأساسية .

Experiment

التجربة

تعرف التجربة بأنها تحقيق مخطط ومنظم للحصول على حقائق جديدة أو لإثبات أو نفي معلومات سابقة .  
وهي وسيلة الطريقة العلمية للبحث للحصول على البيانات باتباع ظروف مسيطر عليها من قبل الباحثين

قد تكون التجربة بسيطة simple experiment و التي تهتم بدراسة عامل واحد فقط أو تجربة عملية تهتم بدراسة عاملين فأكثر و التداخل بينهم .

# متطلبات التجربة الجيدة

لكي يمكن إجراء تجربة جيدة يعتمد على نتائجها بقدر كبير من الثقة، لابد من توفر عدة شروط أو متطلبات منها:

## 1- غياب الخطأ المنتظم Absence of systematic Error

يجب أن تكون تقديرات تأثيرات المعاملات والفروق بينها دقيقة لتفادي الخطأ المنتظم، علماً إن هناك اختلافات ذاتية موجودة ضمن الوحدات التجريبية مفروضة علينا يمكن الحد من تأثيرها عن طريق استخدام الأسلوب العشوائي في التوزيع.

## 2- الدقة Precision

إن الغاية من دقة إجراء التجربة هي الحصول على نتائج قابلة للتكرار عند إجرائها من قبل باحثين آخرين وبالتالي إمكانية الحصول على نفس القياسات والقيم المقدرة لهذه التأثيرات ، وتزداد دقة التقدير بغياب الخطأ المنتظم بإتباع التوزيع العشوائي في التجارب حيث نتوقع إن يقترب التقدير من القيمة الحقيقية ويكون الفرق بينهما هو نتيجة الأخطاء العشوائية التي تحدث طبيعياً في اتجاه غير محدد والتي تقاس بما يسمى الخطأ القياسي .

### 3- اتساع مدى صلاحية النتائج Wide Range of validity

عندما يتم تقدير تأثير المعاملات في إحدى التجارب ، فإن القرارات التي تتخذ تتعلق بالمجموعة المحددة من الوحدات التجريبية التي استخدمت وبالظروف الخاصة التي درست فيها Fixed model فإذا ما أردنا تطبيق هذه القرارات والتوصيات على وحدات مختلفة أو تحت ظروف أخرى فإن الشك المضاف سوف نضيفه إلى الخطأ التجريبي . وكلما اتسع مجال الظروف المدروسة في التجربة ، زادت الثقة في التوقعات المنتظرة من تطبيق القرارات أو التوصيات التي أدت إليها .

### 4- البساطة Simplicity

عند اختيار التصميم المناسب هو عدم اللجوء إلى التعقيد طالما كانت البساطة ممكنة، حيث من أهم الأمور التي يجب أن نفكر فيها عندئذ مدى توفر المساعدة في جميع العينات وتسجيل المشاهدات، حيث قد تتوفر المساعدة غير الماهرة.

### 5- تقدير الخطأ القياسي Estimating the standard Error

من الممكن حساب مدى الشك في تقدير التأثيرات المختلفة التي قمنا بتقديرها على أن يكون ذلك من بيانات التجربة نفسها ، ولكي نستطيع إجراء هذه الحسابات بطريقة دقيقة ، ويجب أن يكون لدينا مجموعة من الوحدات تستجيب بصورة مستقلة لتأثير إحدى المعاملات وتختلف بطريقة عشوائية عن الوحدات التجريبية للمعاملات الأخرى .

عبارة عن الظروف التي يجري تطبيقها على الوحدات التجريبية و التي قد تمثل السلالات ، العروق أو توليفات لعلائق الحيوان أو طرائق لتربية الحيوان ..... أو تمثل مستويات لعامل محدد مثل مستويات التسميد أو نسبة البروتين في العليقة .  
و بذلك قد تكون المعاملات وصفية كما في حالة السلالات ( سلالات العواسي ، الكرادي ... ) او قد تكون كمية مثل عدد ساعات الإضاءة في القاعة او مستويات السماد ....

**العامل Factor** : هو الجزء المؤثر في الظاهرة المدروسة ، حيث يؤثر في كل صفة العديد من العوامل يجري تثبيت بعضها و دراسة عامل واحد أو أكثر منها .و من المهم التمييز بين العامل و الصفة المدروسة .

## الوحدة التجريبية Experimental unit

الوحدة التجريبية ، هي أصغر وحدة أساسية أو جزء من مواد التجربة تطبق عليها المعاملة أو توزع على المعاملة وقد تكون الوحدة التجريبية حيوانا كما في تجارب تسمين العجول أو نباتا كاملا أو حتى ورقة من نبات كما يحدث أحيانا في تجارب أمراض النبات .

وقد تكون الوحدة التجريبية عدة أفراد كما هو الحال في قطعة ارض تضم العديد من النباتات تطبق عليها معاملة واحدة كما في تجارب الحقلية وتسمى مثل هذه القطعة ( القطعة التجريبية ) وتسجيل المشاهدات وقياس تأثير المعاملة على الصفة تحت الدراسة ، فأما أن تستخدم الوحدة التجريبية ككل لقياس هذا التأثير كما في تجارب مقارنة تأثير العلائق المختلفة على تسمين العجول ، فالزيادة في وزن العجل تعكس تأثير المعاملة على الوحدة التجريبية كلها . أو قد يؤخذ جزء أو أجزاء من الوحدة التجريبية لتسجيل المشاهدة ويسمى هذا الجزء بالعينة sample كما يحدث في التجارب الحقلية عندما نأخذ خمسة نباتات مثلا من القطعة التجريبية ونسجل أوزانها الخضرية أو أطوالها .



## الخطأ التجريبي Experimental Error

هو مقياس للاختلافات الطبيعية التي توجد بين مشاهدات سجلت من وحدات تجريبية عوملت بنفس المعاملة

وهناك عدة مصادر لمثل هذه الاختلافات تنشأ عن العوامل التي لا يمكن للباحث التحكم فيها ويمكن أن تكون مصادر الخطأ هي :

**الاختلافات الذاتية** : التي توجد عادة بين الوحدات التجريبية ويمكن إرجاعها إلى الاختلافات الوراثية والظروف البيئية التي يصعب السيطرة عليها .

**الاختلافات في تطبيق المعاملة**، حيث تحدث بعض الأخطاء عند تكرار تطبيق المعاملات على عدد من الوحدات التجريبية ومرجعه إما العجز أو الفشل في توفير نفس ظروف المعاملات تماما أو لاختلاف القائمين بتطبيق لمعاملات وبالتالي اختلاف في المهارة والدقة.

**الأخطاء الفنية الأخرى** : وتحدث هذه الأخطاء في طريقة القياس للصفات تحت الدراسة وتسجيل المشاهدات.

ويمكن التحكم في مقدار الخطأ التجريبي بإتباع ما يلي :

- 1- استخدام تصميم تجريبي أكثر كفاءة تبعا لمدى التجانس بين الوحدات التجريبية
- 2- اختيار حجم وشكل الوحدة التجريبية المناسب مع عدد مناسب من المكررات.
- 3- تحسين الظروف الفنية المستخدمة في التجربة مع الاهتمام بدقة القياسات وتسجيل البيانات

# تصميم التجربة Experimental Design

تصميم التجربة يعني ببساطة تخطيطها ، ويشمل التخطيط جميع الخطوات المتتالية لتي تتخذ قبل إجراء التجربة لضمان الحصول على بيانات مناسبة وبطريقة تسمح بتحليلها للوصول إلى استنتاجات صحيحة حول المشكلة التي تدرسها التجربة .

هناك قواعد أساسية لابد من توفرها في أي تصميم يكون هدفها تقليل مقدار الخطأ التجريبي وكذلك صحة تقديره وبالتالي زيادة كفاءة ودقة التجربة وهذه القواعد:

## 1- التوزيع العشوائي Randomness

وفيه يتم توزيع كل المتغيرات في التجربة سواء الوحدات التجريبية أو المعاملات بأسلوب عشوائي أي بدون تدخل أو تحيز شخصي وفيه يكون لكل وحدة تجريبية نفس الفرصة في الحصول على أي معاملة كأى وحدة تجريبية أخرى ، ولا بد من تجنب أي تحيز في كافة مراحل التجربة . ومن فوائد التوزيع العشوائي :

- 1- تجنب الخطأ المنتظم ومنع ظهور أي تحيز في نتائجه .
- 2- ضمان دقة تقدير الخطأ التجريبي وبالتالي زيادة كفاءة التجربة .
- 3- ضمان توزيع الأخطاء توزيعا طبيعيا وحررا ، وبالتالي ضمان صحة إجراء الاختبارات الإحصائية.

ويمكن إجراء التوزيع العشوائي بعدة طرق منها البسيطة عن طريق سحب الاوراق التي تحمل الارقام وتوزع بموجبها المعاملات عشوائيا على الوحدات التجريبية . او استخدام الجداول العشوائية.

## 2- التكرار Replication

تختلف الوحدات التجريبية فيما بينها على الرغم من وجودها تحت نفس الظروف ( نتيجة الاختلافات الوراثية والتداخل بين البيئة والوراثة والتي يصعب التحكم فيها ) وبذلك نتوقع عدم الحصول على وحدات تجريبية متجانسة تماما .

إن تمثيل كل معاملة بوحدة تجريبية واحدة لا يوفر تقدير صحيح لتأثير المعاملة لذلك يجب تكرار المعاملة على عدد من الوحدات التجريبية لكي يمكن تقدير قيمة الخطأ التجريبي وفصله عن تقدير تأثير المعاملة ، وزيادة عدد المكررات يؤدي إلى زيادة دقة وكفاءة التجربة وذلك لتقليل قيمة الخطأ التجريبي لمتوسط المعاملة .

## 3- التحكم بالوحدات التجريبية Local Control

يمكن تقليل الخطأ بين المعاملات عن طريق التعرف على الوحدات التجريبية لتمييز اتجاهات الاختلافات الموجودة بينها ومحاولة تقسيمها إلى مجموعات متجانسة يتم توزيع المعاملات داخلها بطريقة عشوائية وهذا يعني اختيار التصميم التجريبي المناسب بعد التعرف على مدى تجانس الوحدات التجريبية المتوفرة واتجاه الاختلافات إن وجدت .

## هناك ثلاثة مراحل مهمة لتصميم التجربة الجيدة:

1. تحديد الأهداف بدقة والتي تصمم التجربة لاختبارها .
- 2- وضع الخطة لكيفية تحقيق هذه الأهداف من خلال التفكير في حجم وهيكل التجربة ، عدد المعاملات ، عدد المكررات وكيفية تحليل النتائج .
- 3- تهيئة المستلزمات لكيفية تطبيق التجربة عمليا ، والآلية التي تطبق بها الأفكار التي جرى تخطيطها والأوقات التي يتم فيها التنفيذ .

# الخطوات التي تتبع في التجارب العلمية



# التحليل الإحصائي Statistical Analysis

تشمل هذه المرحلة جمع البيانات وترتيبها واختزالها ثم إجراء اختبارات إحصائية معينة يستعان بها لاتخاذ قرارات بخصوص الأهداف التي صممت التجربة لدراستها ، أي إن التحليل يتضمن حساب بعض الاختبارات الإحصائية مثل اختبارات ( t ) و ( F ) واختبار مربع كاي للوصول إلى قرارات معينة في اختبار الفرضيات المتعلقة بالنموذج الرياضي

ويتضمن التحليل ثلاثة مراحل متتابعة هي  
جمع البيانات وجدولتها واختزالها  
اختيار وإجراء الاختبارات الإحصائية  
مناقشة النتائج وتفسيرها واتخاذ القرارات .

## الاختبارات الاحصائية المتاحة

هناك طيف واسع من الاختبارات الاحصائية المتاحة امام الباحث ، ويستخدم كل اختبار وفق فروض يجب توفرها لهذا الاختبار لكي يعطي قرارات واستنتاجات صحيحة

تقسم الاختبارات بشكل رئيس الى :

### الاختبارات اللامعلمية Non-parametric tests

ولا تفترض هذه الاختبارات ان تكون معالم المجتمع معروفة ، او ان يكون توزيع بيانات المجتمع تتبع التوزيع الطبيعي ، ومن امثلتها اختبار مان وتني ، اختبار كروسكال واليس ، اختبار مربع كاي

### الاختبارات المعلمية Parametric tests

تفترض هذه الاختبارات توفر عدد من الشروط في البيانات لكي تعطي قرارات واستنتاجات صحيحة منها ان تكون معالم المجتمع معروفة وان البيانات، او الخطأ التجريبي يتوزع توزيعا طبيعيا، وتجانس التباينات في المجاميع التجريبية وغيرها لذلك يجب على الباحث اختبار توفر هذه الفروض قبل تحليل البيانات ومن امثلة هذه الاختبارات اختبار T Test وتحليل التباين Analysis of Variance



## طبيعة البيانات

عند دراسة أى موضوع فإنه من الضروري الحصول على معلومات خاصة به وذلك من خلال إجراء مشاهدات عليه وبالتالي الحصول على قدر من البيانات data (والمفرد datum) عن هذا الموضوع. وعادة ما تكون مجموعات البيانات المتاحة للتحليل الإحصائي مختلفة الأحجام sizes والأشكال shapes وبالتالي فإن طريقة تحليل هذه البيانات تختلف من حالة إلى أخرى حسب طبيعة هذه البيانات. ويمكن أن تقسم البيانات بعدة طرق منها أن تقسم حسب نوعيتها type إلى بيانات وصفية qualitative أو بيانات كمية quantitative. أو تقسم البيانات حسب طريقة قياسها scale of measurement إلى بيانات اسمية nominal أو بيانات رتبية ordinal أو بيانات فترية interval أو بيانات نسبية ratio. وهذه التقسيمات تعتمد فى النهاية على طبيعة المتغيرات محل الدراسة.

## أ - البيانات الوصفية Qualitative data

وهي تلك البيانات التي تقع في أقسام categories كما لو أنه قد قسمت المشاهدات إلى نوعين (مثلا حيوانات بيضاء أو سوداء) وفي هذه الحالة فإنه سوف يعطى عدداً لأعداد الحيوانات من هذين النوعين (وقد يكون أكثر من نوعين).

## ب - البيانات الكمية Quantitative data

وهي تلك البيانات الناتجة من قياسات أو تقديرات عددية. فالقياسات تعطى المتغيرات variables. وهنا يظهر نوعان من المتغيرات: الأول قد يمثل عدد الأفراد في كل تركيب وراثي من مجموعة من التراكيب الوراثية وهذه لا تأخذ إلا قيماً (أو وحدات) كاملة وهذه تعرف بالبيانات أو التوزيعات المتقطعة discrete أو غير المستمرة discontinuous، والنوع الآخر قد تكون البيانات فيه تمثل الاختلافات الملاحظة في الأوزان لمجموعة من الحملان عند فطامها أو لإنتاج اللبن من الأبقار أو الدخل أو الدرجة التي يحصل عليها الطالب في امتحان ما... الخ. الاختلافات هنا تكون مستمرة continuous ويعرف التوزيع للمتغير في هذه الحالة بأنه مستمر.

## Scale of measure

تقسيم البيانات حسب طريقة قياسها

### أ - البيانات الاسمية Nominal (categorical) data

وهي تلك البيانات الوصفية qualitative والتي تكون على هيئة أقسام ليس لها ترتيب (rank) أو بناء structure معين أو معنى عددي، وبالتالي لا يمكن إجراء أي عمليات حسابية عليها سوى العد counting. ومن أمثلة تلك البيانات: الجنس gender (ذكور و إناث، والتي يمكن أن يرمز لها مجازاً بالحروف M، F أو 0، 1 عند استخدامها في التحليل الإحصائي)، اللون (مثلاً أحمر، أخضر ...). وفي هذه الأمثلة لا يهم أن تكون الذكور أولاً يليها الإناث أو اللون الأحمر يليه الأخضر ... وهكذا.

ويمكن تحليل هذه النوعية من البيانات إحصائياً باستخدام المنوال mode أو مربع كاي  $\chi^2$  أو الإحصاءات اللامعلمية non-parametric statistics.

## ب - البيانات الرتبية Ordinal data

وهي البيانات التي تم ترتيبها بحيث إن الرتبة الأعلى تمثل قيمة أعلى من قيمة الرتبة الأقل مع الأخذ في الاعتبار أن الفرق بين قيم الرتب ليس بالضرورة أن يكون متساويا بمعنى أنها تعطي مفهوما أكبر من أو يساوي أو أصغر من فقط. ويمكن أن يطلق عليها أيضا بيانات وصفية. ومثال ذلك أن تقسم أفراد العشيرة (المجتمع) طبقا لمستوى المعيشة إلى طبقات وفيها يمكن القول أن الأفراد الذين ينتمون إلى طبقة فوق المتوسط دخولهم أعلى من الذين ينتمون إلى الطبقة المتوسطة الدخل ولكن لا يمكن تقدير ذلك بطريقة كمية (فلا يمكن أن يقال إن الطبقة الأولى أعلى من الثانية بمقدار 20% مثلا).

ويمكن تحليل هذه النوعية من البيانات إحصائيا باستخدام الوسيط (الوسط) median أو المنوال mode أو ارتباط الرتب rank correlation أو الإحصاءات اللامعلمية non-parametric statistics.

## ج - البيانات الفترية (في فترات) Interval data

وهي تلك البيانات الكمية quantitative والتي يمكن ترتيبها وإجراء العمليات الحسابية عليها مثل الجمع والطرح والضرب والقسمة. ومن أمثلة هذه النوعية من البيانات التواريخ dates ودرجة الحرارة temperature. الفرق بين

وحدات هذه النوعية من البيانات له معنى ولكن النسبة ليس لها معنى، فمثلا في بيانات درجات الحرارة temperature فإن  $30^{\circ} - 20^{\circ} = 20^{\circ} - 10^{\circ} = 10^{\circ}$  ، ولكن  $20^{\circ} / 10^{\circ}$  لا تعنى ضعف الحرارة (السخونة).

ويمكن في مثل هذه النوعية من البيانات حساب المتوسط mean، الانحراف القياسي (المعياري) standard deviation، الارتباط correlation البسيط والمتعدد، الانحدار regression البسيط والمتعدد، تحليل التباين analysis of variance، التحليل العائلي factor analysis. بمعنى أنه يمكن استخدام الإحصاءات المعلمية parametric statistics.

## د - البيانات النسبية Ratio data

وهي تلك البيانات التي تنتمي للبيانات الكمية والتي يمكن وضعها على هيئة كسر اعتيادي، بسط ومقام بشرط أن المقام لا يساوي الصفر. وليس الترتيب ومقدار المسافة هما العنصرين المهمين فقط ولكن أيضا عندما تكون النسبة بين أي قياسين هي الهدف الأساسي للقياس. ومن أمثلة ذلك محيط الصدر والوزن فإنه من المنطقي القول إن 50 كج ضعف 25 كج، وهذه المقولة صحيحة بغض النظر عن وحدات الوزن إذا كانت كيلوجرام أو جرام، وهذا بسبب وجود الصفر الطبيعي natural zero لهذه النوعية من البيانات. وتحتوي مجموعة البيانات النسبية على أعداد صحيحة موجبة أو سالبة أو مساوية للصفر أو كسر اعتيادي أو كسر عشري أو نسبة مئوية. ويوجد عدد لا نهائي من الأعداد النسبية المحصورة بين أي عددين نسبيين. وتجرى جميع العمليات الحسابية على هذه النوعية من البيانات. ويمكن عرض وتلخيص وتحليل هذه النوعية من البيانات إحصائيا بنفس الطرق السابق ذكرها في البيانات الفترية.

# تحليل التباين Analysis of Variance

وفيه يتم إجراء بعض العمليات الرياضية لتقسيم مجموع المربعات الكلي لمجموعة من البيانات على مصادر التباين المختلفة والمسؤولة عن التباين ، وتلخص النتائج بعد ذلك في جدول يسمى جدول تحليل التباين (ANOVA Table) وكما في المخطط التالي :

ولنأخذ مثال جدول تحليل التباين للتصميم العشوائي الكامل

Source of variance S. O. V.	Degree of freedom d. f.	Sum of squares S. S.	Mean Squares M. S.	Calculated F Cal. F	Tabulated F Tab. F
Between Treatments					
Experimental Error					

Total

## الفروض الأساسية التي يجرى عليها تحليل التباين هي :

### 1-التأثيرات الأساسية تجميعية Additivity of the main effects

يفترض إن تأثير المعاملات وغيرها من التأثيرات الأخرى تضاف إلى بعضها البعض لتحديد قيمة المشاهدة ، وفي حالة عدم توفر هذا الفرض يؤدي إلى بعض القرارات الخاطئة وفي هذه الحالة يمكن تجاوز المشكلة بإحدى طرق تحويل البيانات قبل تحليلها .

### 2-التوزيع العشوائي المستقل والطبيعي للخطأ التجريبي

#### Randomly , Independently and Normally Distribution of the Error Term

عند اختبار الفرضيات نفترض أساسا إن الأخطاء  $e_{ij}$  تتوزع توزيعا عشوائيا ومستقلا وتسلك في هذا لتوزيع سلوك التوزيع الطبيعي بمتوسط عام يساوي صفر .

### 3-تجانس تباينات العينات المختلفة

#### Homogeneity of variance

إذا كانت العينات المختلفة تتبع مجتمعات بتباينات مختلفة فإن ذلك سوف يؤدي إلى الوصول إلى قرارات خاطئة عند اختبار الفرضيات حيث يرتفع مستوى المعنوية تلقائيا .

### 4-عدم الارتباط بين المتوسطات والتباينات

#### Independence of means & variances

يؤدي وجود علاقة بين المتوسطات والتباينات للعينات المختلفة إلى الإخلال بالفرض السابق وظهور عدم تجانس التباينات ، لذلك لا بد إن نفحص البيانات للتأكد من توفر مثل هذا الاستقلال بين المتوسطات والتباينات قبل إجراء التحليل ، وفي حالة وجود الارتباط من الممكن إن نحول البيانات بطريقة يصبح معها توفر هذا الشرط ممكنا ، ثم نستمر بعد ذلك في عمليات تحليل التباين على البيانات المحولة .



إن عدم توفر فروض تحليل التباين أو عدم صحتها يتسبب في ارتفاع مستوى معنوية الاختبارات تلقائياً وبالتالي الوصول إلى قرارات خاطئة حيث نحصل على عدد أكبر من الفروق المعنوية غير الصحيحة ، لذلك عند عدم توفر هذه الفروض يجب إن نعمل على تصحيحها لكي نستمر في تحليل التباين بعد ذلك عن طريق تحويل مناسب للبيانات ، وهذا يتطلب معرفة التوزيع الفعلي للبيانات لكي نختار طريقة التحويل المناسبة ثم نجري بعد ذلك تحليل التباين على البيانات الجديدة المحولة .

**أهم طرق التحويل هي :**

### The log Transformation

### 1- التحويل اللوغاريتمي

تستخدم هذه الطريقة في تحويل البيانات عندما نلاحظ إن هناك علاقة نسبية بين الانحرافات القياسية ( جذر التربيعي للتباين ) للعينات المختلفة وبين متوسطاتها ، كما تستخدم كذلك عندما يلاحظ إن التأثيرات الأساسية غير تجميعية بل نسبية أو تضاعفية .

### Square Root Transformation

### 2- التحويل إلى الجذر التربيعي

تستخدم هذه الطريقة في حالة البيانات التي تتعلق بإعداد لإحداث نادرة حيث توزيع خاص هو توزيع بواسون Poisson Distribution ونقصد الحادث النادر هو الحادث الذي يتميز باحتمال صغير جدا في حدوثه .

### Arcsine Transformation

### 3- التحويل الزاوي

تستخدم هذه الطريقة عندما تعتمد البيانات على أعداد معبر عنها كنسب مئوية أو كنسب من الحجم الكلي للعينة كنسبة النباتات المصابة أو نسبة الحشرات الميتة حيث إن هذه البيانات تتبع في هذه الحالة توزيع ذي الحدين .

ويمكن استخدام جدول arcsine الموجود في ملاحق كتب الإحصاء للحصول على قيم التحويل المقابلة للنسب المئوية مباشرة وبعد تحويل البيانات يجري تحليل التباين على القيم المحولة كالمعتاد .

## حجم العينة أو المجموعة التجريبية

يكون تحديد عدد الحيوانات في المجموعة التجريبية مهما لأنه يحدد لنا عدد المكررات الضروري للحصول منه على نتائج مقنعة و موثوقة لان استخدام عينة بحجم صغير جدا يؤدي إلى نتائج جاءت بتأثير الصدفة و غير قابلة للتكرار ، أما إذا كان حجم العينة كبير جدا فيؤدي إلى زيادة غير مبررة في تكاليف انجاز البحث من حيث الجهد و المال لذلك يتطلب تقدير حجم العينة الذي يوازن بين الحصول على نتائج دقيقة قابلة للتكرار فضلا عن تكاليف اقتصادية مقبولة . و يتطلب من الباحث تقدير الكلفة الاقتصادية لتنفيذ التجربة و الوقت و الجهد اللازم لتسجيل المشاهدة و فيما إذا كانت الكلفة ستتغير في المستويات المختلفة من المعاملات في حالة التجربة العاملة و تعتبر هذه الخطوة ضرورية لان تمويل البحث يكون في اغلب الأحيان محدد و يتطلب من الباحث توزيع النفقات على فقرات البحث .

