الفصل الأول

مُقَدِّمَة

INTRODUCTION

(١ : ١) البحث، الطريقة العلمية والاحصاء

Research, Scientific Method and Statistics

يقصد بالبحث، التنقيب المستمر عن المعارف والمفاهيم ، وعليه فان البحث العلمي يعني استمرار استقصاء المعرفة والفهم في سبيل حل مشاكل محددة في جميع أوجه النشاط الانساني على ان يكون المنهاج المستخدم في حلها معتمداً على طريقة علمية . وبازدياد المعارف والمفاهيم وتنوعها يتقدم العلم ويزدهر ويتشعب ويتعدد .

وربما يبدو لنا ان العلم اصبح أمراً مألوفاً ومعروفاً ولم يعد بعد بحاجة الى تعريف محدد . غير ان حقيقة الأمر لا يمكن ان يكون بهذه البساطة . ولقد حاول كثير من العلماء السابقين وضع تعريف للعلم ، ولكنه وعلى الرغم من تلك المحاولات العديدة والجادة فاننا نحس بأننا مازلنا لما نصل بعد الى تعريف محدد وقاطع يمكن الاخذ به والاطمئنان اليه ، وربما يرجع ذلك ولو جزئياً الى طبيعة العلم المتغيرة والمتطورة والتي تحاول دائماً وباستمرار الوصول الى او الاقتراب من الحقيقة ، ومع هذا فاننا ربما نستطيع ان نتفق على ان العلم هو أقرب ما يكون الى مجموعة من المعارف مرتبة ومترابطة تنشأ عن التصور والآراء والأفكار ، والتي هي حصيلة للتجربة والملاحظة المستمرة ، أساس الطريقة العلمية . وعليه فان العلم هو مجموعة القوانين العامة التي تربط الحقائق المتباينة والتي تمكننا من صياغة فروض خاصة يستعان بها في التنبؤ بأحداث معينة تحت ظروف محدودة .

واستخدام الطريقة العلمية في الوصول الى المعرفة يقصد به تتبع الحقائق كما تحددها الاعتبارات المنطقية واذا كان العلم يهدف الى توضيح وتنظيم العلاقات المتداخلة بين الحقائق — حيث ان حقائق العلم ليست مبعثرة من غير رابط يربطها او علاقة تجمعها ، بل تتقارب الحقائق العلمية وتتداخل وتنتظم في نظام معين يتميز به البناء العلمي بحيث يمكن الاستدلال على بعضها من البعض ويفسر بعضها بعضاً — فان الطريقة العلمية تعتمد في تحقيقها لهذا الهدف

على طريقة التجريب والملاحظة والمناقشة الموضوعية للأمور المسلم بها او على الطرق الثلاث مجتمعة ولكن بنسب متغايرة حسبما تقتضي ظروف المشكلة . وعلى ذلك فان البحث والطريقة العلمية مرتبطان معاً الى درجة كبيرة اذا لم يكونا نفس الشيء او شيئاً واحداً .

وتظهر أهمية علم الاحصاء للبحث و (أو) للطريقة العلمية من خلال التجريب والملاحظة . وذلك لأن جمع البيانات التجريبية وتقدير القيم الاحصائية يكونان جزءاً متكاملاً من الطريقة العلمية ولقد ادى ذلك الى الاعتماد – بدرجات متفاوتة – على الطرق الاحصائية في البحوث العلمية . ويجب ان نشير هنا الى ان دور الاحصاء في البحوث ما هو الا كأداة تساعد الباحث في تصميم تجاربه وتحليل بياناته ثم استخلاص توصياته منها بعد ذلك .

(١ : ٢) التجربة ، التصميم والتحليل Experiment, Design and Analysis

(١) التجربة Experiment

التجريب هو وسيلة الطريقة العلمية وتستخدم التجربة لاختبار الفرضيات واستكشاف العلاقات الجديدة بين المتغيرات . وعند التفكير في تجربة لابد من توضيح المشكلة المراد حلها ، وقد يبدو ذلك امراً سهلاً الا انه في التطبيق العملي يلاحظ ان الوصول الى تحديد مقبول بصورة عامة للمشكلة قد يحتاج الى بعض الوقت والجهد . وانه لمن المهم ان ناخذ في اعتبارنا كل وجهات النظر لكي يمكننا ان نتصور بالضبط ما تنوي التجربة ان توضحه ، علما بأن العناية في تحديد المشكلة المراد دراستها قد يساهم بقدر كبير في سبيل حلها .