## مجاميع السيطرة Controls groups

توجد العديد من المتغيرات سواء كانت وراثية أو بيئية يمكن لها ان تؤثر على نتائج تجارب الحيوانات ، لذلك يكون ضروريا استخدام مجموعة من الحيوانات تسمى مجموعة السيطرة Controls group للتقليل من تأثير هذه المتغيرات الخارجية على الاستنتاجات و القرارات التي يتخذها الباحث او لتنظيم الوجود المحتمل للمتغيرات غير المرغوبة في التجربة ، بصورة عامة كل تجربة علمية يجب ان تتضمن مجموعة او مجاميع سيطرة من الحيوانات يجري مقارنتها مباشرة مع المجاميع التجريبية الاخرى من الحيوانات . وهناك انواع عديدة من مجاميع السيطرة هي :

## أ- السيطرة الموجبة Positive controls

عند استخدام مجموعة السيطرة الموجبة يكون التغير في المجاميع التجريبية متوقعة وبذلك تعمل مجموعة السيطرة الموجبة كمجموعة قياسية لتحديد الاختلافات في شدة التأثير بين المجاميع التجريبية ، وكمثال للسيطرة الموجبة هو تقديم السموم إلى الحيوان و الذي يؤدي إلى تغيرات فسيولوجية أو إصابات ، وفي هذه الحالة فان المعاملات الجديدة يمكن استخدامها في المجاميع التجريبية التي تناولت السموم لتحديد إمكانية منع حدوث هذه التغيرات أو الشفاء منها .

## ب- السيطرة السالبة Negative controls

في حالة استخدام مجموعة السيطرة السالبة فإننا لا نتوقع حدوث تغييرات عن الحالة الطبيعية ، ففي حالة المثال السابق في السيطرة الموجبة تكون مجموعة السيطرة السالبة هي مجموعة حيوانات لم تخضع للمعاملة مع السموم و الغرض من هذه المجموعة هو للتأكد من عدم وجود متغير غير معروف يؤثر عكسيا على الحيوانات التجريبية او لتحديد وجود تذبذب في الظروف البيئية لم تؤخذ في الاعتبار عند تصميم التجربة و بالتالي قد تؤدي الى استنتاجات خاطئة .

## ج- السيطرة الزائفة Sham controls

تمثل مجموعة من الحيوانات يطبق عليها كافة الإجراءات المستخدمة مع المعاملات التجريبية باستثناء استخدام المادة التي يجري اختبارها في التجربة ، مثال لهذه المجموعة هو دراسة تأثير زراعة عضو بطريقة جراحية في التجويف البطني للحيوان على الاستجابة المناعية للحيوان ، ففي هذه الحالة يتم زراعة العضو في حيوانات المجاميع التجريبية بطريقة جراحية بينما مجموعة الحيوانات في السيطرة الزائفة يجري عليها نفس الإجراءات الجراحية و فتح التجويف البطني بنفس الطريقة للحيوانات المعاملة و لكن بدون زراعة العضو المستخدم للاختبار .

## د- السيطرة الناقله ( العربيه ) Vehicle controls

يجري استخدام هذه السيطرة في الدراسات التي يستخدم فيها مادة معينة ( محلول ملحي ، زيت معدني ..... ) كواسطه لتكوين محلول من المادة المختبره ، وفي هذه الحاله تستخدم المادة الناقله فقط دون المادة المختبره مع حيوانات مجموعه السيطرة وبنفس الطريقه المتبعه مع مجاميع الحيوانات التجريبيه في المعاملات ، وعند مقارنة هذه المجموعه للسيطره مع مجموعه السيطرة غير المعامله ( السالبه ) Untreated control سوف توضح لنا السيطرة الناقله فيما إذا كانت هناك تأثيرات غير محسوبه للماده الناقله بمفردها .

## هـ - السيطرة المقارنه Comparative controls

السيطره المقارنه تكون عادة سيطره موجبه مع معامله معروفه و تستخدم لغرض إجراء مقارنة مع معامله أخرى مختلفه تماما ، على سبيل المثال استخدام نظام للعلاج الكيماوي في الحيوانات المصابه بالسرطان لمقارنه نظام العلاج الكيماوي المعتمد حاليا مع نظام جديد لعلاج السرطان في هذه الحيوانات .

محاضرات في  
تصميم و تحليل التجارب



# تحليل التباين التصميم العشوائي الكامل Completely Randomized Design ( CRD )

جامعة ديالى  
كلية الزراعة - قسم الانتاج الحيواني  
أ.د. خالد حامد حسن

## The Completely Randomized Design ( C.R.D.)

هو تصميم توزع فيه المعاملات كليا بطريقة عشوائية على جميع الوحدات التجريبية المتجانسة ، أو بالعكس توزع فيه الوحدات المتجانسة جميعها توزيعا عشوائيا على المعاملات من غير نظام محدد .

وهناك شرط أساس يجب توفره لاستخدام هذا التصميم وهو أن تكون الوحدات التجريبية متجانسة أي إن الاختلافات بين هذه الوحدات ضئيلا، وأكفا الطرق في توزيع المعاملات على الوحدات التجريبية هي استخدام جداول الأرقام العشوائية التي توجد في المراجع الإحصائية.

- 1- ابسط أنواع التصاميم وأسهلها تطبيقاً على الإطلاق .
- 2- يسمح باستخدام أعلى ما يمكن من درجات الحرية للخطأ مما يؤدي إلى خفض القيمة المقدرة لتباين الخطأ .
- 3- ليس من الضروري أن تتساوى أعداد التكرارات في المعاملات المختلفة ، وان كان من المرغوب بشكل عام تساوي المكررات .
- 4- طريقة التحليل الاحصائي بسيطة وسهلة .
- 5- لا يؤثر فقدان بعض الوحدات التجريبية على بساطة التحليل الاحصائي .

#### العيوب :

- 1- لا يصح استخدام هذا التصميم إلا إذا كانت الوحدات التجريبية على درجة عالية من التجانس .
- 2- نظراً لان الخطأ التجريبي المقدر يضم جميع الاختلافات بين الوحدات التجريبية ( باستثناء الاختلافات الناتجة عن المعاملات ) لذلك فان هذه القيمة المقدرة للخطأ التجريبي تكون عادة كبيرة مما يؤدي إلى عدم دقة وكفاءة هذا التصميم في بيان تأثير المعاملات .

يقصد به تحديد مكان وزمان التجربة وطبيعة المواد التجريبية وطريقة توزيع المعاملات على الوحدات التجريبية ، حيث يتم تحديد عدد من الوحدات التجريبية بصورة عشوائية عددا وليكن  $r_1$  ويخصص لإحدى المعاملات المدروسة ولنفرض إنها خصصت للمعاملة الأولى  $t_1$  وبعد ذلك نحدد عشوائيا عددا آخر من الوحدات التجريبية  $r_2$  لتخصص لمعاملة أخرى ولتكن  $t_2$  مثلا ... وهكذا لبقية المعاملات .

**كمثال :**

إذا كان لدينا خمسة معاملات ( علائق ) وهي  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  وكان لدينا 20 حيوان يمكن أن نقسمها بالتساوي عشوائيا على المعاملات ، حيث نختار 4 حيوانات عشوائيا للمعاملة الأولى  $t_1$  ثم 4 حيوانات عشوائيا للمعاملة الثانية  $t_2$  وهكذا لبقية المعاملات .وكما في المخطط الآتي :

T5	T5	T1	T4	T3
T3	T4	T4	T2	T5
T1	T2	T5	T2	T3
T3	T1	T4	T1	T2



## التصميم العشوائي مع تسجيل مشاهدة واحدة لكل وحدة تجريبية

### في حالة تساوي المكررات :

إذا كانت التجربة تشمل عدد من المعاملات  $t$  ويرمز لعدد المعاملات  $ij$  وطبقت كل معاملة على عدد 3 من الوحدات التجريبية التي سجلت مشاهدة واحدة لكل منها وكل مشاهدة نرسم لها بالرمز  $j$  وعلى أساس هذه الرموز نستطيع تنظيم البيانات الأولية للتجربة كما يلي :

المعاملات Treatments $t_i$	المشاهدات Observations $y_{ij}$	مجموع المعاملات Treatment Totals $y_{i.}$	متوسطات المعاملات Treatment Means $\bar{y}_i.$
$t_1$	$y_{11} \ y_{12} \ \dots \ y_{1j} \ \dots \ y_{1r}$	$y_{1.}$	$\bar{y}_1.$
$t_2$	$y_{21} \ y_{22} \ \dots \ y_{2j} \ \dots \ y_{2r}$	$y_{2.}$	$\bar{y}_2.$
.	.	.	.
.	.	.	.
$t_i$	$y_{i1} \ y_{i2} \ \dots \ y_{ij} \ \dots \ y_{ir}$	$y_{i.}$	$\bar{y}_i.$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
$t_t$	$y_{t1} \ y_{t2} \ \dots \ y_{tj} \ \dots \ y_{tr}$	$y_{t.}$	$\bar{y}_t.$
		$y_{..}$ المجموع العام	$\bar{y}_{..}$ المتوسط العام

$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array} \right.$$

وهو المعادلة الرياضية التي تصف التجربة ، أي التي توضح مكونات أي مشاهدة في التجربة بحيث إن إضافة هذه المكونات إلى بعضها تعطي قيمة المشاهدة من أي وحدة تجريبية .  
 في تصميم CRD فان قيمة كل مشاهدة في التجربة تتكون من ثلاث مكونات مستقلة وهي :  
 المتوسط العام وتأثير المعاملة التي أخذتها الوحدة التجريبية وقيمة الخطأ العشوائي الخاص بهذه  
 المشاهدة :

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

$Y_{ij}$  تمثل قيمة المشاهدة

$\mu$  المتوسط العام للمجتمع ، ويقدر بقيمة المتوسط العام للتجربة  $\bar{Y}_{..}$

$t_i$  تأثير المعاملة  $i$  الخاصة بهذه المشاهدة ، وتقدر بمقدار انحراف متوسط هذه المعاملة عن المتوسط العام للتجربة

$e_{ij}$  مقدار الخطأ العشوائي الموجود في هذه المشاهدة  $j$  من المعاملة  $i$  ويقدر بمقدار انحراف قيمة هذه المشاهدة عن متوسط المشاهدات التي أخذت نفس المعاملة  $i$ .

إذا كان لدينا المعاملات  $t$  ومكررات متساوية بعدد  $r$  ، فيمكن تلخيص المعادلات اللازمة لإنشاء جدول تحليل التباين كما يلي :

مصادر التباين S.O.V.	درجات الحرية d.f.	مجموع المربعات S.S.	متوسط المربعات M.S.	قيمة F قيمة F الجدولية المحسوبة
Treatments	$t-1$	$SSt = \frac{\sum y_{i.}^2}{r} - \frac{(y_{..})^2}{tr}$	$MSt = \frac{SSt}{d.f.}$	$F = \frac{MSt}{MSe}$ $F_{(t-1), t(r-1)}$
Experimental Error	$t(r-1)$	$SSe = SST - SSt$	$MSe = \frac{SSe}{t(r-1)}$	
Total	$tr - 1$	$SST = \sum y_{ij}^2 - \frac{(y_{..})^2}{tr}$		

ويمكن تلخيص طرق حساب مجموع مربعات الانحرافات (S.S) في الخطوات الآتية :

١- حساب معامل التصحيح (C): Correction Factor

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{tr} = \frac{(y_{11} + y_{12} + \dots + y_{tr})^2}{tr}$$

٢- حساب مجموع مربعات الانحرافات الكلية (SST): Total Sum of Squares

$$SST = \sum y_{ij}^2 - C$$

$$= (y_{11})^2 + (y_{12})^2 + \dots + (y_{tr})^2 - C$$

٣- حساب مجموع مربعات انحرافات المعاملات (أي بين المعاملات) :

Treatments (or Between treatments) Sum of Squares (SS<sub>t</sub>)

$$SS_t = \frac{\sum Y_i^2}{r} - C = \frac{Y_1^2 + Y_2^2 + \dots + Y_r^2}{r} - C$$

٤- حساب مجموع مربعات الانحرافات بين المشاهدات داخل المعاملات (أي مجموع مربعات الخطأ التجريبي)

Error or Within treatments Sum of Squares (SS<sub>e</sub>)

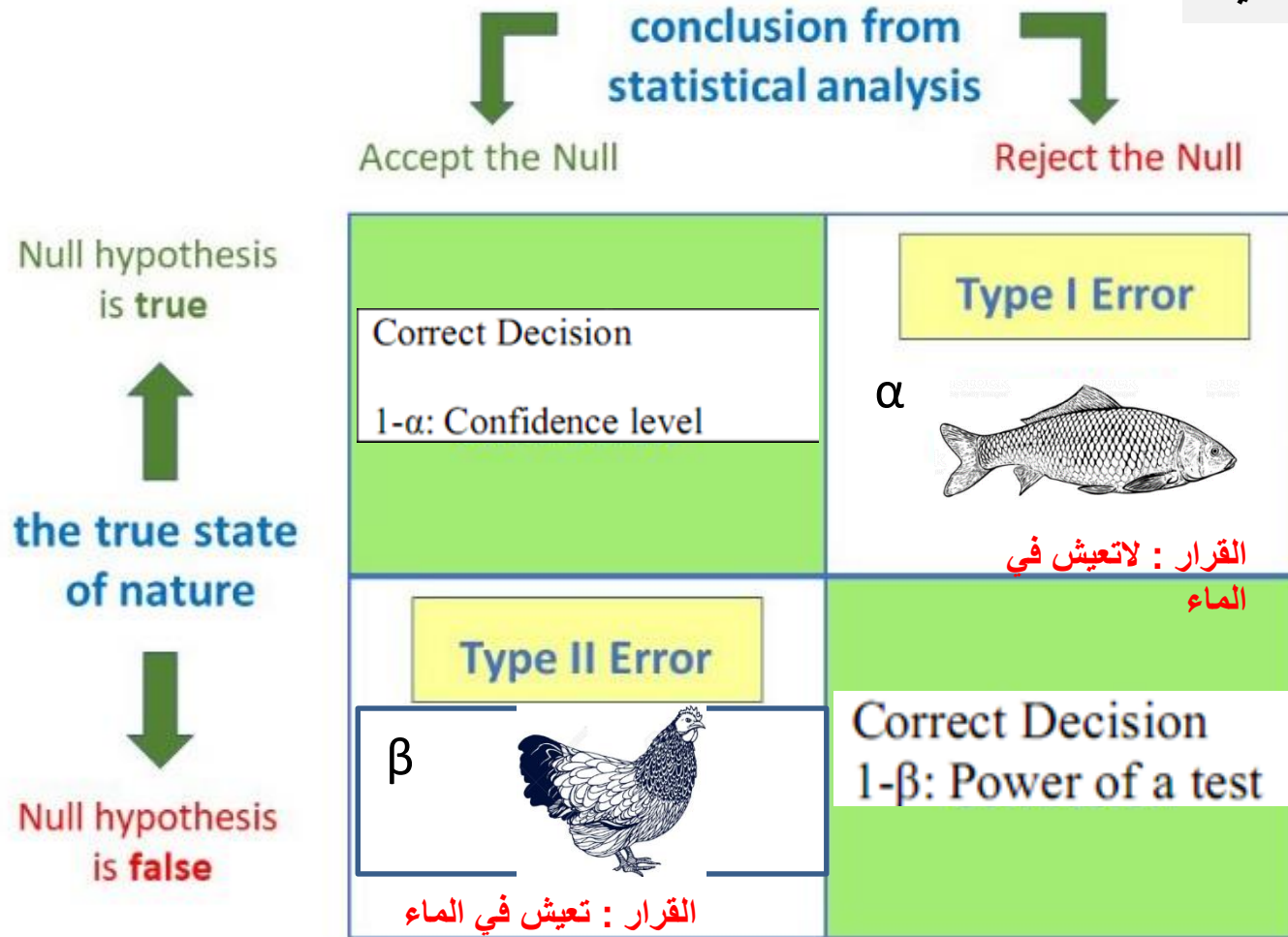
$$SS_e = SST - SS_t$$

توضع عادة فرضيتان لاختبارهما بإجراء اختبار  $F$  وذلك بمقارنة قيمة  $F$  المحسوبة ( وهي عبارة عن نسبة بين تباينين .. وهي في هذا التصميم تكون بين تباين المعاملات وتباين الخطأ التجريبي ) مع قيمة  $F$  الجدولية التي تستخرج من جدول توزيع  $F$  بمعرفة درجات الحرية للتباينين ومستوى المعنوية المطلوب إجراء الاختبار عنده ( في تجاربنا نستخدم مستوى 0.05 و 0.01 ) .

وقيمة  $F$  الجدولية تعني اقل قيمة يمكن اعتبارها معنوية من قيم  $F$  المحسوبة ، وعلى ذلك إذا تساوت أو زادت قيمة  $F$  المحسوبة عن قيمة  $F$  الجدولية عند مستوى المعنوية المحدد ، فإننا نقرر إن نتائج التجربة أثبتت وجود اختلافات معنوية أو حقيقية بين المعاملات .

والفرضيات المراد اختبارها هما فرضية العدم Null Hypothesis ويرمز لها  $H_0$  والفرضية البديلة Alternative Hypothesis ويرمز لها  $H_A$  .

وعادة تفترض فرضية العدم عدم وجود اختلافات في تأثير المعاملات ، فإذا رفضت هذه الفرضية فإن الخطأ الذي من الممكن الوقوع فيه هو الخطأ من النوع الأول Type 1 Error وهو ( رفض فرضية العدم وهي صحيحة ) ويسمى أيضا مستوى المعنوية . بينما يكون الخطأ من النوع الثاني Type 11 Error وهو ( قبول فرضية العدم وهي خاطئة ) .



10

مستوى المعنوية لاختبار الفرضيات في العلوم البيولوجية هي  $P \leq 0.05$  ونسمى تاثيرات معنوية ، و عند مستوى  $P \leq 0.01$  وتسمى تاثيرات عالية المعنوية

## مثال (تصميم CRD - مكررات متساوية) :

أدناه وزن الجسم لعجول تسمين بعد استخدام أربعة علائق في التغذية ( معاملات ) واستخدام أربعة عجول ( مكررات ) لكل عليقة .

المطلوب : 1- كتابة النموذج الرياضي للتجربة .

2- إجراء تحليل التباين للبيانات باستخدام التصميم العشوائي الكامل و كتابة جدول تحليل التباين .

المعاملات Treatment( $t_i$ )	المشاهدات Observation( $y_{ij}$ )	مجاميع المعاملات Treat.Totals( $y_i.$ )	متوسطات المعاملات Treat.Means
$t_1$	24 52 45 55	176	44.00
$t_2$	92 115 64 66	337	84.25
$t_3$	98 100 45 95	338	84.50
$t_4$	88 140 172 157	557	139.25
		$y_{..} = 1408$	

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

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

$Y_{ij}$  تمثل قيمة المشاهدة

$\mu$  المتوسط العام للمجتمع ، ويقدر بقيمة المتوسط العام للتجربة  $\bar{Y}_{..}$   
 $t_i$  تأثير المعاملة  $ij$  الخاصة بهذه المشاهدة ، وتقدر بمقدار انحراف متوسط هذه المعاملة عن المتوسط العام للتجربة  
 $e_{ij}$  مقدار الخطأ العشوائي الموجود في هذه المشاهدة  $j$  من المعاملة  $i$  ويقدر بمقدار انحراف قيمة هذه المشاهدة عن متوسط المشاهدات التي أخذت نفس المعاملة  $i$ .



المعاملات Treatment(t <sub>i</sub> )	المشاهدات Observation(y <sub>ij</sub> )	مجاميع المعاملات Treat.Totals(y <sub>i.</sub> )	متوسطات المعاملات Treat.Means
t <sub>1</sub>	24 52 45 55	176	44.00
t <sub>2</sub>	92 115 64 66	337	84.25
t <sub>3</sub>	98 100 45 95	338	84.50
t <sub>4</sub>	88 140 172 157	557	139.25
		y <sub>..</sub> = 1408	

معامل التصحيح :

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{tr} = \frac{(1408)^2}{4 \times 4} = 123904$$

حساب مجموع المربعات الكلية ( SST )

$$SST = \sum Y^2_{ij} - C.F$$

$$SST = (24)^2 + (52)^2 + \dots + (157)^2 - C.F$$

$$SST = 26798$$

حساب مجموع مربعات المعاملات sst

$$SSt = \frac{\sum Y^2_{i.}}{r} - C.F.$$

$$SSt = \frac{(176)^2 + (337)^2 + \dots + (557)^2}{4} - C.F.$$

$$SSt = 142259.5 - 123904 = 18355.5$$

حساب مجموع مربعات الخطأ SSe :

$$SSe = SST - SSt$$

$$= 26798 - 18355.5$$

$$= 8442.5$$

## جدول تحليل التباين

S. O. V.	d. f.	S. S.	M.S.	Cal. F	Tab. F	
					0.05	0.01
Treatments	3	18355.5	6118.5	8.69	<b>3.49</b>	<b>5.95</b>
Exper. Error	12	8442.5	703.54			
Total	15	26798				

F critical values (continued)

d.f. Treatment

		Degrees of freedom in the numerator								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	.100	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
	.050	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
	.025	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36
	.010	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
	.001	25.41	18.49	15.83	14.39	13.48	12.86	12.40	12.05	11.77
12	.100	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21
	.050	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
	.025	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44
	.010	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39
	.001	18.64	12.97	10.80	9.63	8.89	8.38	8.00	7.71	7.48

d.f. Error

الاستنتاج :

وبما إن قيمة F المحسوبة ( 8.69 ) أعلى من قيمة F الجدولية عند مستوى 0.01 وهي ( 5.95 ) لذلك نقرر إن للمعاملات ( العلائق ) تأثير عالي المعنوية على الصفة المدروسة ( وزن الجسم ) .

## في حالة عدم تساوي تكرارات المعاملات :

إذا كانت المعاملات المختلفة غير متساوية في أعداد تكراراتها ، أي إن  $r_i$  غير موحدة في جميع المعاملات . وتكون طرق حساب مفردات جدول تحليل التباين مشابهة لما هو عليه عند تساوي التكرارات ، إلا أن هناك تعديلات طفيفة لعدم توحيد التكرارات فمثلا لحساب درجات الحرية الخاصة بالخطأ فإننا نحسبها كما يلي :

$$\text{d.f. error} = \sum r_i - t$$

وكذلك لحساب مجموع مربعات المعاملات  $SSt$  فهي تحسب

$$SSt = \sum \frac{y_{i.}^2}{r_i} - C$$

حيث يمثل  $C$  معامل التصحيح .

## مثال :

أجريت تجربة لدراسة ظروف التخزين على نسبة الرطوبة للمادة العلفية حيث تم اختبار خمس طرق للتخزين واستخدم لكل طريقة عدد مختلف من الوحدات التجريبية . المطلوب إجراء تحليل التباين للبيانات حسب تصميم CRD وكتابة جدول تحليل التباين ؟

طرق التخزين Treatments	نسبة الرطوبة $Y_{ij}$	مجاميع المعاملات $Y_i.$	عدد المكررات $r_i$
1	8 9 9 10 9	45	5
2	8 7 8	23	3
3	7 9	16	2
4	10 9 11	30	3
5	9 8	17	2
		$Y_{..} = 131$	$\sum r_i = 15$

طرق التخزين Treatments	نسبة الرطوبة Y <sub>ij</sub>	مجاميع المعاملات Y <sub>i.</sub>	عدد المكررات r <sub>i</sub>
1	8 9 9 10 9	45	5
2	8 7 8	23	3
3	7 9	16	2
4	10 9 11	30	3
5	9 8	17	2
		Y <sub>..</sub> = 131	∑r <sub>i</sub> = 15

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{\sum r_i} = \frac{(131)^2}{15} = 1144.066$$

$$\begin{aligned} SST &= \sum y_{ij}^2 - C \\ &= 8^2 + 9^2 + \dots + 8^2 - C \\ &= 1161 - 1144.06 = 16.94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SSt &= \frac{\sum y_{i.}^2}{r_i} - C = \frac{45^2}{5} + \frac{23^2}{3} + \dots + \frac{17^2}{2} - C \\ &= 1153.83 - 1144.06 = 9.773 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SSe &= SST - SSt \\ &= 16.94 - 9.77 = 7.17 \end{aligned}$$

نلخص هذه النتائج في جدول تحليل التباين كما يلي :

S.O.V	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F	Tab. F
Treatments	4	9.773	2.443	3.407	3.48 5.99
Exper. Error	10	7.17	0.717		
Total	14				

**d.f. Treatment**

F critical values (continued)

		Degree of freedom in the numerator								
p		1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	.100	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56
	.050	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
	.025	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36
	.010	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91
	.001	25.41	18.49	15.83	14.39	13.48	12.86	12.40	12.05	11.77
10	.100	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35
	.050	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
	.025	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78
	.010	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94
	.001	21.04	14.91	12.55	11.28	10.48	9.93	9.52	9.20	8.96

**d.f. Error**

**الاستنتاج :**

بما ان قيمة F المحسوبة أقل من الجدولية ، أي إن تحليل التباين يظهر عدم وجود تأثير معنوي للمعاملات على نسبة الرطوبة عند مستوى معنوية 0.05 .

## Tests suggested after experiment

## الاختبارات المقترحة بعد إجراء التجربة

إن إجراء اختبار  $F$  في جدول تحليل التباين يعكس اختباراً عاماً للاختلافات الموجودة بين مجموعة من المعاملات . فإذا ثبت عدم معنوية قيمة  $F$  المحسوبة لاختبار تباين المعاملات فإن المقارنات المستقلة هي التي يجب إجراؤها فقط .  
أما إذا وجدنا اختبار  $F$  معنوياً ، فإننا نستطيع أن نقرر إن متوسطات المعاملات تختلف فيما بينها معنوياً ، ويجب تحديد أي المعاملات تختلف عن الأخرى ، وتستخدم لهذا الغرض عدة اختبارات منها :

أ- مقارنة جميع متوسطات المعاملات بمتوسط معاملة المقارنة ( طريقة Dunnett ) .

ب- المقارنات المتعددة

## Least Significant Differences Test(L.S.D.)

### 1- اختبار أقل فرق معنوي

#### المميزات :

إن اختبار LSD هو أكثر طرق اختبار المتوسطات استخداما وانتشارا بين الباحثين وذلك لسهولة إجراء الاختبار .

#### العيوب :

إن استخدام هذا الاختبار لا يعتبر صحيحا إلا في حالة مقارنة معاملتين فقط ، أما إذا استخدمت لمقارنة جميع الفروق الممكنة بين المتوسطات في تجربة تضم ثلاث معاملات أو أكثر فإن بعض الفروق بين المتوسطات قد نقر معنويتها بطريقة خاطئة أي إن الاختبار يثبت إنها معنوية في الوقت الذي تكون في الحقيقة غير معنوية عند مستوى المعنوية الذي يحدده الاختبار .

أشار العالم Fisher الذي اقترح هذا الاختبار أكد على عدم إمكانية استخدام اختبار LSD إذا ثبتت عدم معنوية اختبار F .



1- اختبار أقل فرق معنوي (L.S.D.) Least Significant Differences Test  
ويسمى اختبار LSD ، ويمكن تلخيص خطوات إجراء هذا الاختبار كما يلي :  
( 1 ) تقدير قيمة الخطأ القياسي لمتوسط أي معاملة

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

(2) استخراج قيمة t من جدول توزيع t الموجود في ملاحق كتب الإحصاء : بمعرفة مستوى معنوية الاختبار ودرجات الحرية للخطأ ( من جدول تحليل التباين ) .  
(3) حساب قيمة أقل فرق معنوي كما يلي :

$$LSD = 1.414 \times t(\alpha, d. f.) \times \sqrt{mse/n}$$

$$LSD_{(0.05)} = 1.414 (t_{\infty}) (S_{\bar{y}_i})$$

(4) نقارن الفروق بين أزواج المتوسطات بقيمة LSD لتحديد معنوية الفروق من عدمه .

مثال : ( LSD )

إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي :

حدد معنوية الفروق بين المتوسطات 7.2 , 9.8 , 6.0 , 4.8 , 8.6

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

Tab. F

0.05	0.01
2.87	4.43

<i>p</i>	d.f. Treatment				Degrees of freed				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
20	.100	2.97	2.59	2.38	2.25				
	.050	4.35	3.49	3.10	2.87				
	.025	5.87	4.46	3.86	3.51				
	.010	8.10	5.85	4.94	4.43				
	.001	14.82	9.95	8.10	7.10				

d.f. Error

$$\text{LSD} = 1.414 \times t(\alpha, d. f.) \times \sqrt{mse/n}$$

عند حساب قيمة اقل فرق معنوي عند مستوى معنوية 0.05 بإتباع الخطوات التالية :

$$\begin{aligned} \text{LSD}_{(0.05)} &= 1.414 (t_{0.05, 20}) \left( \sqrt{\frac{\text{MSe}}{r}} \right) \\ &= (1.414) (2.086) \left( \sqrt{\frac{2.88}{5}} \right) \\ &= (1.414) (2.086) \quad 0.759 \\ &= 2.239 \end{aligned}$$

نرتب المتوسطات تنازليا 9.8 8.6 7.2 6.0 4.8

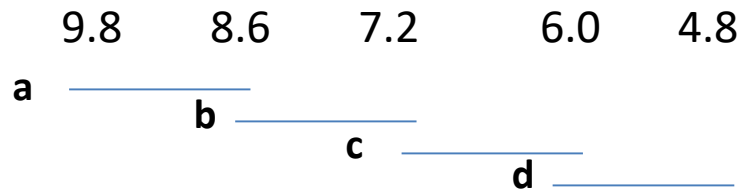
عندما يكون الفرق بين متوسطين يساوي او اكبر من 2.239

فيقال ان المعاملتين تختلفان في تأثيرهما على الزيادة الوزنية

فالفرق بين 7.2 ، 9.8 هو 2.6 اي ان

الفرق بينهم معنوي .

## قيمة اقل فرق معنوي محسوب = 2.23



نرتب المتوسطات تنازليا

$$9.8 - 8.6 = 1.2$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة (LSD=2.23) لذلك الفرق غير معنوي

$$9.8 - 7.2 = 2.6$$

الفرق بين المتوسطين اعلى من القيمة المحسوبة (LSD=2.23) لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$8.6 - 7.2 = 1.4$$

الفرق غير معنوي

$$8.6 - 6.0 = 2.6$$

الفرق معنوي

$$7.2 - 6.0 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

$$7.2 - 4.8 = 2.4$$

الفرق معنوي

$$6.0 - 4.8 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
a 9.8	T1
ab 8.6	T2
bc 7.2	T3
cd 6.0	T4
d 4.8	T5

## 2- اختبار دنكن

### Duncan s Multiple Range Test

اقترح Duncan هذا الاختبار في عام 1955 وذلك لتلافي عيوب الاختبار السابق لكي يمكن اختبار جميع الفروق الممكنة بين جميع متوسطات المعاملات الداخلة في التجربة بنفس الدقة وعند نفس مستوى المعنوية المحدد للاختبار .

حيث تستخدم جداول إحصائية خاصة Studentized Significant Range

ويشار للقيم اختصاراً S.S.R. التي تلزم لحساب قيم اقل مدى معنوي

Least Significant Range ويشار لها اختصاراً L.S.R. .

ويعتمد في تطبيق الاختبار على عدد من القيم الإحصائية L.S.R. وليس على قيمة واحدة . لان الاختبار يأخذ في اعتباره المدى الخاص بالمقارنة ، أي عدد المتوسطات الذي يدخل ضمن المقارنة .

ويعتبر هذا الاختبار من أكفأ الاختبارات، ويمكن إجراء الاختبار بغض النظر عن معنوية أو عدم معنوية اختبار F .

In the case where treatment replications are not equal,

$$r = \frac{1}{k-1} \left( \sum r_i - \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i} \right)$$

ويمكن تلخيص خطوات إجراء الاختبار كما يلي :  
1- تقدير قيمة لخطأ القياسي لأي معاملة

$$\bar{S}_{yi} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

2- استخراج قيم S.S.R. من جدول دنكن وذلك بمعرفة مستوى المعنوية المطلوب للاختبار ودرجات حرية الخطأ ( من جدول تحليل التباين )  
ويلاحظ إن قيم SSR تزداد بازدياد عدد المتوسطات الداخلة في المقارنة .

3- حساب قيم اقل مدى معنوي L.S.R. كما يلي :

$$L.S.R. = \bar{S}_{yi} \times S.S.R.$$

4- ترتيب متوسطات المعاملات تنازليا أو تصاعديا .  
5- مقارنة الفروق الممكنة بين المتوسطات بقيم LSR المناسبة لإعداد المتوسطات الداخلة في مدى كل مقارنة ، للحكم على معنوية الفروق من عدمه .

# Studentized Significant Range

عدد المتوسطات ضمن مدى المقارنة

جدول قيم SSR لاختبار دنكن

Error df	Protection level	$p =$ number of means for range being tested								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	.05	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	.01	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2	.05	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
	.01	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
3	.05	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	.01	8.26	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0
4	.05	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
	.01	6.51	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3

درجات  
حرية الخطأ

## مثال : ( اختبار دنكن )

لنطبق اختبار دنكن على مفردات مثالنا في LSD :

إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي :

حدد معنوية الفروق بين المتوسطات 7.2 , 9.8 , 6.0 , 4.8 , 8.6

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

Least Significant Range

$$L.S.R. = \bar{S}_{yi} \times S.S.R.$$

نقوم باستخراج قيم L.S.R. وذلك بضرب قيم SSR مع قيمة الخطأ القياسي و نحصل على القيم :

حساب قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة

$$\bar{S}_{yi} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

$$\bar{S}_{yi} = \sqrt{\frac{2.88}{5}} = 0.759$$

نستخرج قيم SSR من جدول دنكن عند مستوى معنوية 0.05 مثلاً ، ودرجات حرية الخطأ وهي 20 ، والقيم التي نحتاجها في هذه الحالة هي القيم الخاصة بأعداد المتوسطات 2 , 3 , 4 , 5 وهي اعداد المتوسطات التي ستشمل في المقارنات . وهي موجودة في جدول دنكن :

	2	3	4	5
L.S.R	2.239	2.351	2.421	2.471

S.S.R.	2	3	4	5
	2.95	3.097	3.18	3.255



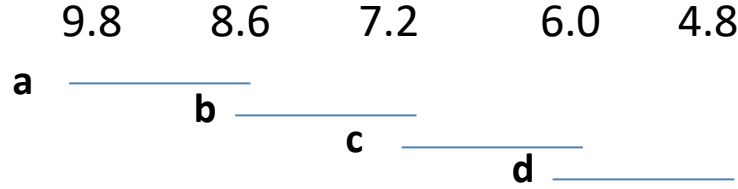
	2	3	4	5
L.S.R	2.239	2.351	2.421	2.471

ولإتمام المقارنات بين المتوسطات واختبار معنوية لفروق بينهما ، نرتب متوسطات المعاملات ثم نحسب الفروق بينهما وبعد ذلك نقارن كل فرق محسوب بقيمة LSR المقابلة والتي تحدد على أساس عدد المتوسطات ضمن مجال المقارنة.

فإذا وجد إن الفرق بين المتوسطين مساويا لقيمة LSR أو اعلي منها كان هذا الفرق معنويا أما إذا كان الفرق اقل من قيمة LSR يعني ان الفرق غير معنوي .

نقوم بوضع خطوط مشتركة تحت المتوسطات التي لم تكن فروقها معنوية دليلا على إن هذه المعاملات لا تختلف معنويا ، وقد يستعاض عن الخطوط المشتركة بوضع حروف مشتركة بحيث إن المتوسطات التي تحمل حروف متشابهة لا تختلف عن بعضها معنويا . واستخدام الحروف المشتركة هي الأكثر شيوعا للاستخدام في البحوث العلمية .

	2	3	4	5
L.S.R	2.239	2.351	2.421	2.471



نرتب المتوسطات تنازليا

$$9.8 - 8.6 = 1.2$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة ( LSR=2.239 )  
لذلك الفرق غير معنوي

$$9.8 - 7.2 = 2.6$$

الفرق بين المتوسطين اعلى من القيمة المحسوبة ( LSR=2.251 )  
لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$8.6 - 7.2 = 1.4$$

الفرق غير معنوي

$$8.6 - 6.0 = 2.6$$

الفرق معنوي

$$7.2 - 6.0 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

$$7.2 - 4.8 = 2.4$$

الفرق معنوي

$$6.0 - 4.8 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
a 9.8	T1
ab 8.6	T2
bc 7.2	T3
cd 6.0	T4
d 4.8	T5

إن استخدام اختبار دنكن يتطلب حساب عدد من القيم الإحصائية لمقارنة الفروق بين المتوسطات مما يزيد من صعوبة تطبيق الاختبار بزيادة عدد المتوسطات ، في حين إن بعض الاختبارات التي تعتمد على قيمة واحدة مثل LSD تكون سهلة التطبيق ولكنها تعاني من بعض العيوب التي ذكرناها ، لذلك قام دنكن (Duncan ,1969) بتعديل اختبار LSD بحيث يجمع بين اختبار F واختبار LSD .

ويتلخص هذا الاختبار المعدل في استخدام قيمة t المعدلة يرمز لها من جداول إحصائية خاصة بدلا من قيمة t ويتطلب استخدام جدول معرفة قيمة F المحسوبة ودرجات حرية الخطأ ودرجات حرية المعاملات ( من جدول تحليل التباين )، ويتم حساب المعدل كما يلي :

$$LSD'_{(0.05)} = 1.414 ( t' ) ( S\bar{y}_i )$$

ولتطبيق الاختبار على مثالنا السابق :  
نستخرج قيمة من درجات حرية المعاملات ( 4 ) ودرجات حرية الخطأ ( 20 ) وقيمة F المحسوبة ( 6.90 ) فنجد إن قيمة هي 2.02 .

وبذلك يكون قيمة هي :

$$\begin{aligned} LSD'_{(0.05)} &= 1.414 ( t' ) ( S\bar{y}_i ) \\ &= (1.414) ( 2.02 ) ( 0.795 ) = 2.168 \end{aligned}$$

## قيمة t المعدلة

جدول قيم t المعدلة حسب قيم F

: Minimum-Average-Risk t Values (  $\alpha = .05$  )

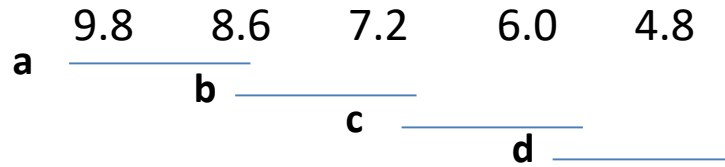
q	f=4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	40
<b>F = 1.2</b>												
2-4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	2.55	2.64	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	2.57	2.68	2.74	2.79	2.82	2.85	2.86	2.88	2.89	2.91	2.93	2.95
10	2.58	2.70	2.78	2.84	2.88	2.91	2.93	2.95	2.97	2.99	3.02	3.04
12	2.59	2.72	2.81	2.88	2.92	2.95	2.99	3.01	3.03	3.06	3.09	3.12
14	2.59	2.74	2.84	2.90	2.96	3.00	3.03	3.05	3.08	3.11	3.15	3.18
16	2.60	2.75	2.85	2.93	2.98	3.03	3.06	3.09	3.12	3.15	3.19	3.24
20	2.60	2.77	2.88	2.96	3.03	3.07	3.12	3.15	3.18	3.22	3.27	3.32
40	2.62	2.80	2.94	3.04	3.12	3.19	3.24	3.29	3.33	3.39	3.47	3.55
100	2.63	2.83	2.98	3.09	3.19	3.27	3.34	3.40	3.45	3.53	3.63	3.75
∞	2.63	2.85	3.01	3.14	3.24	3.33	3.41	3.48	3.54	3.65	3.77	3.93
<b>F = 1.4</b>												
2-4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	2.53	2.60	2.54	2.66	2.57	2.68	2.69	2.70	2.70	2.71	2.71	2.72
8	2.55	2.64	2.69	2.72	2.74	2.76	2.77	2.78	2.78	2.79	2.80	2.81
10	2.56	2.66	2.72	2.76	2.79	2.81	2.82	2.84	2.85	2.86	2.87	2.89
12	2.57	2.68	2.75	2.79	2.83	2.85	2.87	2.88	2.89	2.91	2.93	2.94

وبعد ذلك نرتب المتوسطات تصاعديا أو تنازليا ونستخرج جميع الفروق الممكنة بينهم ونقارنها بالقيمة الإحصائية  $LSD'$  ، فإذا تساوى الفرق بين متوسطين مع هذه القيمة أو زاد عنها كان الفرق معنويا أما إذا كان أقل من هذه القيمة يكون الفرق غير معنوي .

وقد أشار دنكن إلى أن هذا الاختبار المعدل لا يقل كفاءة عن اختباره السابق ( اختبار دنكن ) إضافة إلى بساطة تطبيقه .

## قيمة اقل فرق معنوي معدل محسوب $RLSD = 2.23$

نرتب المتوسطات تنازليا



$$9.8 - 8.6 = 1.2$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة ( $RLSD=2.23$ )  
لذلك الفرق غير معنوي

$$9.8 - 7.2 = 2.6$$

الفرق بين المتوسطين اعلى من القيمة المحسوبة  
( $RLSD=2.23$ )

لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$8.6 - 7.2 = 1.4$$

الفرق غير معنوي

$$8.6 - 6.0 = 2.6$$

الفرق معنوي

$$7.2 - 6.0 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

$$7.2 - 4.8 = 2.4$$

الفرق معنوي

$$6.0 - 4.8 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
a 9.8	T1
ab 8.6	T2
bc 7.2	T3
cd 6.0	T4
d 4.8	T5

## Tukey's Procedure: اختبار

في هذا الاختبار تستخدم ايضاً قيمة احصائية واحدة لاختبار الفروق بين متوسطات المعاملات وتسمى هذه القيمة الفرق المعنوي الامين Honest Significant Difference ويرمز لها H.S.D وتحسب هذه القيمة كما يلي :

$$H.S.D. = S_{\bar{y}_i} \cdot Q_i$$

وخطوات اجراء هذا الاختبار تتلخص فيما يلي :

- 1- تقدير قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة :

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{Mse}{r}}$$

- 2- استخراج قيمة  $Q_t$  من جدول توزيع  $Q$  عند مستوى المعنوية المطلوب للاختبار ، وبمعرفة عدد المعاملات في التجربة  $t$  ودرجات حرية الخطأ التجريبي .

- ٣- تحسب قيمة H.S.D بضرب القيمتين السابقتين .
- ٤- تقارن الفروق بين ازواج المتوسطات بقيمة H.S.D لتقرير معنويتها من عدمه .  
ففي مثالنا السابق الخاص بمقارنة تأثير العلائق الخمسة

: وجدنا أن قيمة  $S_{\bar{y}_i}$  تساوي 0.759 ، وبالرجوع الى جدول توزيع Q (عند مستوى 0.05 مثلاً) الموجود ضمن ملاحق الكتاب ( جدول ) نجد أن قيمة Q ( أي قيمة Q في حالة خمس معاملات ) وعند درجات حرية 20 ( وهي درجات حرية الخطأ ) نجدها تساوي 4.23 وعلى ذلك فإن قيمة H.S.D تساوي :

$$\begin{aligned} \text{H.S.D}_{(0.05)} &= S_{\bar{y}_i} \cdot Q_6 \\ &= (0.759)(4.23) = 3.211 \text{ kgs.} \end{aligned}$$

إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي :

حدد معنوية الفروق بين المتوسطات 7.2 , 9.8 , 6.0 , 4.8 , 8.6

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		



وتستخدم هذه القيمة لمقارنة الفروق بين متوسطات المعاملات ، فإذا كان الفرق مساوياً لهذه القيمة أوزاد عليها دل على أن الفرق في تأثير المعاملتين معنوياً ، أما إذا قل عنها فيدل على عدم اختلاف تأثير المعاملتين على الظاهرة المدروسة ( وهي معدل الزيادة في اوزان العجول في مثالنا ) . ويلاحظ في هذا الاختبار أن القيمة الأحصائية المستخدمة في الحكم على معنوية الفروق بين المتوسطات ( قيمة H.S.D ) اكبر في قيمتها من قيمة L.S.D المستخدمة في الاختبار السابق ، ولذلك فيعتبر هذا الاختبار أكثر تحفظاً من الاختبار السابق وإن كان به أيضاً بعض القصور الذي ناقشناه في اختبار L.S.D

# Tukey Test

	T1	T2	T3
	70	76	73
	72	84	75
	80	87	79
	78	81	78
	71	78	73
Means	74.2	81.2	75.6

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_0$  is NOT Rejected



NO further analysis required

$H_0$  is Rejected



Further analysis required

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups (Treatments)	137.2	2	68.6	4.31	0.04	3.89
Within Groups (Experimental Error)	190.8	12	15.9			
Total	328	14				

The Tukey criterion (T)

$$T = q_{\alpha(c, n-c)} \sqrt{\frac{MSE}{n_i}}$$

$q_{\alpha(c, n-c)}$  = Studentized range distribution, based on  $c$  and  $n-c$  df

- $c$  = Number of treatments (i.e. number of columns)
- $n$  = Total sample size

MSE = Mean square error (from ANOVA table)

$n_i$  = Sample size of the treatment group with the smallest number of observations

$$q_{\alpha(c, n-c)} = q_{0.05(3,12)} = 3.773$$

$$HSD = q * \sqrt{\frac{mse}{n_i}}$$

$$HSD = 3.773 * \sqrt{\frac{15.9}{5}}$$

$$HSD = 6.73$$

**Critical Values of the Studentized Range (0.05 level)**

dfc	2	3	4	5	6	7
2	6.0849	8.3308	9.7980	10.8810	11.7340	12.4345
3	4.5007	5.9096	6.8245	7.5016	8.0370	8.4780
4	3.9265	5.0403	5.7571	6.2870	6.7065	7.0528
5	3.6354	4.6017	5.2185	5.6731	6.0329	6.3299
6	3.4605	4.3390	4.8956	5.3049	5.6285	5.8953
7	3.3439	4.1648	4.6812	5.0601	5.3591	5.6058
8	3.2612	4.0410	4.5288	4.8858	5.1672	5.3991
9	3.1991	3.9485	4.4149	4.7554	5.0235	5.2444
10	3.1511	3.8768	4.3266	4.6543	4.9120	5.1242
11	3.1127	3.8195	4.2561	4.5736	4.8229	5.0281
12	3.0813	3.7728	4.1985	4.5076	4.7477	4.9469

d.f. of Error

$$|T_1 - T_2| = |74.2 - 81.2| = 7.0 > 6.73$$

Significant difference at 0.05 level

$$|T_1 - T_3| = |74.2 - 75.6| = 1.4 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

$$|T_2 - T_3| = |81.2 - 75.6| = 5.6 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

$$HSD = 6.73$$

Means	Treatment
b 74.2	T1
a 81.2	T2
ab 75.6	T3

المتوسطات التي تحمل حروفا مختلفة تختلف عن بعضها معنويا  
عند مستوى معنوية 0.05

$$|T_1 - T_2| = |74.2 - 81.2| = 7.0 > 6.73$$

Significant difference at 0.05 level

$$|T_1 - T_3| = |74.2 - 75.6| = 1.4 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

$$|T_2 - T_3| = |81.2 - 75.6| = 5.6 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level



**Critical Values of the Studentized Range (0.01 level)**

dfe	Number of Means																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	14.0346	19.0189	22.2935	24.7166	26.6280	28.1991	29.5282	30.6770	31.6866	32.5855	33.3946	34.1294	34.8018	35.4212	35.9948	36.5286	37.0277	37.4959	37.9368	
3	8.2603	10.6157	12.1695	13.3241	14.2403	14.9972	15.6401	16.1978	16.6894	17.1283	17.5241	17.8844	18.2146	18.5192	18.8017	19.0650	19.3113	19.5427	19.7608	
4	6.5113	8.1181	9.1729	9.9579	10.5823	11.0992	11.5394	11.9253	12.2639	12.5667	12.8403	13.0897	13.3186	13.5299	13.7262	13.9093	14.0808	14.2420	14.3940	
5	5.7024	6.9757	7.8059	8.4215	8.9131	9.3208	9.6686	9.9713	10.2390	10.4787	10.6955	10.8932	11.0749	11.2428	11.3988	11.5445	11.6809	11.8093	11.9305	
6	5.2427	6.3312	7.0333	7.5560	7.9737	8.3179	8.6113	8.8693	9.0966	9.3003	9.4847	9.6530	9.8077	9.9508	10.0838	10.2080	10.3245	10.4342	10.5377	
7	4.9483	5.9193	6.5430	7.0061	7.3730	7.6784	7.9403	8.1672	8.3680	8.5478	8.7107	8.8593	8.9959	9.1242	9.2423	9.3526	9.4560	9.5534	9.6454	
8	4.7445	5.6353	6.2039	6.6251	6.9600	7.2378	7.4748	7.6813	7.8642	8.0281	8.1766	8.3121	8.4368	8.5522	8.6595	8.7597	8.8538	8.9424	9.0260	
9	4.5955	5.4279	5.9567	6.3473	6.6576	6.9148	7.1344	7.3257	7.4951	7.6470	7.7846	7.9103	8.0260	8.1330	8.2326	8.3257	8.4131	8.4953	8.5730	
10	4.4818	5.2700	5.7686	6.1361	6.4276	6.6691	6.8751	7.0546	7.2136	7.3562	7.4854	7.6034	7.7120	7.8126	7.9062	7.9936	8.0757	8.1530	8.2261	
11	4.3922	5.1459	5.6207	5.9701	6.2474	6.4759	6.6713	6.8415	6.9922	7.1274	7.2498	7.3617	7.4647	7.5600	7.6487	7.7317	7.8095	7.8829	7.9522	
12	4.3197	5.0459	5.5016	5.8363	6.1011	6.3205	6.5069	6.6696	6.8136	6.9427	7.0597	7.1665	7.2649	7.3559	7.4407	7.5199	7.5943	7.6644	7.7306	
13	4.2607	4.9635	5.4036	5.7266	5.9812	6.1919	6.3715	6.5283	6.6664	6.7905	6.9030	7.0057	7.1002	7.1877	7.2691	7.3453	7.4168	7.4841	7.5478	
14	4.2099	4.8945	5.3215	5.6340	5.8808	6.0847	6.2583	6.4095	6.5428	6.6638	6.7716	6.8708	6.9621	7.0466	7.1252	7.1988	7.2678	7.3329	7.3943	
15	4.1673	4.8359	5.2518	5.5558	5.7956	5.9936	6.1621	6.3087	6.4384	6.5547	6.6596	6.7568	6.8447	6.9266	7.0028	7.0741	7.1411	7.2041	7.2637	
16	4.1306	4.7855	5.1919	5.4885	5.7223	5.9152	6.0793	6.2221	6.3483	6.4615	6.5639	6.6575	6.7431	6.8236	6.8975	6.9668	7.0319	7.0932	7.1512	
17	4.0987	4.7417	5.1398	5.4300	5.6586	5.8471	6.0074	6.1468	6.2700	6.3804	6.4804	6.5717	6.6557	6.7334	6.8058	6.8734	6.9373	6.9974	7.0533	
18	4.0707	4.7032	5.0941	5.3787	5.6027	5.7873	5.9443	6.0807	6.2013	6.3093	6.4071	6.4964	6.5785	6.6546	6.7253	6.7914	6.8535	6.9120	6.9673	
19	4.0459	4.6693	5.0537	5.3334	5.5534	5.7345	5.8885	6.0223	6.1405	6.2464	6.3423	6.4298	6.5103	6.5848	6.6541	6.7189	6.7797	6.8370	6.8911	
20	4.0237	4.6390	5.0178	5.2931	5.5094	5.6875	5.8388	5.9702	6.0864	6.1904	6.2845	6.3704	6.4494	6.5226	6.5906	6.6542	6.7139	6.7701	6.8232	
21	4.0042	4.6119	4.9856	5.2569	5.4700	5.6453	5.7943	5.9236	6.0379	6.1402	6.2327	6.3172	6.3949	6.4668	6.5337	6.5962	6.6549	6.7101	6.7623	