ويجب اختيار المتغير او المتغيرات المتأثرة لدراستها ، وان يحدد ما اذا كان من الممكن قياسها ، ومدى دقة قياسها بواسطة الاجهزة المتاحة ، واذا لم يكن من الممكن قياسها ، فما هي طبيعة الاستجابة التي يمكن توقعها ؟ واذا كانت النتائج تنعكس ببساطة في صورة لا او نعم ، ابيض او اسود ، فما هي طبيعة توزيع هذه النتائج التي تبدو معقولة ؟

ومن الضروري ايضا ان نحدد العوامل اوالمتغيرات الحرة التي قد تغير في سلوك المتغير المتأثر او المرتبط ، وهل هذه العوامل سوف تبقى ثابتة بافتراض عدة مستويات محددة ، أم سيمكن معادلتها عن طريق اجراء التوزيع عشوائيا ؟ وهل العوامل التي سيجرى تغييرها كمية في طبيعتها ام وصفية ؟ وكيف سيتم توزيع المستويات المختلفة للعوامل واجراء التوافيق فيما بينها ؟

كل هذه الاعتبارات السابقة تدخل في تحديد التجربة ، ومن الممكن تلخيص التجربة في النقاط التالية :

(أ) تحديد المشكلة.

(ب) اختيار المتغير المؤثر او المرتبط.

(ب) تحديد العوامل التي سيجرى تغييرها.

(ج) تحديد مستويات هذه العوامل.

١- كمية أم وصفية.

٢- ثابتة أم عشوائية.

(د) كيفية الربط بين مستويات العوامل.

هذا ويمكن تقسيم التجارب بصورة عامة الى مجموعتين :

(أ) تجارب بسيطة : وفيها يُدرس متغير واحد فقط ، حيث يحافظ على ان تكون جميع العوامل ثابتة او متجانسة بقدر الامكان ماعدا العامل المراد دراسته .

(ب) تجارب عاملية : وفي هذه التجارب يدرس تأثير عاملين او اكثر ، وذلك باستخدام جميع التوافيق الممكنة Combinations بين عدة مستويات مختلفة للعوامل المراد دراستها . وفي مثل هذه التجارب يكون الهدف من اجرائها هو دراسة تأثير كل من هذه العوامل بالاضافة الى تأثير التداخل بين هذه العوامل التي اختيرت في التجربة .

(٢) التصميم Design

تصميم تجربة ما يعني بساطة تخطيطها ، بحيث يصبح في الامكان جمع المعلومات المتعلقة بالمشكلة المراد دراستها ، وعليه فان تخطيط تجربة يشمل جميع الخطوات المتتالية التي تنفذ مسبقا قبل اجراء التجربة لكي نضمن امكانية الحصول على البيانات المناسبة بطريقة تسمح بتحليلها تحليلا سليما وموضوعيا لكي يمكن الوصول في النهاية الى استنتاجات صحيحة فيما يتعلق بالمشكلة التي حددت لهذه التجربة .

وعند اجراء تصميم لتجربة ما ، لابد ان تؤخذ في الاعتبار عدة نقاط هامة وأولها هو تحديد عدد المشاهدات المطلوب تسجيلها . ولكي يمكن تحديد الحجم المناسب للعينة فلا بد من توفر بعض المعلومات عن حجم الاختلافات المطلوب قياسها وحجم الاختلافات الموجودة ومدى المخاطرة التي يمكن السماح بها ، فاذا لم تتوافر هذه المعلومات بخصوص تجربة ما فان البديل المناسب هو ان تؤخذ عينة كبيرة الحجم بقدر ما تسمح به ظروف التجربة ، وعموما فان تحديد حجم العينة المناسب كثيرا ما يشغل بال الباحثين وتدخل فيه بعض الاعتبارات الخاصة والاجتهادات حسب ظروف كل منهم ، غير انه بتقدم علم الاحصاء بأفرعه المختلفة اصبح بالامكان الرجوع الى جداول خاصة تعين الباحث في تحديد حجم عينته بطريقة اكثر موضوعية .

ومن الاهمية كذلك التفكير في الاسلوب الذي ستجرى عليه التجربة ، والذي يجب ان يكون الاسلوب العشوائي . فعند اختيار بعض المتغيرات ووضعها تحت سيطرة الباحث عند

مستويات محددة ، فأن هناك دائما عدداً آخر من العوامل او المتغيرات لايمكن التحكم فيه . وان اتباع العشوائية في الاسلوب التجريبي سوف يميل دائما لموازنة تأثيرات هذه المتغيرات غير المتحكم فيها . كما ان الاسلوب العشوائي سوف يسمح كذلك للباحث اعتبار اخطاء القياسات – وغيرها من الاخطاء التجريبية – مستقلة . وهو افتراض اساسي ومألوف في معظم التحاليل الاحصائية .

ولكن ما هو المقصود بالاسلوب العشوائي ؟ وهل تتبع العشوائية في كل ما يتم اجراؤه في التجربة ؟ بمعنى ان اية مشاهدة لايتم تسجيلها الا بعد الرجوع الى احد جداول الارقام العشوائية او بعد رمي احدى قطع النقود . . مثلا ؟ . . وهل يتبع اسلوب عشوائي مستقل داخل كل معاملة متى يتم تحديدها ؟ وبمعنى آخر لابد للباحث ان يفكر في كيفية تطبيق الاسلوب العشوائي وكيفية اخذ الوحدات التجريبية للقياس او الاختبار ومتى تم له ذلك فمن الواجب عليه ان يحيط تجربته بعناية تامة لكي يتأكد دائما من انه قد تم تطبيق النظام الذي اختاره واستقر عليه .