22	3.9864	4.5874	4.9565	5.2243	5.4345	5.6074	5.7541	5.8816	5.9941	6.0949	6.1860	6.2692	6.3457	6.4165	6.4823	6.5439	6.6016	6.6560	6.7074
23	3.9703	4.5653	4.9302	5.1948	5.4023	5.5729	5.7178	5.8435	5.9545	6.0538	6.1437	6.2257	6.3011	6.3709	6.4358	6.4964	6.5533	6.6070	6.6576
24	3.9557	4.5452	4.9063	5.1679	5.3730	5.5416	5.6847	5.8088	5.9184	6.0165	6.1052	6.1861	6.2605	6.3294	6.3934	6.4532	6.5094	6.5623	6.6122
25	3.9424	4.5268	4.8844	5.1433	5.3463	5.5130	5.6544	5.7771	5.8854	5.9823	6.0700	6.1499	6.2234	6.2914	6.3546	6.4137	6.4692	6.5214	6.5707
26	3.9302	4.5099	4.8650	5.1215	5.3223	5.4873	5.6266	5.7480	5.8552	5.9510	6.0376	6.1167	6.1893	6.2565	6.3190	6.3774	6.4322	6.4838	6.5326
27	3.9189	4.4944	4.8466	5.1008	5.2998	5.4632	5.6017	5.7218	5.8273	5.9221	6.0079	6.0861	6.1580	6.2244	6.2863	6.3440	6.3982	6.4493	6.4975
28	3.9078	4.4800	4.8296	5.0817	5.2790	5.4409	5.5782	5.6972	5.8021	5.8960	5.9803	6.0578	6.1289	6.1948	6.2560	6.3131	6.3668	6.4173	6.4650
29	3.8981	4.4668	4.8138	5.0640	5.2597	5.4203	5.5564	5.6743	5.7784	5.8714	5.9555	6.0322	6.1026	6.1672	6.2279	6.2845	6.3376	6.3876	6.4349
30	3.8891	4.4545	4.7992	5.0476	5.2418	5.4012	5.5361	5.6531	5.7563	5.8485	5.9318	6.0079	6.0777	6.1423	6.2023	6.2584	6.3105	6.3601	6.4069
31	3.8807	4.4430	4.7856	5.0323	5.2252	5.3833	5.5172	5.6333	5.7357	5.8272	5.9098	5.9852	6.0545	6.1185	6.1781	6.2337	6.2859	6.3350	6.3814
32	3.8728	4.4323	4.7729	5.0180	5.2096	5.3667	5.4996	5.6149	5.7164	5.8072	5.8893	5.9641	6.0328	6.0964	6.1554	6.2106	6.2623	6.3111	6.3571
33	3.8654	4.4223	4.7610	5.0047	5.1950	5.3511	5.4831	5.5976	5.6984	5.7886	5.8701	5.9443	6.0125	6.0756	6.1342	6.1890	6.2403	6.2886	6.3343
34	3.8585	4.4129	4.7498	4.9921	5.1814	5.3364	5.4677	5.5814	5.6816	5.7711	5.8520	5.9258	5.9935	6.0561	6.1143	6.1687	6.2197	6.2676	6.3130
35	3.8520	4.4041	4.7393	4.9804	5.1685	5.3227	5.4532	5.5662	5.6657	5.7547	5.8351	5.9083	5.9756	6.0378	6.0956	6.1496	6.2002	6.2479	6.2929
36	3.8459	4.3958	4.7294	4.9693	5.1565	5.3098	5.4395	5.5518	5.6508	5.7392	5.8191	5.8919	5.9588	6.0206	6.0780	6.1317	6.1820	6.2293	6.2740
37	3.8402	4.3880	4.7201	4.9588	5.1451	5.2976	5.4266	5.5383	5.6367	5.7247	5.8041	5.8764	5.9429	6.0043	6.0614	6.1147	6.1647	6.2117	6.2562
38	3.8347	4.3806	4.7113	4.9490	5.1343	5.2861	5.4144	5.5255	5.6234	5.7109	5.7898	5.8618	5.9279	5.9890	6.0457	6.0987	6.1484	6.1952	6.2393
39	3.8296	4.3737	4.7030	4.9396	5.1241	5.2752	5.4029	5.5135	5.6109	5.6978	5.7764	5.8480	5.9137	5.9744	6.0309	6.0836	6.1330	6.1795	6.2234
40	3.8247	4.3671	4.6951	4.9308	5.1145	5.2649	5.3920	5.5020	5.5989	5.6855	5.7636	5.8348	5.9002	5.9606	6.0168	6.0692	6.1183	6.1646	6.2083
41	3.8201	4.3608	4.6877	4.9224	5.1053	5.2551	5.3816	5.4911	5.5876	5.6738	5.7515	5.8224	5.8875	5.9476	6.0034	6.0556	6.1045	6.1505	6.1939
42	3.8156	4.3549	4.6805	4.9144	5.0966	5.2457	5.3718	5.4808	5.5769	5.6626	5.7400	5.8106	5.8753	5.9351	5.9907	6.0426	6.0913	6.1371	6.1803
43	3.8115	4.3493	4.6738	4.9068	5.0884	5.2369	5.3624	5.4710	5.5666	5.6520	5.7291	5.7993	5.8638	5.9233	5.9787	6.0303	6.0787	6.1243	6.1673
44	3.8075	4.3439	4.6673	4.8996	5.0805	5.2285	5.3535	5.4617	5.5569	5.6419	5.7187	5.7886	5.8528	5.9121	5.9671	6.0186	6.0668	6.1121	6.1550



## اختبار Scheffe's Test : Scheffe

ويشبه هذا الاختبار كلاً من الاختبارين السابقين في اعتماده على قيمة احصائية واحد لمقارنة الفروق بين ازواج متوسطات المعاملات . ويعتمد هذا الاختبار على العلاقة بين قيمة  $F$  وقيمة  $t$  حيث أن قيمة  $t$  في حالة معاملتين تساوي  $\sqrt{F}$  وعلى ذلك فيمكننا التعبير عن معادلة L.S.D السابقة كما يلي :

$$\begin{aligned} \text{L.S.D}_{(0.05)} &= \sqrt{2} (t_{(0.05)}) S_{\bar{y}_i} \\ &= \sqrt{2} (\sqrt{F_{(0.05)}}) S_{\bar{y}_i} \end{aligned}$$

ولقد قام Scheffe باستخدام هذه العلاقة وطبقها بالنسبة لأي عدد من المعاملات حيث حسب قيمته الاحصائية التي يستخدمها لمقارنة الفروق بين المتوسطات كما يلي

$$\text{Scheffe's Value} = (\sqrt{2}) \left[ \sqrt{(t-1)(F_{(0.05)})} \right] S_{\bar{y}_i}$$

حيث أن  $t =$  عدد المعاملات .

وعلى ذلك فإن خطوات اجراء هذا الاختبار تتلخص فيما يلي :

١ - تقدر قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

- ٢ - تستخرج قيمة F من جدول توزيع F عند مستوى المعنوية المطلوب ( 0.05 مثلاً ) وبمعرفة درجات حرية المعاملات ودرجات حرية الخطأ ( جدول F في الملاحق
- ٣ - تضرب قيمة F في درجات حرية المعاملات لنحصل على قيمة (  $F_{(0.05)}$  ) (  $t - 1$  )

٤ - تحسب قيمة Scheffe بتطبيق المعادلة :

$$\text{Scheffe's Value}_{(0.05)} = (\sqrt{2}) \left[ \sqrt{(t-1)(F_{(0.05)})} \right] S_{\bar{y}_i}$$

٥ - تقارن الفروق بين متوسطات ازواج المعاملات بالقيمة التي حصلنا عليها لبيان معنوية الفروق من عدمه .

ففي مثالنا السابق ، نستطيع أن نحسب قيمة Scheffe كما يلي :

$$S_{yL} = \sqrt{\frac{2.88}{5}} = 0.759 \quad : \text{ قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة هي}$$

قيمة F عند مستوى معنوية 0.05 ودرجات حرية 4 للمعاملات و 20 للخطأ هي :

$$F_{(0.05)4,20} = 2.87$$

وعلى ذلك فإن قيمة Scheffe هي :

$$\text{Scheffe's Value}_{(0.05)^+} = (1.44) \left[ \sqrt{(5-1)(2.87)} \right] (0.759) = 3.637$$

وتستخدم هذه القيمة لمقارنة الفروق بين متوسطي أي معاملتين فإذا كان الفرق مساوياً لهذه القيمة أو أعلى منها دل على اختلاف المعاملتين معنوياً أما إذا كان الفرق بين المتوسطين أقل من هذه القيمة فإن الاختلاف يكون غير معنوي . ويعتبر هذا الاختبار أكثر تحفظاً من الاختبارين السابقين

تمرين: أجريت تجربة لدراسة تأثير خمسة أنواع من العلائق على نمو الأفراس وسجلت بيانات معدل الزيادة الوزنية كما في أدناه .

**المطلوب** إجراء تحليل التباين وفق التصميم العشوائي الكامل وإجراء الاختبارات لتحديد معنوية الفروق بين المتوسطات ؟

$t_i$	$Y_{ij}$				$Y_i$	$\bar{Y}_i$
$t_1$	46	40	42	40		
$t_2$	51	48	47	42		
$t_3$	36	42	44	46		
$t_4$	42	42	45	43		
$t_5$	35	36	37	36		

$Y_{..} =$

س : أجريت تجربة على عجول الرستكي العراقية في كلية الزراعة - جامعة الموصل باستخدام أربعة علائق مختلفة وتم الحصول على الأوزان الآتية ( كغم ) . **المطلوب** : إجراء التحليل الإحصائي للبيانات وتلخيص النتائج في جدول تحليل التباين وتحديد معنوية الفروق بين المتوسطات ؟

العلائق $t_i$	المشاهدات $Y_{ij}$						$Y_{i.}$	$\bar{Y}_{i.}$
t1	48.2	52.8	49.0	51.2	49.8	50.0		
t2	56.3	49.7	50.4	55.6	52.0	54.2		
t3	54.2	63.8	57.5	61.7	50.4	58.8		
t4	62.4	70.8	64.7	74.2	71.3	65.0		

محاضرات في  
تصميم و تحليل التجارب



المقارنات المتعددة بين المتوسطات  
Multiple Comparisons among Means

جامعة ديالى  
كلية الزراعة - قسم الانتاج الحيواني  
أ.د. خالد حامد حسن

## تمرين : التصميم العشوائي الكامل

توفرت لديك البيانات الآتية للزيادة الوزنية الأسبوعية في السمان الياباني ، الناتجة عن استخدام أربع علائق مختلفة في نسبة البروتين ، وبواقع خمسة مكررات لكل عليقة .  
**المطلوب:** تحليل البيانات وفق التصميم العشوائي الكامل و **التوصية لأفضل عليقة** يمكن استخدامها من قبل المربين.

Treatments	r1	r2	r3	r4	r5	Yi.
T1	3	4	10	12	8	
T2	25	28	25	30	29	
T3	44	49	50	52	45	
T4	9	16	8	6	12	
						Y.. =

## ANOVA إجراء تحليل التباين للبيانات

Treatments	r1	r2	r3	r4	r5	Yi.	
T1	3	4	10	12	8	37	
T2	25	28	25	30	29	137	
T3	44	49	50	52	45	240	
T4	9	16	8	6	12	51	
						Y.. =	

Treatments	r1	r2	r3	r4	r5	Yi.	Mean
T1	3	4	10	12	8	37	7.4
T2	25	28	25	30	29	137	27.4
T3	44	49	50	52	45	240	48
T4	9	16	8	6	12	51	10.2
						Y.. =	465



Treatments	r1	r2	r3	r4	r5	Yi.
T1	3	4	10	12	8	37
T2	25	28	25	30	29	137
T3	44	49	50	52	45	240
T4	9	16	8	6	12	51
					Y.. =	465

## ANOVA إجراء تحليل التباين للبيانات

### حساب مجموع مربعات الانحرافات

$$C.F. = \frac{Y_{..}^2}{t \times r} \quad \Rightarrow \quad C.F. = \frac{(465)^2}{4 \times 5} = 10811.25$$

$$SST = Y_{ij}^2 - C.F. \quad \Rightarrow \quad SST = (3^2 + 4^2 + \dots + 12^2) - C.F.$$

$$SST = 16255 - C.F. = 5443.75$$

$$SSt = \frac{37^2 + 137^2 + 240^2 + 51^2}{5} - C.F. \quad \Rightarrow \quad SSt = 16067.8 - C.F.$$

$$SSt = 5256.55$$

$$SSe = SST - SSt \quad \Rightarrow \quad SSe = 5443.75 - 5256.55 = 187.2$$

S. V. O.	d.f.	S. S.	M. S.	Cal. F.	Tab. F 0.05	0.01
Bet. Treat.	3	5256.55	<b>1752.18</b>	<b>149.76</b>	<b>3.24</b>	<b>5.29</b>
Exp. Error	16	187.20	<b>11.70</b>			
Total	19	5443.75				

$$MSt = \frac{Sst}{d.f.t}$$

$$MSt = \frac{5256.55}{3} = \mathbf{1752.18}$$

$$MSe = \frac{Sse}{d.f.e}$$

$$MSe = \frac{187.20}{16} = \mathbf{11.70}$$

$$Cal. F. = \frac{Mst}{Mse}$$

$$Cal. F. = \frac{1752.18}{11.70} = \mathbf{149.76}$$

بما ان قيمة F المحسوبة (149.76) اكبر من قيمة F الجدولية عند مستوى معنوية 0.01 لذلك نستنتج وجود تاثيرات عالية المعنوية للمعاملات في الصفة المدروسة

	p	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	.100	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06
	.050	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
	.025	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05
	.010	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78
	.001	16.12	10.97	9.01	7.94	7.27	6.80	6.46	6.19	5.98

## Tests suggested after experiment

## الاختبارات المقترحة بعد إجراء التجربة

إن إجراء اختبار  $F$  في جدول تحليل التباين يعكس اختباراً عاماً للاختلافات الموجودة بين مجموعة من المعاملات . فإذا ثبت عدم معنوية قيمة  $F$  المحسوبة لاختبار تباين المعاملات فإن المقارنات المستقلة هي التي يجب إجراؤها فقط .  
أما إذا وجدنا اختبار  $F$  معنوياً ، فإننا نستطيع أن نقرر إن متوسطات المعاملات تختلف فيما بينها معنوياً ، ويجب تحديد أي المعاملات تختلف عن الأخرى ، وتستخدم لهذا الغرض عدة اختبارات منها :

أ- مقارنة جميع متوسطات المعاملات بمتوسط معاملة المقارنة ( طريقة Dunnett ) .

ب- المقارنات المتعددة

### Least Significant Differences Test(L.S.D.)

### 1- اختبار أقل فرق معنوي

#### المميزات :

إن اختبار LSD هو أكثر طرق اختبار المتوسطات استخداما وانتشارا بين الباحثين وذلك لسهولة إجراء الاختبار .

#### العيوب :

إن استخدام هذا الاختبار لا يعتبر صحيحا إلا في حالة مقارنة معاملتين فقط ، أما إذا استخدمت لمقارنة جميع الفروق الممكنة بين المتوسطات في تجربة تضم ثلاث معاملات أو أكثر فإن بعض الفروق بين المتوسطات قد نقر معنويتها بطريقة خاطئة أي إن الاختبار يثبت إنها معنوية في الوقت الذي تكون في الحقيقة غير معنوية عند مستوى المعنوية الذي يحدده الاختبار .

أشار العالم Fisher الذي اقترح هذا الاختبار أكد على عدم إمكانية استخدام اختبار LSD إذا ثبتت عدم معنوية اختبار F .

## 1- اختبار أقل فرق معنوي (Least Significant Differences Test (L.S.D.)

ويسمى اختبار LSD ، ويمكن تلخيص خطوات إجراء هذا الاختبار كما يلي :

( 1 ) تقدير قيمة الخطأ القياسي لمتوسط أي معاملة

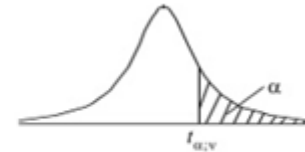
$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{mse}{r}}$$

(2) استخراج قيمة t من جدول توزيع t الموجود في ملاحق كتب الإحصاء : بمعرفة

مستوى معنوية الاختبار ودرجات الحرية للخطأ ( من جدول تحليل التباين ) .

**Table of the Student's t-distribution**

The table gives the values of  $t_{\alpha, v}$  where  
 $\Pr(T_v > t_{\alpha, v}) = \alpha$ , with  $v$  degrees of freedom



$\alpha$	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
1	3.078	6.314	12.076	31.821	63.657	318.310	636.620
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.326	31.598
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.213	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587

In the case where treatment replications are not equal,

$$r = \frac{1}{k-1} \left( \sum r_i - \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i} \right)$$

(3) حساب قيمة أقل فرق معنوي كما يلي :

$$LSD = 1.414 \times t(\alpha, d. f.) \times \sqrt{\frac{mse}{r}}$$

4- نرتب المتوسطات تصاعديا او تنازليا ، ثم نستخرج الفرق بين ازواج المتوسطات ومقارنته مع قيمة LSD المحسوبة .

5- اذا كان قيمة الفرق بين متوسطين يساوي او اكبر من قيمة LSD المحسوبة فان الفرق يكون معنويا ، اما اذا كان الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة فان الفرق يكون غير معنويا.

S. V. O.	d.f.	S. S.	M. S.	Cal. F.	Tab. F 0.05	0.01
Bet. Treat.	3	5256.55	1752.18	149.76	3.24	5.29
Exp. Error	16	187.20	11.70			
Total	19	5443.75				

## الاختبار وفق LSD

Treatments	Mean
T1	7.4
T2	27.4
T3	48
T4	10.2

الخطأ القياسي لمتوسط اي معاملة

$$S_{\overline{y_i}} = \sqrt{\frac{mse}{r}} \quad \Rightarrow \quad S_{\overline{y_i}} = \sqrt{\frac{11.70}{5}} = 1.53$$

$$LSD = 1.414 \times t(\alpha, d.f.) \times \sqrt{mse/n}$$

$$LSD = 1.414 \times 2.120 \times \sqrt{\frac{11.70}{5}} = 4.59$$

df	Probability of a larger value of t, sign ignored								
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
16	.690	.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	.689	.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922

$$T(0.05) = 2.120$$

قيمة اقل فرق معنوي محسوب = 4.59

نرتب المتوسطات تنازليا

T3	T2	T4	T1
48	27.4	10.2	7.4
a	b	c	_____

$$48 - 27.4 = 20.6$$

الفرق بين المتوسطين اكبر من القيمة المحسوبة (LSD=4.59) لذلك الفرق معنوي

$$27.4 - 10.2 = 17.2$$

الفرق بين المتوسطين اكبر من القيمة المحسوبة (LSD=4.59) لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$10.2 - 7.2 = 3$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة لذلك الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
c 7.4	T1
b 27.4	T2
a 48.0	T3
c 10.2	T4

المتوسطات التي تحمل حروفا مختلفة تختلف عن بعضها معنويا عند مستوى معنوية 0.05



مثال : ( LSD )

إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي  
حدد معنوية الفروق بين المتوسطات

T1	T2	T3	T4	T5
7.2	6	9.8	8.6	4.8

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

Tab. F

0.05	0.01
2.87	4.43

<i>p</i>	d.f. Treatment				Degrees of freed
	1	2	3	4	
.100	2.97	2.59	2.38	2.25	
.050	4.35	3.49	3.10	2.87	←
.025	5.87	4.46	3.86	3.51	
.010	8.10	5.85	4.94	4.43	←
.001	14.82	9.95	8.10	7.10	

20

d.f. Error

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

متوسطات المعاملات

$$LSD = 1.414 \times t(\alpha, d.f.) \times \sqrt{mse/n}$$

$$LSD = 1.414 \times 2.086 \times \sqrt{\frac{2.88}{5}} = 2.239$$

T1	T2	T3	T4	T5
7.2	6	9.8	8.6	4.8

نرتب متوسطات المعاملات تنازليا

T3	T4	T1	T2	T5
9.8	8.6	7.2	6	4.8

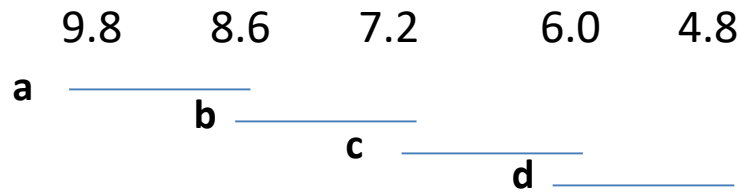
نقوم بمقارنة الفروق بين ازواج المتوسطات مع قيمة LSD المحسوبة، فاذا كان الفرق بين المتوسطين يساوي او اكثر من القيمة المحسوبة يكون الفرق معنوي، واذا كان الفرق اقل من القيمة المحسوبة فيكون الفرق غير معنوي.

df	Probability of a larger value of t, sign ignored								
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
18	.688	.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	.688	.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	.687	.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850

$$T(0.05) = 2.086$$



## قيمة اقل فرق معنوي محسوب = 2.23



نرتب المتوسطات تنازليا

$$9.8 - 8.6 = 1.2$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة (LSD=2.23) لذلك الفرق غير معنوي

$$9.8 - 7.2 = 2.6$$

الفرق بين المتوسطين اعلى من القيمة المحسوبة (LSD=2.23) لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$8.6 - 7.2 = 1.4$$

الفرق غير معنوي

$$8.6 - 6.0 = 2.6$$

الفرق معنوي

$$7.2 - 6.0 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

$$7.2 - 4.8 = 2.4$$

الفرق معنوي

$$6.0 - 4.8 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
a 9.8	T1
ab 8.6	T2
bc 7.2	T3
cd 6.0	T4
d 4.8	T5

اقترح Duncan هذا الاختبار في عام 1955 وذلك لتلافي عيوب الاختبار السابق لكي يمكن اختبار جميع الفروق الممكنة بين جميع متوسطات المعاملات الداخلة في التجربة بنفس الدقة وعند نفس مستوى المعنوية المحدد للاختبار .

حيث تستخدم جداول إحصائية خاصة Studentized Significant Range

ويشار للقيم اختصاراً S.S.R. التي تلزم لحساب قيم اقل مدى معنوي

Least Significant Range ويشار لها اختصاراً L.S.R. .

ويعتمد في تطبيق الاختبار على عدد من القيم الإحصائية L.S.R. وليس على قيمة واحدة . لان الاختبار يأخذ في اعتباره المدى الخاص بالمقارنة ، أي عدد المتوسطات الذي يدخل ضمن المقارنة .

ويعتبر هذا الاختبار من أكفأ الاختبارات، ويمكن إجراء الاختبار بغض النظر عن معنوية أو عدم معنوية اختبار F .

In the case where treatment replications are not equal,

$$r = \frac{1}{k-1} \left( \sum r_i - \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i} \right)$$

ويمكن تلخيص خطوات إجراء الاختبار كما يلي :  
1- تقدير قيمة لخطأ القياسي لأي معاملة

$$\bar{S}_{yi} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

2- استخراج قيم S.S.R. من جدول دنكن وذلك بمعرفة مستوى المعنوية المطلوب للاختبار ودرجات حرية الخطأ ( من جدول تحليل التباين )  
ويلاحظ إن قيم SSR تزداد بازدياد عدد المتوسطات الداخلة في المقارنة .

3- حساب قيم اقل مدى معنوي L.S.R. كما يلي :

$$L.S.R. = \bar{S}_{yi} \times S.S.R.$$

4- ترتيب متوسطات المعاملات تنازليا أو تصاعديا .  
5- مقارنة الفروق الممكنة بين المتوسطات بقيم LSR المناسبة لإعداد المتوسطات الداخلة في مدى كل مقارنة ، للحكم على معنوية الفروق من عدمه .

# Studentized Significant Range

عدد المتوسطات ضمن مدى المقارنة

جدول قيم SSR لاختبار دنكن

Error df	Protection level	$p =$ number of means for range being tested								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	.05	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
	.01	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
2	.05	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
	.01	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
3	.05	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
	.01	8.26	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	8.9	9.0	9.0
4	.05	3.93	4.01	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02
	.01	6.51	6.8	6.9	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3

درجات  
حرية الخطأ

## مثال : ( اختبار دنكن )

لنطبق اختبار دنكن على مفردات مثالنا في LSD :

إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي :

حدد معنوية الفروق بين المتوسطات 7.2 , 9.8 , 6.0 , 4.8 , 8.6

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

حساب قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة

Least Significant Range

$$L.S.R. = \bar{S}_{yi} \times S.S.R.$$

نقوم باستخراج قيم L.S.R. وذلك بضرب قيم SSR مع قيمة الخطأ القياسي و نحصل على القيم :

$$\bar{S}_{yi} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

$$\bar{S}_{yi} = \sqrt{\frac{2.88}{5}} = 0.759$$

نستخرج قيم SSR من جدول دنكن عند مستوى معنوية 0.05 مثلاً ، ودرجات حرية الخطأ وهي 20 ، والقيم التي نحتاجها في هذه الحالة هي القيم الخاصة بأعداد المتوسطات 2 , 3 , 4 , 5 وهي اعداد المتوسطات التي ستشمل في المقارنات . وهي موجودة في جدول دنكن :

S.S.R.	2	3	4	5
	2.95	3.097	3.18	3.255

L.S.R.	2	3	4	5
	2.239	2.351	2.421	2.471

	2	3	4	5
L.S.R	2.239	2.351	2.421	2.471

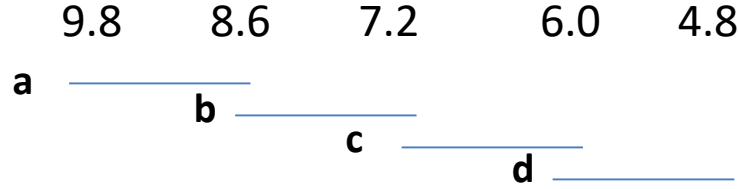
ولإتمام المقارنات بين المتوسطات واختبار معنوية لفروق بينهما ، نرتب متوسطات المعاملات ثم نحسب الفروق بينهما وبعد ذلك نقارن كل فرق محسوب بقيمة LSR المقابلة والتي تحدد على أساس عدد المتوسطات ضمن مجال المقارنة.

فإذا وجد إن الفرق بين المتوسطين مساويا لقيمة LSR أو اعلي منها كان هذا الفرق معنويا أما إذا كان الفرق اقل من قيمة LSR يعني ان الفرق غير معنوي .

نقوم بوضع خطوط مشتركة تحت المتوسطات التي لم تكن فروقها معنوية دليلا على إن هذه المعاملات لا تختلف معنويا ، وقد يستعاض عن الخطوط المشتركة بوضع حروف مشتركة بحيث إن المتوسطات التي تحمل حروف متشابهة لا تختلف عن بعضها معنويا . واستخدام الحروف المشتركة هي الأكثر شيوعا للاستخدام في البحوث العلمية .



	2	3	4	5
L.S.R	2.239	2.351	2.421	2.471



نرتب المتوسطات تنازليا

$$9.8 - 8.6 = 1.2$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة ( LSR=2.239 )  
لذلك الفرق غير معنوي

$$9.8 - 7.2 = 2.6$$

الفرق بين المتوسطين اعلى من القيمة المحسوبة ( LSR=2.251 )  
لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$8.6 - 7.2 = 1.4$$

الفرق غير معنوي

$$8.6 - 6.0 = 2.6$$

الفرق معنوي

$$7.2 - 6.0 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

$$7.2 - 4.8 = 2.4$$

الفرق معنوي

$$6.0 - 4.8 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
a 9.8	T1
ab 8.6	T2
bc 7.2	T3
cd 6.0	T4
d 4.8	T5

إن استخدام اختبار دنكن يتطلب حساب عدد من القيم الإحصائية لمقارنة الفروق بين المتوسطات مما يزيد من صعوبة تطبيق الاختبار بزيادة عدد المتوسطات ، في حين إن بعض الاختبارات التي تعتمد على قيمة واحدة مثل LSD تكون سهلة التطبيق ولكنها تعاني من بعض العيوب التي ذكرناها ، لذلك قام دنكن (Duncan ,1969) بتعديل اختبار LSD بحيث يجمع بين اختبار F واختبار LSD .

ويتلخص هذا الاختبار المعدل في استخدام قيمة t المعدلة يرمز لها من جداول إحصائية خاصة بدلا من قيمة t ويتطلب استخدام جدول معرفة قيمة F المحسوبة ودرجات حرية الخطأ ودرجات حرية المعاملات ( من جدول تحليل التباين )، ويتم حساب المعدل كما يلي :

$$LSD'_{(0.05)} = 1.414 ( t' ) ( \bar{S}_{yi} )$$

ولتطبيق الاختبار على مثالنا السابق :  
نستخرج قيمة من درجات حرية المعاملات ( 4 ) ودرجات حرية الخطأ ( 20 ) وقيمة F المحسوبة ( 6.90 ) فنجد إن قيمة هي 2.02 .

وبذلك يكون قيمة هي :

$$\begin{aligned} LSD'_{(0.05)} &= 1.414 ( t' ) ( \bar{S}_{yi} ) \\ &= (1.414) ( 2.02 ) ( 0.795 ) = 2.168 \end{aligned}$$

## قيمة t المعدلة

جدول قيم t المعدلة حسب قيم F

: Minimum-Average-Risk t Values (  $\alpha = .05$  )

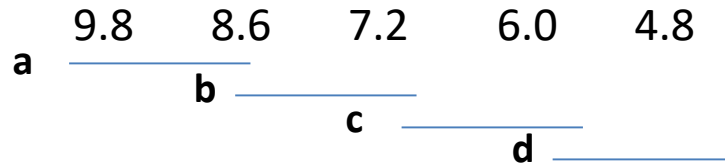
q	f=4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	40
<b>F = 1.2</b>												
2-4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	2.55	2.64	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	2.57	2.68	2.74	2.79	2.82	2.85	2.86	2.88	2.89	2.91	2.93	2.95
10	2.58	2.70	2.78	2.84	2.88	2.91	2.93	2.95	2.97	2.99	3.02	3.04
12	2.59	2.72	2.81	2.88	2.92	2.95	2.99	3.01	3.03	3.06	3.09	3.12
14	2.59	2.74	2.84	2.90	2.96	3.00	3.03	3.05	3.08	3.11	3.15	3.18
16	2.60	2.75	2.85	2.93	2.98	3.03	3.06	3.09	3.12	3.15	3.19	3.24
20	2.60	2.77	2.88	2.96	3.03	3.07	3.12	3.15	3.18	3.22	3.27	3.32
40	2.62	2.80	2.94	3.04	3.12	3.19	3.24	3.29	3.33	3.39	3.47	3.55
100	2.63	2.83	2.98	3.09	3.19	3.27	3.34	3.40	3.45	3.53	3.63	3.75
∞	2.63	2.85	3.01	3.14	3.24	3.33	3.41	3.48	3.54	3.65	3.77	3.93
<b>F = 1.4</b>												
2-4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	2.53	2.60	2.54	2.66	2.57	2.68	2.69	2.70	2.70	2.71	2.71	2.72
8	2.55	2.64	2.69	2.72	2.74	2.76	2.77	2.78	2.78	2.79	2.80	2.81
10	2.56	2.66	2.72	2.76	2.79	2.81	2.82	2.84	2.85	2.86	2.87	2.89
12	2.57	2.68	2.75	2.79	2.83	2.85	2.87	2.88	2.89	2.91	2.93	2.94

وبعد ذلك نرتب المتوسطات تصاعديا أو تنازليا ونستخرج جميع الفروق الممكنة بينهم ونقارنها بالقيمة الإحصائية  $LSD'$  ، فإذا تساوى الفرق بين متوسطين مع هذه القيمة أو زاد عنها كان الفرق معنويا أما إذا كان أقل من هذه القيمة يكون الفرق غير معنوي .

وقد أشار دنكن إلى أن هذا الاختبار المعدل لا يقل كفاءة عن اختباره السابق ( اختبار دنكن ) إضافة إلى بساطة تطبيقه .

## قيمة اقل فرق معنوي معدل محسوب $RLSD = 2.23$

نرتب المتوسطات تنازليا



$$9.8 - 8.6 = 1.2$$

الفرق بين المتوسطين اقل من القيمة المحسوبة ( $RLSD=2.23$ )  
لذلك الفرق غير معنوي

$$9.8 - 7.2 = 2.6$$

الفرق بين المتوسطين اعلى من القيمة المحسوبة  
( $RLSD=2.23$ )

لذلك الفرق معنوي بين المتوسطين

$$8.6 - 7.2 = 1.4$$

الفرق غير معنوي

$$8.6 - 6.0 = 2.6$$

الفرق معنوي

$$7.2 - 6.0 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

$$7.2 - 4.8 = 2.4$$

الفرق معنوي

$$6.0 - 4.8 = 1.2$$

الفرق غير معنوي

المتوسطات	المعاملات
a 9.8	T1
ab 8.6	T2
bc 7.2	T3
cd 6.0	T4
d 4.8	T5

## Tukey's Procedure: اختبار <sup>أ</sup>Tukey

في هذا الاختبار تستخدم أيضاً قيمة احصائية واحدة لاختبار الفروق بين متوسطات المعاملات وتسمى هذه القيمة الفرق المعنوي الامين Honest Significant Difference ويرمز لها H.S.D وتحسب هذه القيمة كما يلي :

$$H.S.D. = S_{\bar{y}_i} \cdot Q_i$$

وخطوات اجراء هذا الاختبار تتلخص فيما يلي :

١- تقدير قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة :

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{Mse}{r}}$$

٢- استخراج قيمة  $Q_t$  من جدول توزيع  $Q$  عند مستوى المعنوية المطلوب للاختبار ، وبمعرفة عدد المعاملات في التجربة  $t$  ودرجات حرية الخطأ التجريبي .

- ٣- تحسب قيمة H.S.D بضرب القيمتين السابقتين .
- ٤- تقارن الفروق بين ازواج المتوسطات بقيمة H.S.D لتقرير معنويتها من عدمه .  
ففي مثالنا السابق الخاص بمقارنة تأثير العلائق الخمسة

: وجدنا أن قيمة  $S_{\bar{y}_i}$  تساوي 0.759 ، وبالرجوع الى جدول توزيع Q (عند مستوى 0.05 مثلاً) الموجود ضمن ملاحق الكتاب ( جدول ) نجد أن قيمة Q ( أي قيمة Q في حالة خمس معاملات ) وعند درجات حرية 20 ( وهي درجات حرية الخطأ ) نجدها تساوي 4.23 وعلى ذلك فإن قيمة H.S.D تساوي :

$$\begin{aligned} \text{H.S.D}_{(0.05)} &= S_{\bar{y}_i} \cdot x Q_6 \\ &= (0.759)(4.23) = 3.211 \text{ kgs.} \end{aligned}$$

إذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي :

حدد معنوية الفروق بين المتوسطات 7.2 , 9.8 , 6.0 , 4.8 , 8.6

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F
Treatments	4	79.44	19.86	6.90 **
Exper. Error	20	57.60	2.88	
Total	24	137.04		

وتستخدم هذه القيمة لمقارنة الفروق بين متوسطات المعاملات ، فإذا كان الفرق مساوياً لهذه القيمة أوزاد عليها دل على أن الفرق في تأثير المعاملتين معنوياً ، أما إذا قل عنها فيدل على عدم اختلاف تأثير المعاملتين على الظاهرة المدروسة ( وهي معدل الزيادة في اوزان العجول في مثالنا ) . ويلاحظ في هذا الاختبار أن القيمة الأحصائية المستخدمة في الحكم على معنوية الفروق بين المتوسطات ( قيمة H.S.D ) اكبر في قيمتها من قيمة L.S.D المستخدمة في الاختبار السابق ، ولذلك فيعتبر هذا الاختبار أكثر تحفظاً من الاختبار السابق وإن كان به أيضاً بعض القصور الذي ناقشناه في اختبار L.S.D



# Tukey Test

	T1	T2	T3
	70	76	73
	72	84	75
	80	87	79
	78	81	78
	71	78	73
Means	74.2	81.2	75.6

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_0$  is NOT Rejected



NO further analysis required

$H_0$  is Rejected



Further analysis required

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups (Treatments)	137.2	2	68.6	4.31	0.04	3.89
Within Groups (Experimental Error)	190.8	12	15.9			
Total	328	14				

The Tukey criterion (T)

$$T = q_{\alpha(c, n-c)} \sqrt{\frac{MSE}{n_i}}$$

$q_{\alpha(c, n-c)}$  = Studentized range distribution, based on  $c$  and  $n-c$  df

- $c$  = Number of treatments (i.e. number of columns)
- $n$  = Total sample size

MSE = Mean square error (from ANOVA table)

$n_i$  = Sample size of the treatment group with the smallest number of observations

$$q_{\alpha(c, n-c)} = q_{0.05(3,12)} = 3.773$$

$$HSD = q * \sqrt{\frac{mse}{n_i}}$$

$$HSD = 3.773 * \sqrt{\frac{15.9}{5}}$$

$$HSD = 6.73$$

**Critical Values of the Studentized Range (0.05 level)**

dfc	2	3	4	5	6	7
2	6.0849	8.3308	9.7980	10.8810	11.7340	12.4345
3	4.5007	5.9096	6.8245	7.5016	8.0370	8.4780
4	3.9265	5.0403	5.7571	6.2870	6.7065	7.0528
5	3.6354	4.6017	5.2185	5.6731	6.0329	6.3299
6	3.4605	4.3390	4.8956	5.3049	5.6285	5.8953
7	3.3439	4.1648	4.6812	5.0601	5.3591	5.6058
8	3.2612	4.0410	4.5288	4.8858	5.1672	5.3991
9	3.1991	3.9485	4.4149	4.7554	5.0235	5.2444
10	3.1511	3.8768	4.3266	4.6543	4.9120	5.1242
11	3.1127	3.8195	4.2561	4.5736	4.8229	5.0281
12	3.0813	3.7728	4.1985	4.5076	4.7477	4.9469

d.f. of Error

$$|T_1 - T_2| = |74.2 - 81.2| = 7.0 > 6.73$$

Significant difference at 0.05 level

$$|T_1 - T_3| = |74.2 - 75.6| = 1.4 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

$$|T_2 - T_3| = |81.2 - 75.6| = 5.6 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

$$HSD = 6.73$$

Means	Treatment
b 74.2	T1
a 81.2	T2
ab 75.6	T3

المتوسطات التي تحمل حروفا مختلفة تختلف عن بعضها معنويا  
عند مستوى معنوية 0.05

$$|T_1 - T_2| = |74.2 - 81.2| = 7.0 > 6.73$$

Significant difference at 0.05 level

$$|T_1 - T_3| = |74.2 - 75.6| = 1.4 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

$$|T_2 - T_3| = |81.2 - 75.6| = 5.6 < 6.73$$

Non-significant difference at 0.05 level

Critical Values of the Studentized Range (0.05 level)

dfe	Number of Means																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	6.0849	8.3308	9.7980	10.8810	11.7340	12.4345	13.0266	13.5381	13.9875	14.3874	14.7473	15.0757	15.3748	15.6503	15.9054	16.1427	16.3646	16.5728	16.7688	
3	4.5007	5.9096	6.8245	7.5016	8.0370	8.4780	8.8521	9.1766	9.4620	9.7166	9.9460	10.1547	10.3459	10.5222	10.6856	10.8378	10.9803	11.1140	11.2400	
4	3.9265	5.0403	5.7571	6.2870	6.7065	7.0528	7.3465	7.6015	7.8264	8.0271	8.2083	8.3732	8.5244	8.6640	8.7934	8.9141	9.0271	9.1332	9.2333	
5	3.6354	4.6017	5.2185	5.6731	6.0329	6.3299	6.5823	6.8014	6.9947	7.1674	7.3237	7.4653	7.5956	7.7163	7.8280	7.9322	8.0298	8.1215	8.2080	
6	3.4605	4.3390	4.8956	5.3049	5.6285	5.8953	6.1222	6.3192	6.4931	6.6485	6.7890	6.9169	7.0344	7.1428	7.2436	7.3375	7.4256	7.5086	7.5866	
7	3.3439	4.1648	4.6812	5.0601	5.3591	5.6058	5.8154	5.9975	6.1581	6.3018	6.4314	6.5497	6.6583	6.7586	6.8518	6.9387	7.0202	7.0968	7.1691	
8	3.2612	4.0410	4.5288	4.8858	5.1672	5.3991	5.5962	5.7673	5.9183	6.0534	6.1754	6.2867	6.3888	6.4832	6.5708	6.6527	6.7293	6.8015	6.8695	
9	3.1991	3.9485	4.4149	4.7554	5.0235	5.2444	5.4319	5.5947	5.7384	5.8669	5.9830	6.0888	6.1860	6.2758	6.3592	6.4371	6.5101	6.5787	6.6435	
10	3.1511	3.8768	4.3266	4.6543	4.9120	5.1242	5.3042	5.4605	5.5984	5.7217	5.8331	5.9346	6.0279	6.1141	6.1941	6.2689	6.3389	6.4048	6.4670	
11	3.1127	3.8195	4.2561	4.5736	4.8229	5.0281	5.2021	5.3531	5.4863	5.6054	5.7129	5.8111	5.9012	5.9844	6.0617	6.1339	6.2015	6.2652	6.3252	
12	3.0813	3.7728	4.1985	4.5076	4.7477	4.9469	5.1159	5.2625	5.3946	5.5102	5.6146	5.7098	5.7973	5.8781	5.9532	6.0231	6.0888	6.1506	6.2089	
13	3.0553	3.7341	4.1509	4.4529	4.6897	4.8841	5.0490	5.1920	5.3181	5.4308	5.5326	5.6253	5.7105	5.7892	5.8623	5.9305	5.9945	6.0547	6.1116	
14	3.0332	3.7014	4.1105	4.4066	4.6385	4.8290	4.9903	5.1300	5.2533	5.3635	5.4630	5.5537	5.6370	5.7139	5.7854	5.8521	5.9146	5.9735	6.0290	
15	3.0143	3.6734	4.0760	4.3670	4.5947	4.7816	4.9399	5.0770	5.1979	5.3059	5.4033	5.4922	5.5738	5.6492	5.7193	5.7847	5.8459	5.9036	5.9580	
16	2.9980	3.6491	4.0461	4.3327	4.5568	4.7406	4.8962	5.0310	5.1498	5.2559	5.3517	5.4390	5.5191	5.5931	5.6619	5.7261	5.7862	5.8429	5.8963	
17	2.9837	3.6280	4.0200	4.3027	4.5237	4.7048	4.8580	4.9907	5.1077	5.2121	5.3064	5.3923	5.4712	5.5440	5.6117	5.6748	5.7339	5.7896	5.8421	
18	2.9712	3.6093	3.9970	4.2763	4.4944	4.6731	4.8243	4.9552	5.0705	5.1735	5.2664	5.3511	5.4288	5.5006	5.5672	5.6295	5.6878	5.7426	5.7944	
19	2.9600	3.5927	3.9766	4.2528	4.4685	4.6450	4.7944	4.9236	5.0375	5.1391	5.2308	5.3144	5.3911	5.4619	5.5277	5.5891	5.6466	5.7007	5.7518	
20	2.9500	3.5779	3.9583	4.2319	4.4452	4.6199	4.7676	4.8954	5.0079	5.1083	5.1990	5.2815	5.3573	5.4273	5.4923	5.5529	5.6097	5.6632	5.7136	
21	2.9410	3.5646	3.9419	4.2130	4.4244	4.5973	4.7435	4.8699	4.9813	5.0806	5.1703	5.2520	5.3269	5.3961	5.4603	5.5203	5.5765	5.6293	5.6792	

22	2.9329	3.5526	3.9270	4.1959	4.4055	4.5769	4.7217	4.8469	4.9572	5.0556	5.1443	5.2252	5.2993	5.3678	5.4314	5.4908	5.5464	5.5987	5.6480
23	2.9255	3.5417	3.9136	4.1805	4.3883	4.5583	4.7019	4.8260	4.9353	5.0328	5.1207	5.2008	5.2743	5.3421	5.4051	5.4639	5.5189	5.5707	5.6196
24	2.9188	3.5317	3.9013	4.1663	4.3727	4.5413	4.6838	4.8069	4.9153	5.0119	5.0991	5.1785	5.2514	5.3186	5.3810	5.4393	5.4939	5.5452	5.5936
25	2.9126	3.5226	3.8900	4.1534	4.3583	4.5258	4.6672	4.7894	4.8969	4.9928	5.0793	5.1581	5.2303	5.2970	5.3590	5.4167	5.4709	5.5218	5.5698
26	2.9070	3.5142	3.8796	4.1415	4.3451	4.5115	4.6519	4.7733	4.8800	4.9753	5.0611	5.1393	5.2110	5.2772	5.3387	5.3960	5.4497	5.5002	5.5478
27	2.9017	3.5064	3.8701	4.1305	4.3329	4.4983	4.6378	4.7584	4.8645	4.9590	5.0443	5.1220	5.1931	5.2589	5.3199	5.3768	5.4301	5.4802	5.5275
28	2.8969	3.4992	3.8612	4.1203	4.3217	4.4861	4.6248	4.7446	4.8500	4.9440	5.0287	5.1059	5.1766	5.2419	5.3025	5.3590	5.4120	5.4618	5.5087
29	2.8924	3.4926	3.8530	4.1109	4.3112	4.4747	4.6127	4.7319	4.8366	4.9300	5.0143	5.0909	5.1612	5.2261	5.2863	5.3425	5.3951	5.4446	5.4913
30	2.8882	3.4865	3.8454	4.1021	4.3015	4.4642	4.6014	4.7199	4.8241	4.9170	5.0008	5.0770	5.1469	5.2114	5.2713	5.3271	5.3794	5.4286	5.4750
31	2.8843	3.4806	3.8383	4.0939	4.2924	4.4543	4.5909	4.7088	4.8125	4.9049	4.9882	5.0640	5.1335	5.1977	5.2572	5.3127	5.3647	5.4136	5.4597
32	2.8807	3.4752	3.8316	4.0862	4.2839	4.4451	4.5811	4.6984	4.8016	4.8936	4.9765	5.0519	5.1210	5.1848	5.2440	5.2993	5.3510	5.3996	5.4455
33	2.8773	3.4702	3.8254	4.0790	4.2759	4.4365	4.5718	4.6887	4.7914	4.8829	4.9654	5.0405	5.1093	5.1728	5.2317	5.2866	5.3381	5.3865	5.4321
34	2.8740	3.4654	3.8195	4.0723	4.2684	4.4284	4.5632	4.6795	4.7818	4.8729	4.9550	5.0298	5.0982	5.1614	5.2201	5.2748	5.3260	5.3741	5.4196
35	2.8710	3.4610	3.8140	4.0660	4.2614	4.4207	4.5550	4.6709	4.7728	4.8635	4.9453	5.0197	5.0879	5.1508	5.2091	5.2636	5.3146	5.3625	5.4077
36	2.8682	3.4568	3.8088	4.0600	4.2548	4.4136	4.5473	4.6628	4.7642	4.8546	4.9361	5.0102	5.0781	5.1407	5.1988	5.2530	5.3038	5.3515	5.3965
37	2.8655	3.4528	3.8039	4.0543	4.2485	4.4068	4.5401	4.6551	4.7562	4.8466	4.9274	5.0012	5.0688	5.1312	5.1891	5.2431	5.2936	5.3412	5.3860
38	2.8630	3.4490	3.7993	4.0490	4.2426	4.4003	4.5332	4.6479	4.7486	4.8383	4.9191	4.9927	5.0600	5.1222	5.1799	5.2337	5.2840	5.3313	5.3760
39	2.8605	3.4455	3.7949	4.0439	4.2370	4.3942	4.5267	4.6410	4.7414	4.8308	4.9113	4.9846	5.0517	5.1137	5.1711	5.2247	5.2749	5.3220	5.3665
40	2.8583	3.4421	3.7907	4.0391	4.2317	4.3885	4.5205	4.6345	4.7345	4.8237	4.9039	4.9770	5.0439	5.1056	5.1629	5.2162	5.2662	5.3132	5.3575
41	2.8561	3.4389	3.7867	4.0346	4.2266	4.3830	4.5147	4.6283	4.7280	4.8169	4.8969	4.9697	5.0364	5.0979	5.1550	5.2082	5.2580	5.3048	5.3490
42	2.8540	3.4358	3.7830	4.0302	4.2218	4.3778	4.5091	4.6224	4.7218	4.8104	4.8902	4.9628	5.0293	5.0906	5.1475	5.2005	5.2502	5.2968	5.3408
43	2.8521	3.4329	3.7794	4.0261	4.2172	4.3728	4.5038	4.6168	4.7160	4.8043	4.8839	4.9562	5.0225	5.0836	5.1403	5.1932	5.2427	5.2892	5.3331
44	2.8502	3.4302	3.7760	4.0222	4.2128	4.3681	4.4987	4.6114	4.7103	4.7984	4.8778	4.9499	5.0160	5.0770	5.1335	5.1862	5.2356	5.2820	5.3257

**Critical Values of the Studentized Range (0.01 level)**

dfe	Number of Means																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
2	14.0346	19.0189	22.2935	24.7166	26.6280	28.1991	29.5282	30.6770	31.6866	32.5855	33.3946	34.1294	34.8018	35.4212	35.9948	36.5286	37.0277	37.4959	37.9368	
3	8.2603	10.6157	12.1695	13.3241	14.2403	14.9972	15.6401	16.1978	16.6894	17.1283	17.5241	17.8844	18.2146	18.5192	18.8017	19.0650	19.3113	19.5427	19.7608	
4	6.5113	8.1181	9.1729	9.9579	10.5823	11.0992	11.5394	11.9253	12.2639	12.5667	12.8403	13.0897	13.3186	13.5299	13.7262	13.9093	14.0808	14.2420	14.3940	
5	5.7024	6.9757	7.8059	8.4215	8.9131	9.3208	9.6686	9.9713	10.2390	10.4787	10.6955	10.8932	11.0749	11.2428	11.3988	11.5445	11.6809	11.8093	11.9305	
6	5.2427	6.3312	7.0333	7.5560	7.9737	8.3179	8.6113	8.8693	9.0966	9.3003	9.4847	9.6530	9.8077	9.9508	10.0838	10.2080	10.3245	10.4342	10.5377	
7	4.9483	5.9193	6.5430	7.0061	7.3730	7.6784	7.9403	8.1672	8.3680	8.5478	8.7107	8.8593	8.9959	9.1242	9.2423	9.3526	9.4560	9.5534	9.6454	
8	4.7445	5.6353	6.2039	6.6251	6.9600	7.2378	7.4748	7.6813	7.8642	8.0281	8.1766	8.3121	8.4368	8.5522	8.6595	8.7597	8.8538	8.9424	9.0260	
9	4.5955	5.4279	5.9567	6.3473	6.6576	6.9148	7.1344	7.3257	7.4951	7.6470	7.7846	7.9103	8.0260	8.1330	8.2326	8.3257	8.4131	8.4953	8.5730	
10	4.4818	5.2700	5.7686	6.1361	6.4276	6.6691	6.8751	7.0546	7.2136	7.3562	7.4854	7.6034	7.7120	7.8126	7.9062	7.9936	8.0757	8.1530	8.2261	
11	4.3922	5.1459	5.6207	5.9701	6.2474	6.4759	6.6713	6.8415	6.9922	7.1274	7.2498	7.3617	7.4647	7.5600	7.6487	7.7317	7.8095	7.8829	7.9522	
12	4.3197	5.0459	5.5016	5.8363	6.1011	6.3205	6.5069	6.6696	6.8136	6.9427	7.0597	7.1665	7.2649	7.3559	7.4407	7.5199	7.5943	7.6644	7.7306	
13	4.2607	4.9635	5.4036	5.7266	5.9812	6.1919	6.3715	6.5283	6.6664	6.7905	6.9030	7.0057	7.1002	7.1877	7.2691	7.3453	7.4168	7.4841	7.5478	
14	4.2099	4.8945	5.3215	5.6340	5.8808	6.0847	6.2583	6.4095	6.5428	6.6638	6.7716	6.8708	6.9621	7.0466	7.1252	7.1988	7.2678	7.3329	7.3943	
15	4.1673	4.8359	5.2518	5.5558	5.7956	5.9936	6.1621	6.3087	6.4384	6.5547	6.6596	6.7568	6.8447	6.9266	7.0028	7.0741	7.1411	7.2041	7.2637	
16	4.1306	4.7855	5.1919	5.4885	5.7223	5.9152	6.0793	6.2221	6.3483	6.4615	6.5639	6.6575	6.7431	6.8236	6.8975	6.9668	7.0319	7.0932	7.1512	
17	4.0987	4.7417	5.1398	5.4300	5.6586	5.8471	6.0074	6.1468	6.2700	6.3804	6.4804	6.5717	6.6557	6.7334	6.8058	6.8734	6.9373	6.9974	7.0533	
18	4.0707	4.7032	5.0941	5.3787	5.6027	5.7873	5.9443	6.0807	6.2013	6.3093	6.4071	6.4964	6.5785	6.6546	6.7253	6.7914	6.8535	6.9120	6.9673	
19	4.0459	4.6693	5.0537	5.3334	5.5534	5.7345	5.8885	6.0223	6.1405	6.2464	6.3423	6.4298	6.5103	6.5848	6.6541	6.7189	6.7797	6.8370	6.8911	
20	4.0237	4.6390	5.0178	5.2931	5.5094	5.6875	5.8388	5.9702	6.0864	6.1904	6.2845	6.3704	6.4494	6.5226	6.5906	6.6542	6.7139	6.7701	6.8232	
21	4.0042	4.6119	4.9856	5.2569	5.4700	5.6453	5.7943	5.9236	6.0379	6.1402	6.2327	6.3172	6.3949	6.4668	6.5337	6.5962	6.6549	6.7101	6.7623	

22	3.9864	4.5874	4.9565	5.2243	5.4345	5.6074	5.7541	5.8816	5.9941	6.0949	6.1860	6.2692	6.3457	6.4165	6.4823	6.5439	6.6016	6.6560	6.7074
23	3.9703	4.5653	4.9302	5.1948	5.4023	5.5729	5.7178	5.8435	5.9545	6.0538	6.1437	6.2257	6.3011	6.3709	6.4358	6.4964	6.5533	6.6070	6.6576
24	3.9557	4.5452	4.9063	5.1679	5.3730	5.5416	5.6847	5.8088	5.9184	6.0165	6.1052	6.1861	6.2605	6.3294	6.3934	6.4532	6.5094	6.5623	6.6122
25	3.9424	4.5268	4.8844	5.1433	5.3463	5.5130	5.6544	5.7771	5.8854	5.9823	6.0700	6.1499	6.2234	6.2914	6.3546	6.4137	6.4692	6.5214	6.5707
26	3.9302	4.5099	4.8650	5.1215	5.3223	5.4873	5.6266	5.7480	5.8552	5.9510	6.0376	6.1167	6.1893	6.2565	6.3190	6.3774	6.4322	6.4838	6.5326
27	3.9189	4.4944	4.8466	5.1008	5.2998	5.4632	5.6017	5.7218	5.8273	5.9221	6.0079	6.0861	6.1580	6.2244	6.2863	6.3440	6.3982	6.4493	6.4975
28	3.9078	4.4800	4.8296	5.0817	5.2790	5.4409	5.5782	5.6972	5.8021	5.8960	5.9803	6.0578	6.1289	6.1948	6.2560	6.3131	6.3668	6.4173	6.4650
29	3.8981	4.4668	4.8138	5.0640	5.2597	5.4203	5.5564	5.6743	5.7784	5.8714	5.9555	6.0322	6.1026	6.1672	6.2279	6.2845	6.3376	6.3876	6.4349
30	3.8891	4.4545	4.7992	5.0476	5.2418	5.4012	5.5361	5.6531	5.7563	5.8485	5.9318	6.0079	6.0777	6.1423	6.2023	6.2584	6.3105	6.3601	6.4069
31	3.8807	4.4430	4.7856	5.0323	5.2252	5.3833	5.5172	5.6333	5.7357	5.8272	5.9098	5.9852	6.0545	6.1185	6.1781	6.2337	6.2859	6.3350	6.3814
32	3.8728	4.4323	4.7729	5.0180	5.2096	5.3667	5.4996	5.6149	5.7164	5.8072	5.8893	5.9641	6.0328	6.0964	6.1554	6.2106	6.2623	6.3111	6.3571
33	3.8654	4.4223	4.7610	5.0047	5.1950	5.3511	5.4831	5.5976	5.6984	5.7886	5.8701	5.9443	6.0125	6.0756	6.1342	6.1890	6.2403	6.2886	6.3343
34	3.8585	4.4129	4.7498	4.9921	5.1814	5.3364	5.4677	5.5814	5.6816	5.7711	5.8520	5.9258	5.9935	6.0561	6.1143	6.1687	6.2197	6.2676	6.3130
35	3.8520	4.4041	4.7393	4.9804	5.1685	5.3227	5.4532	5.5662	5.6657	5.7547	5.8351	5.9083	5.9756	6.0378	6.0956	6.1496	6.2002	6.2479	6.2929
36	3.8459	4.3958	4.7294	4.9693	5.1565	5.3098	5.4395	5.5518	5.6508	5.7392	5.8191	5.8919	5.9588	6.0206	6.0780	6.1317	6.1820	6.2293	6.2740
37	3.8402	4.3880	4.7201	4.9588	5.1451	5.2976	5.4266	5.5383	5.6367	5.7247	5.8041	5.8764	5.9429	6.0043	6.0614	6.1147	6.1647	6.2117	6.2562
38	3.8347	4.3806	4.7113	4.9490	5.1343	5.2861	5.4144	5.5255	5.6234	5.7109	5.7898	5.8618	5.9279	5.9890	6.0457	6.0987	6.1484	6.1952	6.2393
39	3.8296	4.3737	4.7030	4.9396	5.1241	5.2752	5.4029	5.5135	5.6109	5.6978	5.7764	5.8480	5.9137	5.9744	6.0309	6.0836	6.1330	6.1795	6.2234
40	3.8247	4.3671	4.6951	4.9308	5.1145	5.2649	5.3920	5.5020	5.5989	5.6855	5.7636	5.8348	5.9002	5.9606	6.0168	6.0692	6.1183	6.1646	6.2083
41	3.8201	4.3608	4.6877	4.9224	5.1053	5.2551	5.3816	5.4911	5.5876	5.6738	5.7515	5.8224	5.8875	5.9476	6.0034	6.0556	6.1045	6.1505	6.1939
42	3.8156	4.3549	4.6805	4.9144	5.0966	5.2457	5.3718	5.4808	5.5769	5.6626	5.7400	5.8106	5.8753	5.9351	5.9907	6.0426	6.0913	6.1371	6.1803
43	3.8115	4.3493	4.6738	4.9068	5.0884	5.2369	5.3624	5.4710	5.5666	5.6520	5.7291	5.7993	5.8638	5.9233	5.9787	6.0303	6.0787	6.1243	6.1673
44	3.8075	4.3439	4.6673	4.8996	5.0805	5.2285	5.3535	5.4617	5.5569	5.6419	5.7187	5.7886	5.8528	5.9121	5.9671	6.0186	6.0668	6.1121	6.1550

## اختبار Scheffe's Test : Scheffe

ويشبه هذا الاختبار كلاً من الاختبارين السابقين في اعتماده على قيمة احصائية واحد لمقارنة الفروق بين ازواج متوسطات المعاملات . ويعتمد هذا الاختبار على العلاقة بين قيمة  $F$  وقيمة  $t$  حيث أن قيمة  $t$  في حالة معاملتين تساوي  $\sqrt{F}$  وعلى ذلك فيمكننا التعبير عن معادلة L.S.D السابقة كما يلي :

$$\begin{aligned} \text{L.S.D}_{(0.05)} &= \sqrt{2} (t_{(0.05)}) S_{\bar{y}_i} \\ &= \sqrt{2} (\sqrt{F_{(0.05)}}) S_{\bar{y}_i} \end{aligned}$$

ولقد قام Scheffe باستخدام هذه العلاقة وطبقها بالنسبة لأي عدد من المعاملات حيث حسب قيمته الأحصائية التي يستخدمها لمقارنة الفروق بين المتوسطات كما يلي

$$\text{Scheffe's Value} = (\sqrt{2}) \left[ \sqrt{(t-1)(F_{(0.05)})} \right] S_{\bar{y}_i}$$

حيث أن  $t =$  عدد المعاملات .



وعلى ذلك فإن خطوات اجراء هذا الاختبار تتلخص فيما يلي :

١ - تقدر قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة

$$S_{\bar{y}_i} = \sqrt{\frac{MSe}{r}}$$

- ٢ - تستخرج قيمة F من جدول توزيع F عند مستوى المعنوية المطلوب ( 0.05 مثلاً ) وبمعرفة درجات حرية المعاملات ودرجات حرية الخطأ ( جدول F في الملاحق
- ٣ - تضرب قيمة F في درجات حرية المعاملات لنحصل على قيمة (  $F_{(0.05)}$  ) (  $t - 1$  )

٤ - تحسب قيمة Scheffe بتطبيق المعادلة :

$$\text{Scheffe's Value}_{(0.05)} = (\sqrt{2}) \left[ \sqrt{(t-1)(F_{(0.05)})} \right] S_{\bar{y}_i}$$

٥ - تقارن الفروق بين متوسطات ازواج المعاملات بالقيمة التي حصلنا عليها لبيان معنوية الفروق من عدمه .

ففي مثالنا السابق ، نستطيع أن نحسب قيمة Scheffe كما يلي :

$$S_{yL} = \sqrt{\frac{2.88}{5}} = 0.759 \quad : \text{ قيمة الخطأ القياسي لأي معاملة هي}$$

قيمة F عند مستوى معنوية 0.05 ودرجات حرية 4 للمعاملات و 20 للخطأ هي :

$$F_{(0.05)4,20} = 2.87$$

وعلى ذلك فإن قيمة Scheffe هي :

$$\text{Scheffe's Value}_{(0.05)^+} = (1.44) \left[ \sqrt{(5-1)(2.87)} \right] (0.759) = 3.637$$

وتستخدم هذه القيمة لمقارنة الفروق بين متوسطي أي معاملتين فإذا كان الفرق مساوياً لهذه القيمة أو أعلى منها دل على اختلاف المعاملتين معنوياً أما إذا كان الفرق بين المتوسطين أقل من هذه القيمة فإن الاختلاف يكون غير معنوي . ويعتبر هذا الاختبار أكثر تحفظاً من الاختبارين السابقين

تمرين: أجريت تجربة لدراسة تأثير خمسة أنواع من العلائق على نمو الأفراس وسجلت بيانات معدل الزيادة الوزنية كما في أدناه .

**المطلوب** إجراء تحليل التباين وفق التصميم العشوائي الكامل وإجراء الاختبارات لتحديد معنوية الفروق بين المتوسطات ؟

$t_i$	$Y_{ij}$				$Y_i$	$\bar{Y}_i$
$t_1$	46	40	42	40		
$t_2$	51	48	47	42		
$t_3$	36	42	44	46		
$t_4$	42	42	45	43		
$t_5$	35	36	37	36		

$$Y_{..} =$$

س : أجريت تجربة على عجول الرستاكي العراقية في كلية الزراعة - جامعة الموصل باستخدام أربعة علائق مختلفة وتم الحصول على الأوزان الآتية ( كغم ) . **المطلوب** : إجراء التحليل الإحصائي للبيانات وتلخيص النتائج في جدول تحليل التباين وتحديد معنوية الفروق بين المتوسطات ؟

العلائق $t_i$	المشاهدات $Y_{ij}$						$Y_{i.}$	$\bar{Y}_{i.}$
t1	48.2	52.8	49.0	51.2	49.8	50.0		
t2	56.3	49.7	50.4	55.6	52.0	54.2		
t3	54.2	63.8	57.5	61.7	50.4	58.8		
t4	62.4	70.8	64.7	74.2	71.3	65.0		

جامعة ديالى  
كلية الزراعة  
قسم الانتاج الحيواني

تصميم وتحليل التجارب الزراعية

تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

**Randomized Complete Blocks Design**

أ.د. خالد حامد حسن

# تعريفه

- تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ، وهو التصميم الذي يتم فيه :
- 1- تجميع الوحدات التجريبية في مجاميع أو تقسم إلى قطاعات بحيث تكون الوحدات التجريبية الموجودة داخل أي مجموعة أو أي قطاع متجانسة نسبيا .
- 2- يكون عدد الوحدات التجريبية داخل كل قطاع مساويا لعدد المعاملات المطلوب دراستها في التجربة ، أي إن كل قطاع لابد أن يحتوي على جميع المعاملات ، وهذا هو معنى القطاعات الكاملة في اسم التصميم .
- 3- توزع المعاملات على الوحدات التجريبية داخل كل قطاع توزيعا عشوائيا ومستقلا عن بقية القطاعات .
- ويستخدم هذا التصميم في حالة تجانس الوحدات التجريبية بشرط أن يكون الاختلاف بينها في اتجاه واحد ويمكن على أساسه تقسيم الوحدات التجريبية إلى قطاعات تضم وحدات متجانسة بعدد المعاملات .

# كيفية عمل القطاعات

- عادة يتم ترتيب الحيوانات في التجارب الزراعية في القطاعات قبل إعطائها المعاملات التجريبية، إن مصطلح القطاعات جاء من تجارب المحاصيل الحقلية ، ففي التجارب الحقلية يجري ترتيب القطاعات كما في أدناه :
- وفيه توزع المعاملات بصورة عشوائية في المواقع ضمن كل قطاع بشكل مستقل عن القطاع الآخر ويطلق عليه القطاعات الكاملة لان كل قطاع يحتوي على جميع المعاملات .
- إن الفائدة من عمل القطاعات سواء في التجارب الحقلية أو في تجارب الإنتاج الحيواني هو لزيادة الدقة عن طريق تقليل تباين الخطأ ، ويجب عمل القطاعات بشكل عمودي على اتجاه الاختلاف في الوحدات التجريبية ، وفي هذه الحالة نتوقع إن الاختلاف في الخصوبة مثلا بين المواقع داخل القطاع الواحد تكون اقل من الاختلاف في الخصوبة بين القطاعات المختلفة .

القطاعات

1

2

3

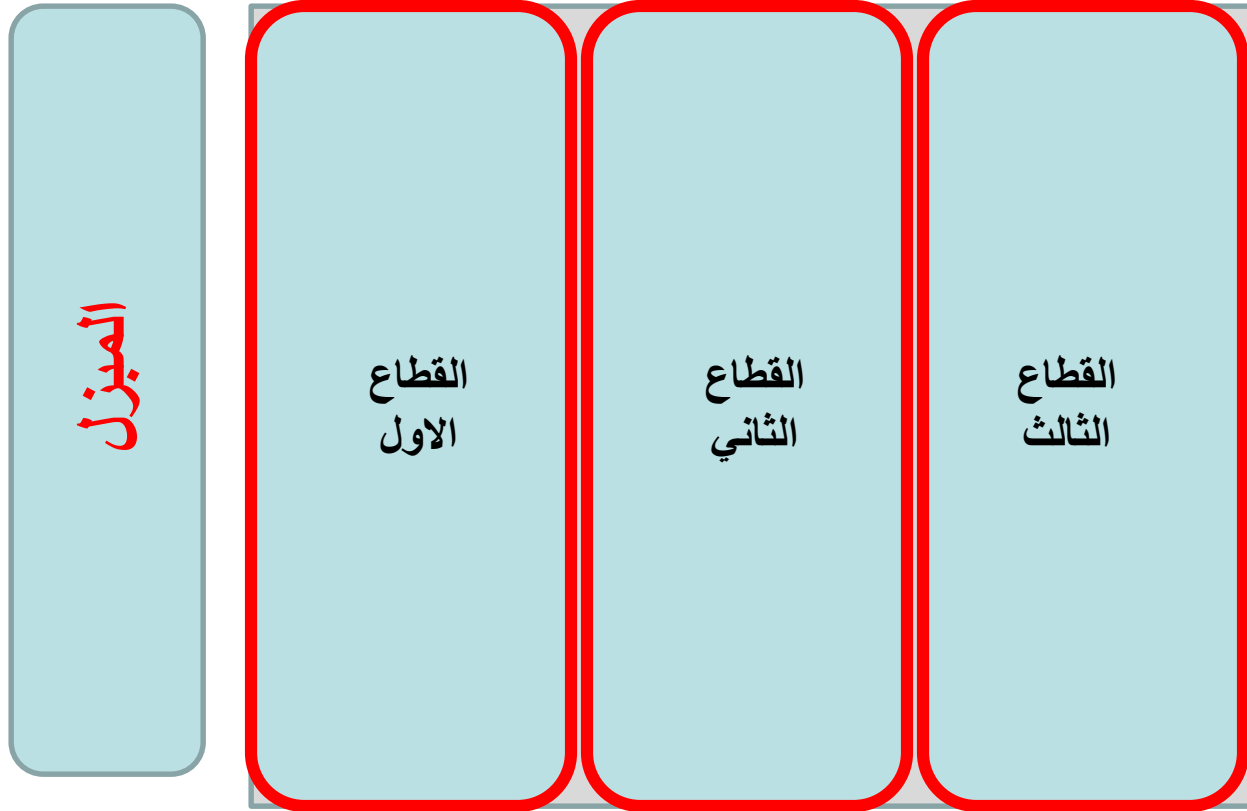
4

5

6

c	a	b	d	c	a	b	d	c	b	d	a	b	a	c	d	d	a	b	c	a	d	b	c
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

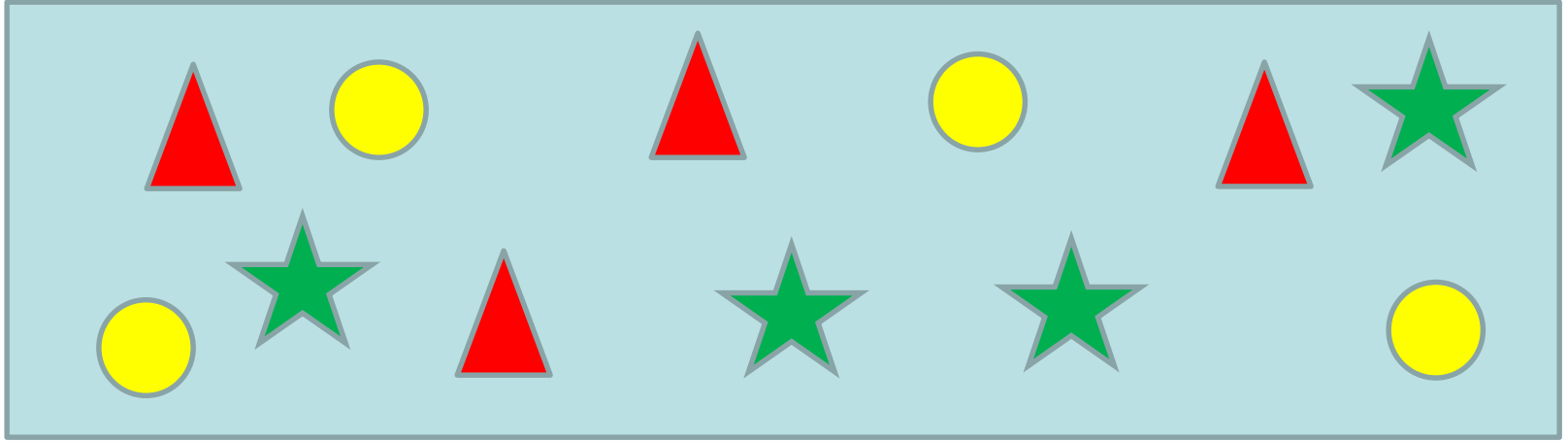
بالنظر لعدم تجانس الوحدة التجريبية (الارض) في عمق الماء الارضي ، نقوم بتقسيم الارض الى قطاعات تكون عمودية على اتجاه الاختلاف ، تضمن تجانس داخل القطاع واختلاف بين قطاع واخر .



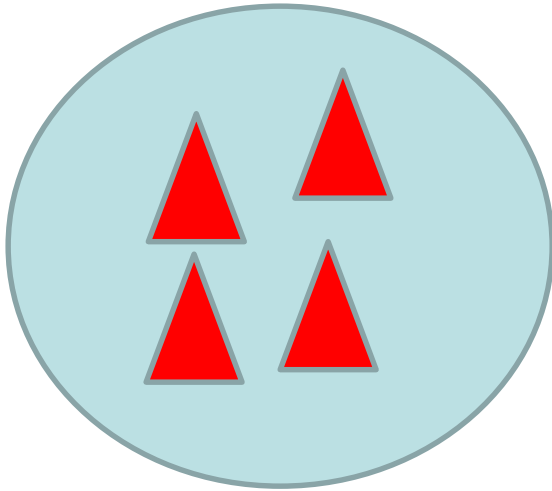
قطعة ارض  
مجاورة الى المبزل  
، تكون غير  
متجانسة في عمق  
الماء الارضي

اتجاه ارتفاع الماء الارضي في التربة

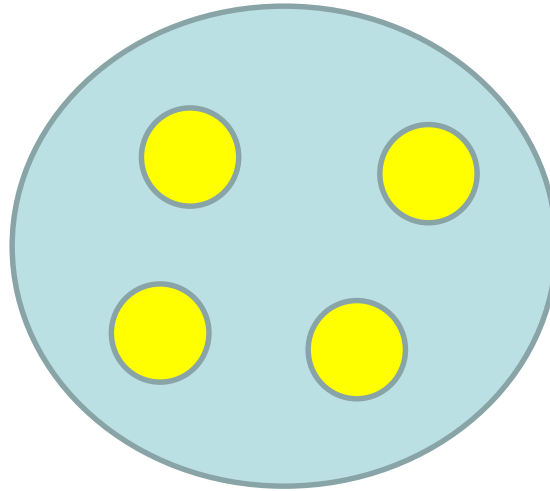




تجميع الافراد المتشابهة في عامل معين في مجاميع (قطاعات)



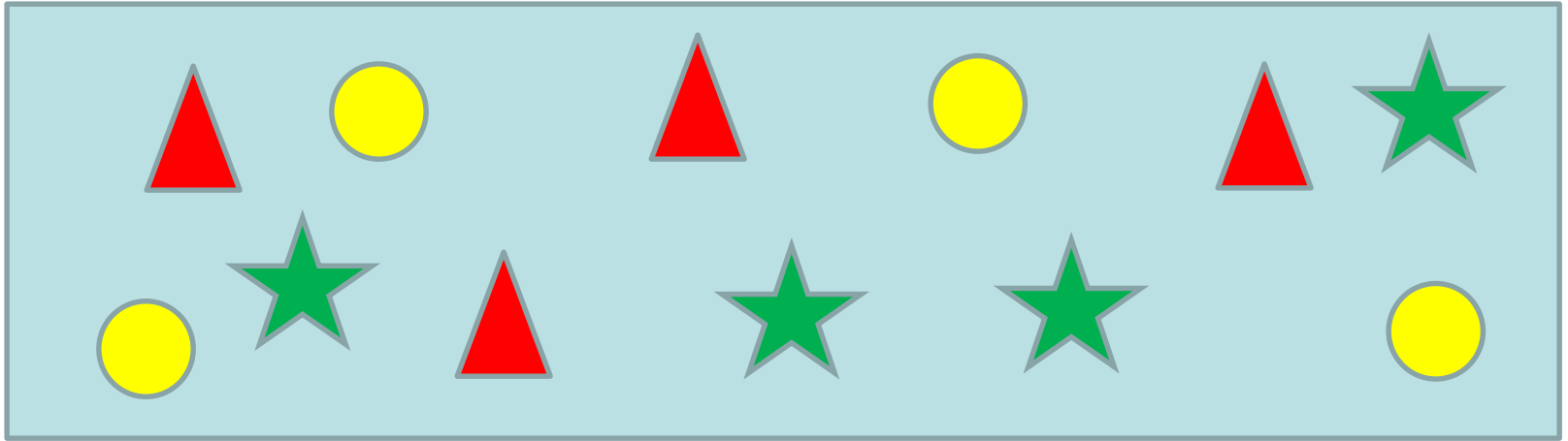
العواسي



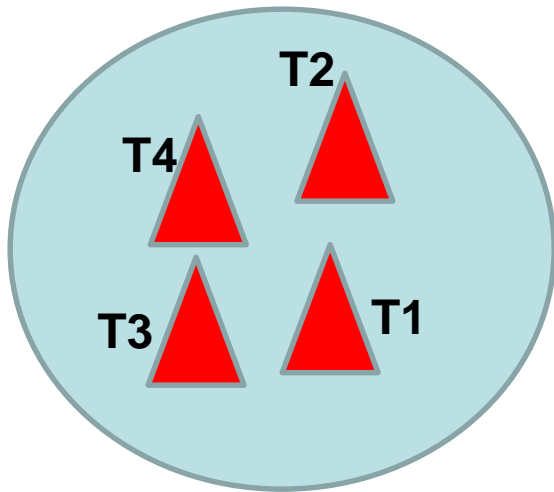
الكرادي



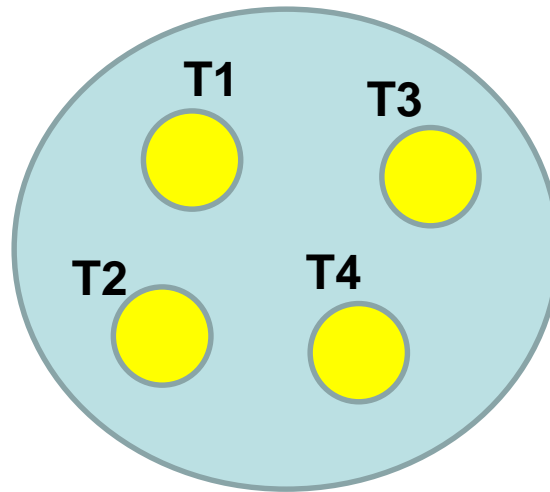
العراقي



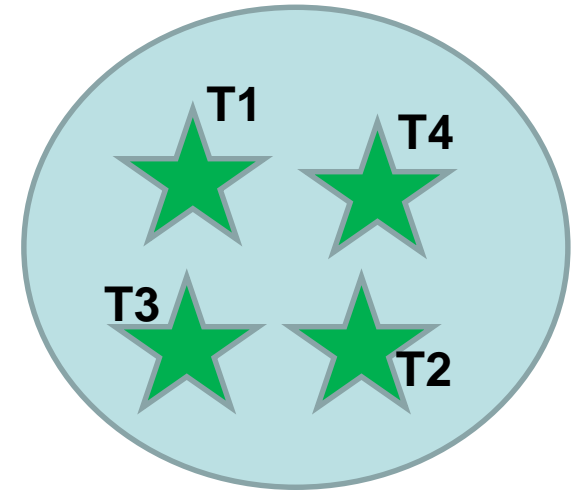
تجميع الافراد المتشابهة في عامل معين في مجاميع (قطاعات)



العواسي



الكرادي



العراقي

# المقارنة مع CRD في مصادر الاختلافات و درجات الحرية

Randomized Complete block Design		Completely Randomized Design	
S.O.V.	d.f.	S.O.V.	d.f.
Blocks	5		
Treatments	3	Treatments	3
Error	15	Error	20
Total	23	Total	23

- وهناك خسارة يجب علينا تقديمها عند إتباع تصميم القطاعات تتمثل بفقدان بعض درجات الحرية (d.f.) الخاصة بالخطأ التجريبي ، كما هو موضح أدناه مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل .
- حيث نجد من أعلاه إننا فقدنا 5 درجات حرية من الخطأ العشوائي عند اختيار تصميم القطاعات وهذا يؤدي إلى انخفاض في دقة التجربة تأتي من انخفاض عدد درجات حرية الخطأ العشوائي التي نستخدمها لاستخراج قيم F و t الجدولية لاختبار متوسطات المعاملات .
- ويكون هذا الفقدان في الدقة كبيرا في التجارب الصغيرة مقارنة بالتجارب الكبيرة ، فإذا كان لدينا 24 حيوان استخدمت لأربعة معاملات فيكون درجات الحرية للخطأ هي 15 باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة و 20 باستخدام تصميم CRD فإذا كان عمل القطاعات غير مؤثر ( أي إن متوسط المربعات M.S. للقطاعات مساويا لمتوسط المربعات للخطأ ) عند ذلك نجد إن الفقدان في الدقة يعتمد على قيم t الجدولية فنلاحظ إن قيمة t الجدولية لدرجات حرية 15 و 20 بمستوى معنوية 0.05 هي 2.131 و 2.086 على التوالي ، أي إن استخدام القطاعات يعطي دقة (  $\frac{2.086}{2.131} = 0.979$  ) عما هو عليه باستخدام CRD ويكون فقدان الدقة حوالي 2.1 % .

- وفي حالة استخدامنا 6 حيوانات فقط وطبقت عليها معاملتين فيكون درجات الحرية للخطأ هي 2 في تصميم القطاعات و 4 باستخدام تصميم CRD وتكون قيم t الجدولية لدرجات حرية 2 و 4 عند مستوى معنوية 0.05
- هي 4.3 و 2.78 على التوالي . فيكون استخدام القطاعات يعطي دقة (  $\frac{2.78}{4.3} = 0.646$  ) عما هو عليه
- باستخدام تصميم CRD ويكون الفقدان في الدقة حوالي 35 % .
- لذلك من المهم أن يكون التباين الخاص بالقطاعات أكبر من التباين للخطأ ليكون عمل القطاعات مؤثرا ويكون الحاصل عن فقدان درجات الحرية وتقليل التباين للخطأ لصالح زيادة دقة التجربة .
- في تجارب الثروة الحيوانية يستخدم الحيوان كوحدة تجريبية ويطبق عليها المعاملة وفي بعض الحالات تستخدم مجموعة من الحيوانات كوحدة تجريبية واحدة توضع تحت نفس الظروف البيئية ، إن المعايير التي تستخدم لتوزيع الحيوانات إلى قطاعات على أساس الوزن الحي ، العمر ، التوائم ، إنتاج الحليب في المواسم السابقة ، إنتاج البيض السابق ، ويلاحظ إن هذه الأشياء يمكن قياسها في الحيوانات قبل تطبيق المعاملات التجريبية علما إن وضع الحيوانات في قطاعات على أساس قياسات تؤخذ بعد بداية التجربة يعتبر خاطئا ومضللا ، كما إن عمل القطاعات على أساس موقع الحيوانات في الحظيرة ليست بالفكرة الجيدة في تجارب الحيوانات .
- وهناك نقطة مهمة يجب الاهتمام بها وهي إن الصفة التي تقسم على أساسها إلى قطاعات يجب أن ترتبط مع الصفة المدروسة بمعامل ارتباط ، على سبيل المثال إذا كان اختيارنا توزيع القطاعات على أساس الوزن الحي للحيوانات فإننا نحتاج إلى تقدير الارتباط بين الوزن والصفات التي سيتم قياسها ودراستها بعد إعطاء المعاملة مثل معدل النمو ، كمية العلف المستهلك ، مواصفات الذبيحة . ومن المعروف إننا لا نستطيع تقدير هذه الأشياء بصورة مباشرة قبل إعطاء المعاملات ، لذلك يتم الاعتماد على المعاملات المتوفرة من الدراسات السابقة بالإضافة إلى المعلومات العامة المتوفرة عن أداء الحيوانات .

# توزيع الحيوانات على القطاعات والمعاملات

- لنفرض ان لدينا 20 من الاغنام sheep استخدمت في تجربة طبقت فيها أربعة معاملات وقررنا توزيع هذه الحيوانات على القطاعات على أساس الوزن الحي الذي تم قياسه قبل أيام من بدء التجربة ، الخطوة الاولى : هي اعادة ترتيب الحيوانات حسب الوزن تصاعديا وبعد ذلك نقوم بتقسيم القائمة الى خمسة قطاعات وكل قطاع الى أربعة أجزاء ( بنفس عدد المعاملات ) وبذلك تكون الحيوانات ضمن القطاع متجانسة قدر الامكان بينما تكون مجاميع الحيوانات مختلفة بين القطاعات .
- الخطوة الثانية : هي توزيع المعاملات على الحيوانات ضمن القطاع الواحد بصورة عشوائية .
- ونلاحظ هنا إن المعاملات تظهر بأعداد متساوية في التجربة أي إن تكراراتها متساوية فهي تظهر كل منها مرة واحدة في كل قطاع ، كما يلاحظ إن كل قطاع يحتوي على جميع المعاملات .

القطاعات

1

2

3

4

5

c	a	b	d	c	a	b	d	c	b	d	a	b	a	c	d	d	a	b	c
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

## • مميزات التصميم:

- 1-الدقة : وتأتي من فصل مجموع مربعات القطاعات عن مجموع مربعات الخطأ التجريبي مما يؤدي إلى خفض تباين الخطأ .
- 2-المرونة : لعدم وجود تحديد على عدد المعاملات أو عدد المكررات ( القطاعات ) في التجربة .
- 3- سهولة التحليل .
- 4- تقدير قيم المشاهدات المفقودة .

## • عيوب التصميم :

- في حالة الفشل في تجميع وحدات تجريبية ضمن القطاع نتيجة عدم معرفة اتجاه الاختلاف وتقسيم القطاعات في اتجاه موازي لاتجاه الاختلاف ، مما يزيد من قيمة الخطأ التجريبي ويقلل من كفاءة التصميم .

# تمثيل البيانات برموز جبرية

## Symbolical representation of the data

العاملات treatments $t_i$	Blocks			مجموع العاملات Treatment Totals $Y_{i.}$	متوسطات العاملات Treatment Means $\bar{y}_{i.}$
	R1	R2	$R_j$		
$t_1$	$y_{11}$	$y_{12}$	$\dots y_{1j} \dots y_{1r}$	$Y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
$t_2$	$y_{21}$	$y_{22}$	$\dots y_{2j} \dots y_{2r}$	$Y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
.	.	.	.	.	.
$t_i$	$y_{i1}$	$y_{i2}$	$\dots y_{ij} \dots y_{ir}$	$Y_{i.}$	$\bar{y}_{i.}$
.	.	.	.	.	.
$t_t$	$y_{t1}$	$y_{t2}$	$\dots y_{tj} \dots y_{tr}$	$Y_{t.}$	$\bar{y}_{t.}$
مجموع القطاع $Y_{.j}$	$Y_{.1}$	$Y_{.2}$	$Y_{.j}$	$Y_{..}$ المجموع العام	$\bar{y}_{..}$ المتوسط العام

$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array} \right.$$

حيث تمثل :

$Y_{i.}$  مجموع المعاملة

$Y_{.j}$  مجموع القطاع

$Y_{..}$  المجموع الكلي

# Linear Model

# النموذج الرياضي للتجربة

- إن قيمة أي مشاهدة في تجربة ما طبقت باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة يمكن تمثيلها بالمعادلة الرياضية الآتية :

$$Y_{ij} = \mu + t_i + P_j + e_{ij} \quad \bullet$$

- $Y_{ij}$  تمثل قيمة المشاهدة للوحدة التجريبية التي أخذت المعاملة  $i$  وموجودة في القطاع  $j$  .
- $\mu$  المتوسط العام للمجتمع ، وهي قيمة ثابتة يمكن تقديرها بقيمة المتوسط العام للتجربة .
- $t_i$  قيمة التأثير الحقيقي للمعاملة  $i$  الخاصة بهذه المشاهدة ، وتقدر بمقدار انحراف متوسط هذه المعاملة عن المتوسط العام للتجربة .
- $P_j$  قيمة التأثير الحقيقي للقطاع  $j$  وتقدر بمقدار انحراف متوسط المشاهدات في القطاع  $j$  عن المتوسط العام لجميع المشاهدات في التجربة .
- $e_{ij}$  قيمة التأثير الحقيقي للخطأ العشوائي للمشاهدة التي أخذت المعاملة  $i$  و الموجودة في القطاع  $j$  وهو يقيس مدى فشل الوحدات التجريبية في أن تعكس قيما متساوية إذا عوملت بنفس المعاملة ووضعت تحت ظروف قطاع واحد .



# ANOVA Table جدول تحليل التباين

مصادر الاختلاف S.o.v.	درجات الحرية d.f.	مجموع مربعات الانحرافات S.S.	متوسطات المربعات M.S.	F المحسوبة Cal. F	F الجدولية Tab. F
Blocks	$r-1$	$SSr = \frac{\sum Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	$MSr = \frac{SSr}{r-1}$		
Treatments	$t-1$	$SSt = \frac{\sum Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{tr}$	$MSt = \frac{SSt}{t-1}$	$F_t = \frac{MSt}{MSe}$	$F_{(t-1), (r-1)(t-1)}$
Error	$(r-1)(t-1)$	$SSe = SST - SSr - SSt$	$MSe = \frac{SSe}{(r-1)(t-1)}$		
Total	$tr-1$	$SST = \sum Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{tr}$			

## مثال :

- أجريت تجربة لدراسة تأثير ثلاثة أنواع من العلائق على الزيادة الوزنية للأفراخ واستخدمت في التجربة اربعة سلالات من الدجاج و تم التعامل مع السلالة كقطاع ووزعت المعاملات عشوائيا على الاكنان داخل كل قطاع فحصلنا على النتائج الآتية ، المطلوب / تحليل التباين وفق تصميم القطاعات الكاملة وكتابة جدول تحليل التباين ؟

T2	26	T3	24	T1	26	القطاع الأول
T3	21	T1	24	T2	19	القطاع الثاني
T1	14	T3	8	T2	13	القطاع الثالث
T3	21	T2	22	T1	25	القطاع الرابع

# الحل :

- لكي يمكن تحليل هذه البيانات إحصائياً يجب إعادة ترتيب هذه البيانات في جدول يساعد على إتمام عمليات التحليل

المعاملات Treatments( $t_i$ )	Block ( $r_j$ )				مجاميع المعاملات $Y_i.$	متوسطات المعاملات
	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$		$\bar{Y}_i.$
$t_1$	26	24	14	25	89	22.25
$t_2$	26	19	13	22	80	20.00
$t_3$	24	21	8	21	74	18.50
مجاميع القطاعات $Y_{.j}$	76	64	35	68	$Y_{..} = 243$	

$$C.F. = \frac{(Y..)^2}{tr} = \frac{(243)^2}{12} = 4920.75$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات الكلية :

$$SST = \sum Y^2_{ij} - C.F.$$

$$SST = (26)^2 + (24)^2 + \dots + (21)^2 - C.F.$$

$$SST = 5285 - 4920.75 = 364.25$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات للقطاعات :

$$SSr = \frac{\sum Y^2 \cdot j}{t} - C.F.$$

$$SSr = \frac{(76)^2 + (64)^2 + (35)^2 + (68)^2}{3} - C.F.$$

$$SSr = \frac{15721}{3} - 4920.75 = 319.583$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات للمعاملات :

$$SS_t = \frac{\sum Y^2 i.}{r} - C.F.$$

$$SS_t = \frac{(89)^2 + (80)^2 + (74)^2}{4} - 4920.75$$

$$SS_t = \frac{19797}{4} - 4920.75 = 28.5$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات للخطأ التجريبي :

$$SS_e = SST - SSR - SS_t$$

$$SS_e = 364.25 - 319.58 - 28.5$$

$$SS_e = 16.17$$

- بعد ذلك نلخص نتائج التحليل الإحصائي في جدول تحليل التباين ونكمل الجدول لإجراء اختبار  $F$  لتحديد تأثير المعاملات :

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F	Tab. F
Blocks	3	319.583	106.527	5.287	<u>0.05</u>
Treatments	2	28.50	14.25		5.14
Exper. Error	6	16.17	2.695		
Total	11	364.25			

وبما ان قيمة  $F$  المحسوبة ( 5.28 ) اكبر من قيمة  $F$  الجدولية ( 5.14 ) فإننا نقرر ان تأثير المعاملات ذو تأثير معنوي عند مستوى معنوية 0.05 على صفة الزيادة الوزنية .

# الاختبارات بعد التحليل الاحصائي لتحديد معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات

- ولتحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات نحدد باختبار LSD المعدل عند مستوى معنوية 0.05

$$\text{L.S.D.}_{(0.05)} = 1.414 (t) (S_{\bar{y}_i})$$

$$S_{\bar{y}_i} = 0.821$$

- نجد قيمة من الجداول الإحصائية وفق قيم  $F$  ، ودرجات حرية المعاملات ودرجات حرية الخطأ وهي بقيمة (2.24) (( من الجدول قيمة  $F = 6$  وهي الأقرب و d.f. للمعاملات هي ( 2 ) وللخطأ (( ( 16 ) .

$$\text{L.S.D.}_{(0.05)} = 1.414 (2.24) (0.821) \\ = 2.60$$

بعد استخراج قيمة اقل فرق معنوي ، نرتب المتوسطات تنازليا :

T1	T2	T3
22.25	20.0	18.5
_____		_____
a	ab	b

T1	22.25	a
T2	20.0	ab
T3	18.5	b

وبذلك نؤشر على المتوسطات في الجدول كما يلي :

المتوسطات التي تحمل حروفا مختلفة تختلف عن بعضها معنويا .



# تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

الكفاءة النسبية لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل

تقدير القيمة المفقودة

استخدام تصميم RCBD مع تسجيل اكثر من مشاهدة للوحدة التجريبية

# الكفاءة النسبية لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة مقارنة بتصميم العشوائي الكامل

## Relative Efficiency of R.C.B.D. Compared with C.R.D.

قد يرغب الباحث في تقدير الكفاءة التي حصل عليها من استخدامه تصميم القطاعات العشوائية الكاملة مقارنة بما كان من الممكن حدوثه فيما لو كانت المعاملات قد وزعت توزيعا عشوائيا كاملا على جميع الوحدات التجريبية .

ويمكن توضيح الكفاءة النسبية R.E. لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة مقارنة بتصميم العشوائي الكامل ( معبر عنها كنسبة مئوية ) وكما يلي :

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

توفر لدينا جدول تحليل التباين الآتي : المطلوب حساب الكفاءة النسبية لاستخدام تصميم القطاعات الكاملة مقارنة مع تصميم العشوائي الكامل .

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	F	Tab. F
Blocks	3	319.583	106.527	5.287	<u>0.05</u>
Treatments	2	28.50	14.25		5.14
Exper. Error	6	16.17	2.695		
Total	11	364.25			

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

$$R.E. \% = \frac{(4 - 1)(106.52) + 4(3 - 1)(2.69)}{(4 \times 3 - 1)(2.69)} \times 100$$

$$= \frac{341.141}{29.645} \times 100 = 1150.7 \%$$

وهذا يعني إن 1150.7 تكرارا باستخدام CRD يعطي نفس المعلومات والدقة المأخوذة من 100 قطاع أو مكرر باستخدام RCBD .

# البيانات المفقودة وكيفية تقديرها Missing values

- من الممكن إن نفقد بيانات واحدة أو أكثر من المشاهدات من جدول بيانات تجارب وتصميم القطاعات العشوائية الكاملة نتيجة موت الحيوان أو النبات أو نتيجة حدوث خطأ في تسجيل البيانات ، مما يجعلنا الوضع أمام قيم مفقودة Missing Values .
- وفي حالة أن يكون فقدان الوحدة التجريبية ليس بسبب تأثير معاملة التجربة أي يكون الفقدان مستقل عن تأثير المعاملات ، فيمكننا حساب قيمة تقديرية للمشاهدة المفقودة .
- ولكي نحسب قيمة المشاهدة المفقودة الخاصة بالوحدة التجريبية التي أخذت المعاملة  $i$  وموجودة في القطاع  $j$  نطبق المعادلة الآتية :

$$\hat{Y}_{ij} = \frac{t y_{i.} + r y_{.j} - y_{..}}{(t - 1)(r - 1)}$$

: القيمة المقدرة للمشاهدة المفقودة

: عدد المعاملات في التجربة  $t$

: عدد القطاعات المستخدمة  $r$

: مجموع المشاهدات المتبقية التي أخذت نفس المعاملة للمشاهدة المراد تقديرها  $y_{i.}$

: مجموع المشاهدات المتبقية داخل القطاع الذي فقدت منه المشاهدة المراد تقديرها  $y_{.j}$

: المجموع الكلي للملاحظات الموجودة  $y_{..}$

$\hat{Y}_{ij}$

- وبعد حساب القيمة التقديرية للمشاهدة المفقودة ندخل هذه القيمة في مكانها المحدد ضمن جدول البيانات ، ثم نجري التحليل الإحصائي كالمعتاد مع إنقاص درجة حرية واحدة من كل من درجات الحرية الكلية ، ودرجات حرية الخطأ عن كل مشاهدة مفقودة تم تقديرها ، لأن القيمة المقدرة لا تعتبر حرة .

- وفي حالة فقدان مشاهدين من التجربة فأنا نقوم بتعويض الأولى بقيمة متوسط المعاملة الخاصة بها ثم نقوم بحساب قيمة المشاهدة المفقودة الثانية حسب الطريقة السابقة وبعد ذلك تقدير القيمة الأولى باعتبار إن المشاهدة الثانية معلومة وحسب المعادلة السابقة ثم نعيد تقدير المشاهدة الثانية باستخدام القيمة الأخيرة المقدرة للمشاهدة الأولى.

**مثال :** في تجربة لتغذية الحيوانات استخدمت ثلاث علائق وطبقت التجربة وفق تصميم RCBD بأربع مكررات ، وتم تسجيل البيانات أدناه لإجراء التحليل الإحصائي ، وقد لوحظ فقدان المشاهدة Y13 .  
المطلوب / تقدير قيمة المشاهدة المفقودة لإجراء التحليل .

المعاملات $t_i$	r1	r2	r3	r4	القطاعات	$Y_i$
t1	8.9	8.6	.....	8.6		26.1
t2	8.7	8.8	9.0	8.7		35.2
t3	8.5	8.4	8.6	8.5		34.0
$Y_{.j}$	26.1	25.8	17.6	25.8		95.3

$$\hat{Y}_{ij} = \frac{t y_{i.} + r y_{.j} - y_{..}}{(t - 1)(r - 1)}$$

نستخدم المعادلة الآتية لتقدير القيمة المفقودة :

$$\hat{Y}_{13} = \frac{3(26.1) + 4(17.6) - 95.3}{(2)(3)} = 8.9$$

في مكانها في الجدول أعلاه ثم تجري التعديلات على المجاميع ( مجموع المعاملة ، مجموع 8.9 ندخل هذه القيمة القطاع ، المجموع العام ) ونطرح واحد من درجات حرية الخطأ والمجموع الكلي قبل إجراء التحليل الإحصائي .

# تمرين عملي

- س: أجريت تجربة لدراسة تأثير نسبة البروتين في عليقة فروج اللحم على الزيادة الوزنية واستخدمت لذلك أربع مستويات ( معاملات ) ( 0 , 10 , 20 , 30 ) واستخدم تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بأربعة قطاعات ، وكانت البيانات كما يأتي:

ti المعاملات	r1	r2	r3	r4 القطاعات	Yi.	$\bar{Y}_i$
T1	62	47	52	51	212	53
T2	67	50	54	57	228	57
T3	68	57	53	57	236	59
T4	74	54	65	59	252	63
Y.j	272	208	224	224	Y.. = 928	

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{tr} = \frac{(928)^2}{16} = 53824$$

$$\begin{aligned}
SST &= \sum y_{ij}^2 - C \\
&= 62^2 + 47^2 + \dots + 59^2 - C \\
&= 54678 - 53824 = 854
\end{aligned}$$



$$SSr = \frac{\sum y_{.j}^2}{t} \quad \text{--C}$$

ti المعاملات	r1	r2	r3	r4 الفطاعات	Yi.	$\bar{Y}_i$
T1	62	47	52	51	212	53
T2	67	50	54	57	228	57
T3	68	57	53	57	236	59
T4	74	54	65	59	252	63
Y.j	272	208	224	224	Y.. = 928	

$$= \frac{(272)^2 + (208)^2 + (224)^2 + (224)^2}{4} \quad \text{--C}$$

$$= 54400 - 53824 = 576$$

$$SSt = \frac{\sum y_{i.}^2}{r} \quad \text{-- C} = \frac{(212)^2 + \dots + (252)^2}{4} \quad \text{-- } 53824$$

$$= \frac{216128}{4} \quad \text{-- } 53824 = 208$$

$$SSe = SST \quad \text{-- } SSr \quad \text{-- } SSt$$

$$= 854 \quad \text{-- } 576 \quad \text{-- } 208 = 70$$

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F	Tab. F
Blocks	3	576	192.0		<u>0.05</u> 0.01
Treatments	3	208	69.33	8.91	3.86    6.99
Exper. error	9	70	7.77		
Total	15	854			

بما أن قيمة F المحسوبة ( 8.91 ) أكبر من قيمة F الجدولية عند مستوى معنوية 0.01 وهي ( 6.99 ) أي إن تأثير المعاملات عالي المعنوية .

ولتحديد معنوية الفروق بين المتوسطات . نطبق اختبار LSD :

$$\begin{aligned}
 LSD_{(0.05)} &= 1.414 (t_{0.05, 9}) \left( \sqrt{\frac{MSe}{r}} \right) \\
 &= (1.414) (2.086) \left( \sqrt{\frac{7.77}{4}} \right) \\
 &= (1.414) (2.262) = 1.394 \\
 &= 4.46
 \end{aligned}$$

المعاملة T4 تختلف معنويا عن T2 , T1 ولا تختلف معنويا عن T3 .  
 المعاملة T3 تختلف معنويا عن T1 ولا تختلف معنويا عن T2 .  
 المعاملة T2 لا تختلف معنويا عن T1 .

T4	T3	T2	T1
63	59	57	53
_____		_____	

نرتب المتوسطات تنازليا

**س2:** أجريت تجربة لمقارنة أربعة علائق لتغذية الأغنام ( A , B , C , D ) واستخدمت ثمانية أغنام لكل معاملة ( عليه ) وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة ، باعتبار إن القطاعات تعتمد على أساس الوزن الحي للأغنام عند بداية التجربة .  
المطلوب / إجراء التحليل الإحصائي للبيانات أدناه وفق تصميم RCBD وكتابة جدول تحليل التباين ؟

Dressed carcass weight (kg).

Block no.	Basal diet	Basal + acetate	Basal + propionate	Basal + butyrate	Block totals
I	16.3	18.9	19.4	18.0	72.6
II	16.4	18.2	17.6	17.5	69.7
III	16.7	18.9	17.6	18.6	71.8
IV	17.7	19.5	19.8	19.1	76.1
V	18.0	17.4	19.3	18.4	73.1
VI	19.1	18.0	16.5	17.6	71.2
VII	19.1	21.0	18.9	21.3	80.3
VIII	18.0	21.3	19.9	21.1	80.3
Treatment totals	141.3	153.2	149.0	151.6	595.1

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{tr} = \frac{(595.1)^2}{32} = 11067.0003$$

$$SSr = \frac{\sum y_{.j}^2}{t} - C$$

$$= \frac{(141.3)^2 + (153.2)^2 + (149.1)^2 + (151.6)^2}{4} - C$$

$$= \frac{44384.53}{4} - 11067.0003 = 29.1322$$

$$SSt = \frac{\sum y_{i.}^2}{r} - C$$

$$= \frac{88619.49}{8} - 11067.0003 = 10.4359$$

$$SST = \sum y_{ij}^2 - C$$

$$= 11125.93 - 11067.0003 = 58.9297$$

Dressed carcass weight (kg).

Block no.	Basal diet	Basal + acetate	Basal + propionate	Basal + butyrate	Block totals
I	16.3	18.9	19.4	18.0	72.6
II	16.4	18.2	17.6	17.5	69.7
III	16.7	18.9	17.6	18.6	71.8
IV	17.7	19.5	19.8	19.1	76.1
V	18.0	17.4	19.3	18.4	73.1
VI	19.1	18.0	16.5	17.6	71.2
VII	19.1	21.0	18.9	21.3	80.3
VIII	18.0	21.3	19.9	21.1	80.3
Treatment totals	141.3	153.2	149.0	151.6	595.1

$$SSE = SST - SSR - SST$$

$$= 58.9297 - 29.1322 - 10.4359 = 19.3616$$

The completed ANOVA.

Source	d.f.	s.s.	m.s.	F-ratio
Blocks	7	29.1322	4.1617	4.51**
Treatments	3	10.4359	3.4786	3.77*
Error	21	19.3616	0.92198	
Total	31	58.9297		

\* =  $P < 0.05$ .

\*\* =  $P < 0.01$ .

الجدولية	قيمة F
0.05	0.01
3.07	4.87

المحسوبة للمعاملات ( 3.77 ) اكبر من **F الاستنتاج** : بما إن قيمة الجدولية عند مستوى معنوية 0.05 لذلك نستنتج إن المعاملات لها تأثير معنوي على الصفة المدروسة .

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{tr} = \frac{(595.1)^2}{32} = 11067.0003$$

$$SSR = \frac{\sum y_{.j}^2}{r} - C$$

$$= \frac{(141.3)^2 + (153.2)^2 + (149.1)^2 + (151.6)^2}{4} - C$$

$$= \frac{44384.53}{4} - 11067.0003 = 29.1322$$

$$SSt = \frac{\sum y_{i.}^2}{r} - C$$

$$= \frac{88619.49}{8} - 11067.0003 = 10.4359$$

$$SST = \sum y_{ij}^2 - C$$

$$= 11125.93 - 11067.0003 = 58.9297$$

جامعة ديالى  
كلية الزراعة  
قسم الانتاج الحيواني

تصميم وتحليل التجارب الزراعية

تصميم المربع اللاتيني

**Latin Square Design**

أ.د. خالد حامد حسن

# تعريفه

- تعريفه : تصميم المربع اللاتيني L.S.D. هو ذلك التصميم الذي يتم فيه تجميع الوحدات التجريبية غير المتجانسة إلى مجموعات تضم كل منها وحدات تجريبية متجانسة بعدد المعاملات الداخلة في التجربة على أن يتم هذا التجميع في اتجاهين ، يسمى أحدهما صفوفًا Rows ويسمى الآخر الأعمدة Columns بحيث إن كل معاملة لا تظهر إلا مرة واحدة فقط في كل صف وكل عمود ، وعليه فإن كل من عدد الأعمدة وعدد الصفوف يكون مساويا لعدد المعاملات .
- ويكون عدد الوحدات التجريبية اللازمة لتطبيق التجربة مساويا لمربع عدد المعاملات المطلوب دراستها في التجربة .

# مثال للتوضيح

- نفرض إننا نريد دراسة تأثير خمس معاملات تسميد في إحدى التجارب وعند تخطيط التجربة لوحظ إن الحقل المخصص لإجراء التجربة أظهر اختلافا في خصوبة التربة يتجه من الشمال إلى الجنوب ، واختلاف آخر يتجه من الشرق إلى الغرب .
- ولكي نفصل التأثيرات الناتجة عن وجود خطأ منتظم في هذين الاتجاهين عن الخطأ التجريبي لزيادة دقة وكفاءة التجربة ، نعمل قطاعات عمودية على كل من الاتجاهين السابقين بحيث يحتوي كل منهما على خمس قطع تجريبية ( بعدد المعاملات ) وبذلك نحصل على مربع مكون من خمس وعشرين قطعة تجريبية .
- ثم نقوم بتوزيع المعاملات داخل القطاعات التي تسمى في أحد الاتجاهات صفوف وفي الاتجاه الآخر ( العمودي على الأول ) تسمى أعمدة مع ملاحظة الشرط الأساسي وهو عدم ظهور أي معاملة إلا مرة واحدة فقط في أي صف أو عمود .

زيادة ملوحة التربة →

↓ خصوبة التربة

A	B	C	D	E
B	A	D	E	C
C	D	E	B	A
D	E	A	C	B
E	C	B	A	D



- **مميزات التصميم :** من الممكن تحديد مميزات تصميم المربع اللاتيني بما يلي :
- 1- إمكانية التحكم في الاختلافات الموجودة أصلاً بين الوحدات التجريبية بدرجة أكبر من تصميم CRD وتصميم RCBD وبالتالي يكون تباين الخطأ أصغر مما يؤدي إلى زيادة الدقة .
- 2- بساطة التحليل الإحصائي .
- 3- إمكانية تقدير القيم المفقودة .

### **عيوب التصميم :**

- يتوجب أن يكون عدد المعاملات بعدد الصفوف وعدد الأعمدة وهذا يعتبر قيداً على حرية الباحث عند تخطيط التجربة .
- عند إجراء تجارب تحتوي عدد قليل من المعاملات فإن درجات حرية الخطأ تكون قليلة وبالتالي ترتفع قيمة تباين الخطأ .

# تمثيل البيانات برموز جبرية :

- تستخدم في هذه الحالة ثلاثة رموز لتمييز كل مشاهدة حيث تشير  $Y_{ijk}$  إلى قيمة المشاهدة الخاصة بالوحدة التجريبية التي أخذت المعاملة  $k$  الموجودة في الصف  $i$  والعمود  $j$ .

الصفوف Rows	العمود Columns				$Y_i.$	مجموع المعاملات $Y_{(k)}$
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$		
$Y_1$	$Y_{11(4)}$	$Y_{12(2)}$	$Y_{13(1)}$	$Y_{14(3)}$	$Y_1.$	$Y_{(1)}$
$Y_2$					$Y_2.$	$Y_{(2)}$
$Y_3$					$Y_3.$	$Y_{(3)}$
$Y_4$					$Y_4.$	$Y_{(4)}$
$Y_{.j}$	$Y_{.j}$	$Y_{.2}$	$Y_{.3}$	$Y_{.4}$	$Y_{..}$	

## • النموذج الرياضي Linear Model

$$Y_{ij}(k) = \mu + P_i + y_j + t_k + e_{ij}(k) \quad \bullet$$

•  $Y_{ij}(k)$  : قيمة المشاهدة الخاصة بالوحدة التجريبية التي أخذت المعاملة  $k$  في الصف  $i$  والعمود  $j$

•  $\mu$  : المتوسط العام للمجتمع .

•  $P_i$  : قيمة التأثير الحقيقي للصف  $i$  .

•  $y_j$  : قيمة التأثير الحقيقي للعمود  $j$  .

•  $t_k$  : قيمة التأثير الحقيقي للمعاملة  $k$  .

•  $e_{ij}(k)$  : القيمة الحقيقية للخطأ التجريبي .

• ويفترض إن الخطأ التجريبي  $e_{ij}(k)$  يتوزع توزيعا طبيعيا حرا ومستقلا بمتوسط يساوي صف وتباين يساوي .

# ANOVA Table

# جدول تحليل التباين

يمكن حساب مكونات جدول تحليل التباين من المعادلات الآتية :

S.O.V	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F.	Tab. F.
Rows	$r - 1$	SSr	MSr		
Columns	$r - 1$	SSc	MSc		
Treatments	$r - 1$	SSt	MSt	Cal. F t	0.05 0.01
Error	$(r - 1)(r - 2)$	SSe	MSe		
Total	$r^2 - 1$	SST			

S.O.V	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F.	Tab. F.
Rows	r- 1	SSr	MSr		
Columns	r- 1	SSc	MSc		
Treatments	r- 1	SSt	MSt	Cal. F t	0.05 0.01
Error	(r- 1)(r-2)	SSe	MSe		
Total	$r^2-1$	SST			

$$C.F. = \frac{(Y_{..})^2}{r \times r}$$

$$SSr = \frac{\sum Y^2_{.i}}{r} - C.F.$$

$$SSc = \frac{\sum Y^2_{.j}}{r} - C.F.$$

$$SSt = \frac{\sum Y^2_{(k).}}{r} - C.F.$$

$$SSe = SST - SSr - SSc - SSt$$

$$MSr = \frac{SSr}{r-1}$$

$$MSc = \frac{SSc}{r-1}$$

$$MSt = \frac{SSt}{r-1}$$

$$MSe = \frac{SSe}{r-1}$$

$$Cal.Ft = \frac{MSt}{MSe}$$

## مثال :

أجريت تجربة لمقارنة أربعة أصناف من القمح وفق تصميم المربع اللاتيني على أساس اتجاهين متعامدين للاختلاف في الحقل وكانت البيانات كما يلي :

Rows	Columns			
	1	2	3	4
1	C 10	D 7	B 12	A 13
2	B 11	A 12	C 10	D 7
3	D 5	C 12	A 11	B 13
4	A 11	B 12	D 6	C 10

# الحل :

Rows	Columns				مجاميع الصفوف Yi.	المعاملات Y(k).	متوسطات المعاملات
	1	2	3	4			
1	C 10	D 7	B 12	A 13	42	47	11.75
2	B 11	A 12	C 10	D 7	40	48	12.00
3	D 5	C 12	A 11	B 13	41	42	10.50
4	A 11	B 12	D 6	C 10	39	25	6.25
مجاميع الأعمدة Y.j	37	43	39	43	Y.. = 162		

$$A = 13 + 12 + 11 + 11 = 47$$

$$B = 12 + 11 + 13 + 12 = 48$$

$$C = 10 + 10 + 12 + 10 = 42$$

$$D = 7 + 7 + 5 + 6 = 25$$

حساب معامل التصحيح

$$C = \frac{(Y_{..})^2}{16} = \frac{(162)^2}{16} = 1640.25$$

$$SST = \sum y_{ij}^2 - C$$

$$= 10^2 + 7^2 + \dots + 10^2 - C$$

$$= 1736 - 1640.25 = 95.75$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات الكلية :

حساب مجموع مربعات الانحرافات للصفوف :

$$\begin{aligned}SS_r &= \frac{\sum y_i^2}{r} - C \\&= \frac{(42)^2 + (40)^2 + (41)^2 + (39)^2}{4} - C \\&= 1641.5 - 1640.25 = 1.25\end{aligned}$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات للأعمدة :

$$\begin{aligned}SS_c &= \frac{\sum y_j^2}{r} - C \\&= \frac{(37)^2 + (43)^2 + (39)^2 + (43)^2}{4} - C \\&= 1647 - 1640.25 = 6.75\end{aligned}$$



حساب مجموع مربعات الانحرافات للمعاملات :

$$\begin{aligned} SSt &= \frac{\sum y(k)^2}{r} - C = \frac{(47)^2 + \dots + (25)^2}{4} - 1640.25 \\ &= 1725.5 - 1640.25 = 85.25 \end{aligned}$$

حساب مجموع مربعات الانحرافات للخطأ التجريبي :

$$\begin{aligned} SSe &= SST - SSR - SSc - SSt \\ &= 95.75 - 1.25 - 6.75 - 85.25 = 2.5 \end{aligned}$$

- بعد ذلك نلخص نتائج التحليل الإحصائي في جدول تحليل التباين ونكمل الجدول لإجراء اختبار  $F$  لتحديد تأثير المعاملات :

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	F	Tab. F
Rows	3	1.25	0.416		0.05 0.01
Columns	3	6.75	2.25		
Treatments	3	85.25	28.41	68.29**	4.76 9.78
Exper. Error	6	2.50	0.416		
Total	15	95.75			

وبما ان قيمة  $F$  المحسوبة ( 68.29 ) اكبر من قيمة  $F$  الجدولية ( 9.78 ) فإننا نقرر ان تأثير المعاملات ذو تأثير عالي المعنوية عند مستوى معنوية 0.01 على الصفة المدروسة.

# الاختبارات بعد التحليل الإحصائي لتحديد معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات

- ولنفرض إن المطلوب هو تحديد الفروق المعنوية بين المتوسطات عند مستوى 0.01 .

$$\begin{aligned} \text{LSD}_{(0.01)} &= 1.414 (t_{0.01}) \left( \sqrt{\frac{\text{MSe}}{r}} \right) \\ &= (1.414) (2.92) \left( \sqrt{\frac{0.416}{4}} \right) \\ &= (1.414) (2.92) 0.322 \\ &= 1.329 \end{aligned}$$

نرتب المتوسطات تنازليا

T2	T1	T3	T4
12.0	11.75	10.5	6.25
_____		_____	
a	ab	b	c

وفيها يتم طرح المتوسط الأعلى من المتوسط الأقل ويقارن مع قيمة  $LSD'$  المحسوبة ، فإذا تساوت القيمة أو أكبر كان الفرق معنوي وإذا كان أقل يدل على إن الفرق غير معنوي .  
يجري تآشير المتوسطات في الجدول بموجب الحروف التي تحملها للدلالة على المعنوية :

T2	T1	T3	T4
12.0	11.75	10.5	6.25

_____			
	_____		
a	ab	b	c

T1	11.75	ab
T2	12.0	a
T3	10.5	b
T4	6.25	c

المتوسطات التي تحمل حروفا متشابهة لا تختلف عن بعضها معنويا بينما التي تحمل حروفا مختلفة تختلف عن بعضها معنويا عند مستوى 0.01 .

# الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة بالتصاميم الأخرى

## Efficiency of LSD relative to other Designs

- 1-الكفاءة النسبية للتصميم مقارنة بما كان متوقعا فيما لو استخدم تصميم CRD وتحسب الكفاءة النسبية بتطبيق المعادلة الآتية :

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

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F	Tab. F
Rows	4		3400		
Columns	4		1536		
Treatments	4		1039		
Exper. Error	12		1056		
Total	25				

فإذا كان لدينا جدول تحليل التباين الآتي :

فان الكفاءة النسبية لتصميم المربع اللاتيني مقارنة بالتصميم العشوائي الكامل .

$$R.E.\% = \frac{3400 + 1536 + (4) ( 1056 )}{( 6 ) ( 1056 )} \times 100 = 144.57\%$$

ومعنى ذلك إن استخدام تصميم المربع اللاتيني في هذه التجربة أدى إلى زيادة في كفاءة التجربة تعادل 45 % عما هو عليه في استخدام CRD .

الكفاءة النسبية للتصميم مقارنة فيما لو استخدم تصميم RCBD وتحسب الكفاءة بصورتين :

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F	Tab. F
Rows	4		3400		
Columns	4		1536		
Treatments	4		1039		
Exper. Error	12		1056		
Total	25				

بافتراض إن الصفوف كانت تستخدم كقطاعات :

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

$$R.E.\% = \frac{1536 + (4) (1056)}{(5) (1056)} \times 100$$

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

بافتراض إن الأعمدة كانت تستخدم كقطاعات :

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

ويتطبيق المثال السابق :

$$R.E.\% = \frac{3400 + (4) (1056)}{(5) (1056)} \times 100$$

$$R.E.\% = 143 \%$$

## تقدير قيمة المشاهدة المفقودة :

في حالة فقدان إحدى قيم المشاهدات في تجربة طبقت باستخدام تصميم المربع اللاتيني  $r \times r$  فإن قيمة المشاهدة المفقودة يمكن تقديرها باستخدام المعادلة :

$$\hat{Y}_{ij(k)} = \frac{r ( Y_{i.} + Y_{.j} + Y_{(k).} ) - 2Y_{..}}{(r - 1) (r - 2)}$$

حيث تمثل :

$Y_{ij(k)}$  : تقدير قيمة المشاهدة المفقودة من الوحدة التجريبية التي أخذت المعاملة  $k$  في الصف  $i$  والعمود  $j$

$Y_{i.}$  : مجموع قيم المشاهدات الموجودة في نفس الصف الذي فقدت منه المشاهدة .

$Y_{.j}$  : مجموع قيم المشاهدات الموجودة في نفس العمود الذي فقدت منه المشاهدة .

$Y_{(k).}$  : مجموع قيم المشاهدات الخاصة بنفس المعاملة التي فقدت منها المشاهدة .

$y_{..}$  : مجموع جميع المشاهدات المتبقية بعد فقد المشاهدة .

بعد تقدير قيمة المشاهدة المفقودة توضع القيمة المقدرة في مكانها في جدول البيانات ثم نجري

التعديلات على المجاميع ( مجاميع الصف ، العمود ، المعاملة و المجموع العام ) .

بعد ذلك نجري التحليل الإحصائي مع ملاحظة إنقاص كل من درجات الحرية للخطأ و درجات

الحرية الكلية بدرجة واحدة مقابل كل قيمة مشاهدة مفقودة .

ويجب إجراء تصحيح لمجموع مربعات المعاملات  $SSt$  كما يلي :

$$SSt = SSt - \frac{[ y_{..} - y_{i.} - y_{.j} - (r-1) y_{(k).} ]^2}{[ (r-1) (r-2) ]^2}$$

### مثال :

في تجربة طبقت باستخدام المربع اللاتيني 3 x 3 فقدت منها إحدى المشاهدات ولتكن المشاهدة  $y_{21}(1)$  . المطلوب تقدير قيمة المشاهدة المفقودة ؟

الصفوف Rows	الأعمدة Columns			Yi.	Y(k).
	C1	C 2	C3		
r1	t2 600	t3 972	t1651	2223	1247
r2	t1 .....	t2 770	t3 825	1595	2087
r3	t3 729	t1 596	t2 717	2042	2526
y.j	1329	2338	2193	y..= 5860	

$$\hat{Y}_{ij(k)} = \frac{r ( Y_i. + Y.j + Y(k). ) - 2Y_{..}}{(r - 1) (r - 2)}$$
$$= \frac{3 ( 1595 + 1329 + 1247 ) - 2 ( 5860 )}{(3 - 1) (3 - 2)}$$
$$= 397$$

ثم نضع القيمة المقدرة للمشاهدة المفقودة في مكانها ونعيد تصحيح المجاميع المتأثرة بها .



س : أجريت تجربة لمقارنة كمية الحاصل لأربعة أصناف من فول الصويا ، واستخدم لإجراء التجربة تصميم المربع اللاتيني 4 X 4 وأدناه المخطط الحقلية وبيانات التجربة :

الصفوف Rows	الاعدة				مجموع الصفوف $Y_i.$	مجموع المعاملات $Y(k).$	متوسطات المعاملات
	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$			
$r_1$	$T_4$ 50.5	$T_3$ 50.2	$T_1$ 54.6	$T_2$ 50.4	205.7	216.2	54.05
$r_2$	$T_2$ 49.7	$T_1$ 53.0	$T_4$ 53.2	$T_3$ 51.3	207.2	202.2	50.55
$r_3$	$T_3$ 50.2	$T_4$ 52.4	$T_2$ 51.3	$T_1$ 55.3	209.2	203.0	50.75
$r_4$	$T_1$ 53.3	$T_2$ 50.8	$T_3$ 51.3	$T_4$ 54.2	209.6	210.3	52.57
مجموع الاعدة $Y..j$	203.7	206.4	210.4	211.2	$Y..$ 831.7		

$$C = \frac{(Y..)^2}{r} = \frac{(831.7)^2}{16} = 43232.8$$

الصفوف Rows	الاعمدة C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub> C <sub>4</sub>				مجموع الصفوف Y <sub>i.</sub>	مجموع المعاملات Y <sub>(k).</sub>	متوسطات المعاملات
Y <sub>1</sub>	T <sub>4</sub> 50.5	T <sub>3</sub> 50.2	T <sub>1</sub> 54.6	T <sub>2</sub> 50.4	205.7	216.2	54.05
Y <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> 49.7	T <sub>1</sub> 53.0	T <sub>4</sub> 53.2	T <sub>3</sub> 51.3	207.2	202.2	50.55
Y <sub>3</sub>	T <sub>3</sub> 50.2	T <sub>4</sub> 52.4	T <sub>2</sub> 51.3	T <sub>1</sub> 55.3	209.2	203.0	50.75
Y <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> 53.3	T <sub>2</sub> 50.8	T <sub>3</sub> 51.3	T <sub>4</sub> 54.2	209.6	210.3	52.57
مجموع الاعمدة Y <sub>.j</sub>	203.7	206.4	210.4	211.2	Y <sub>..</sub> 831.7		

$$\begin{aligned}
 SST &= \sum_{ij} y_{ij}^2 - C \\
 &= 50.8^2 + 50.2^2 + \dots + 54.2^2 - C \\
 &= 43279.07 - 43232.8 = 46.27
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SSR &= \frac{\sum y_i^2}{r} - C \\
 &= \frac{(205.7)^2 + (207.2)^2 + (209.6)^2}{4} - C \\
 &= 43235.28 - 43232.8 = 2.482
 \end{aligned}$$

$$SS_c = \frac{\sum y_j^2}{r} - C$$

$$= \frac{(203.7)^2 + (206.4)^2 + \dots + (211.2)^2}{4} - C$$

$$= 43242.062 - 43232.8 = 9.262$$

$$SS_t = \frac{\sum y(k)^2}{r} - C = \frac{(216.2)^2 + \dots + (210.3)^2}{4} - 43232.8$$

$$= 43265.59 - 43232.8 = 32.792$$

$$SS_e = SST - SSr - SS_c - SS_t$$

$$= 46.27 - 2.482 - 9.262 - 32.792 = 1.734$$

الصفوف Rows	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	مجموع الصفوف Y <sub>i.</sub>	مجموع العناصر Y(k).	متوسطات العناصر
r <sub>1</sub>	T <sub>4</sub> 50.5	T <sub>3</sub> 50.2	T <sub>1</sub> 54.6	T <sub>2</sub> 50.4	205.7	216.2	54.05
r <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> 49.7	T <sub>1</sub> 53.0	T <sub>4</sub> 53.2	T <sub>3</sub> 51.3	207.2	202.2	50.55
r <sub>3</sub>	T <sub>3</sub> 50.2	T <sub>4</sub> 52.4	T <sub>2</sub> 51.3	T <sub>1</sub> 55.3	209.2	203.0	50.75
r <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> 53.3	T <sub>2</sub> 50.8	T <sub>3</sub> 51.3	T <sub>4</sub> 54.2	209.6	210.3	52.57
مجموع الصفوف Y <sub>.j</sub>	203.7	206.4	210.4	211.2	Y <sub>..</sub> 831.7		

ويتم تلخيص نتائج التحليل الإحصائي في جدول تحليل التباين وإكماله لإجراء اختبار F لتحديد معنوية تأثير المعاملات .

S.O.V.	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F	Tab. F
Rows	3	2.482	0.8273		
Columns	3	9.262	3.0873		
Treatments	3	32.792	10.9306	37.82**	9.78
Exper. Error	6	1.734	0.289		
Total	15	46.27			

وبما إن قيمة F المحسوبة ( 37.82 ) أكبر من قيمة F الجدولية عند مستوى 0.01 فإن المعاملات ذات تأثير عالي المعنوية على كمية الحاصل .  
ويجب تحديد معنوية الفروق بين متوسطات المعاملات باستخدام LSD المعدل .

أكمل جدول تحليل التباين الآتي

S.O.V	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F.	Tab. F.
Rows	4	13601	.....		
Columns	....	.....	1536		
Treatments	....	10600	.....	.....	.....
Error	....	.....	.....		
Total	....	36569			

S.O.V	d.f.	S.S.	M.S.	Cal. F.	Tab. F.
Rows	4	13601	3400.25		
Columns	4	6144	1536		
Treatments	4	10600	2650	6.08	3.26 5.41
Error	12	5224	435.33		
Total	24	36569			