وبعدما يتفق الباحث على الاسلوب التجريبي والعشوائي ، يمكنه ان يضع نموذجا رياضيا يصف به تجربته بحيث يظهر هذا النموذج المتغير المتأثر كدالة لكل العوامل التي ستدرس ولاي قيود فرضت على التجربة كنتيجة لتطبيق الاسلوب العشوائي .

وبعد استعراض الاعتبارات الهامة للتصميم السابقة الذكر ، يمكننا ان نلخص التصميم في نقاط اربعة يطلب من الباحث تحديدها وهي :

(أ) عدد المشاهدات المطلوب تسجيلها.

(ب) الاسلوب التجريبي .

(ج) طريقة تطبيق الاسلوب العشوائي

(د) النموذج الرياضي لوصف التجربة .

اختيار التصميم :

هناك عدة تصاميم تستخدم في التجارب وتتفاوت في مدى بساطتها أو تعقيدها وفي ميزاتها أوعيوبها ، وسوف تناقش هذه النقاط فيما بعد عند استعراض كل من هذه التصاميم ، ولكي يمكن للباحث اختيار احداها كتصميم يناسب تجربته عليه ان يقرر ثلاث نقاط أولا وهي :

١– هل التصميم المطلوب من أجل تجربة بسيطة ذات عامل واحد unifactor experiment أم من أجل تجربة عاملية ذات أكثر من عامل Factorial experiment ؟

٢- هل الوحدات التجريبية متجانسة ؟ أم غير متجانسة ويمكن تجميعها في مجاميع متجانسة ؟ وهل التجميع مرغوب لازالة تأثير واحد أم أكثر من اسباب اختلاف الوحدات التجريبية ؟

٣- هل جميع المعاملات أو المعاملات العاملية سوف تظهر معا في كل قطاع (تصاميم القطاعات الكاملة Complete block designs) ؟ أم أن عدداً منها سوف يظهر معا في قطاع ، وعدد آخر في قطاع آخر (تصاميم القطاعات غير الكاملة Incomplete block designs) .

والجدول (1-1) يبين أهم التصاميم التي يمكن الاختيار منها حسب الاجابات عن النقاط الثلاث السابقة وحسبما يتم شرحه فيما بعد عند مناقشة كل منها .

جدول (١-١) تقسيم اهم التصاميم المستخدمة في التجارب تبعا لنوع التجربة وطريقة تجميع الوحدات التجريبية ونوع القطاع المستخدم .

Classification of Main Designs

		Unifactor Experiments	Factorial Experiments
No Blocks	No Grouping	Completely Randomized Design	
Complete Blocks	One Grouping	Randomized Complete Block Design	
	Two Grouping	Latin Square Design	
Incomplete Blocks	One Grouping	Balanced Incomplete Block Design Lattice Designs	Confounding Desings Fractional Replications Split - plot Designs
	Two Grouping	Lattice Square Designs Youden Square Design	Quasi - Latin square Design

(٣) التحليل Analysis

المرحلة الأخيرة – وهي التحليل – تشمل طريقة جمع البيانات وترتيبها واختزالها . ثم اجراء اختبارات احصائية معينة يستعان بها لأتخاذ قرارات بخصوص الأهداف التي صممت التجربة لدراستها ، اي ان تحليل البيانات يتضمن حساب بعض الأختبارات الاحصائية مثل اختبار t واختبار F واختبار χ^2 ثم اتباع النظم المتعلقة بكل منها للوصول الى قرارات معينة في اختبار الفرضيات المتعلقة بالنموذج الرياضي الذي وضع مسبقا ليمثل التجربة. ومما تجب الاشارة اليه أنه بمجرد الانتهاء من اجراء الأختبارات الأحصائية ، فمن الواجب على الباحث اتخاذ القرارات وبصورة واضحة ومحددة وذات معنى مفهوم بالنسبة لما عكسته التجربة بخصوص الأهداف التي حددت لها قبل اجرائها .

ومن الممكن تلخيص التحليل في ثلاث نقاط أو مراحل متتابعة وهي :

(أ) جمع البيانات وجدولتها واختزالها .

(ب) اجراء الاختبارات الأحصائية.

(ج) مناقشة النتائج وتفسيرها واتخاذ القرارات .

تحليل التباين Analysis of Variance

ويقصد بذلك اجراء بعض العمليات الرياضية لتقسيم مجموع المربعات الكلي لمجموعة من البيانات على مصادر التباين المختلفة والمسؤولة عن وجوده . وبعد انتهاء التحليل تلخص النتائج في جدول يسمى جدول تحليل التباين (Analysis of Variance Table) ويرمز لهANOVA Tableويكون تخطيطه كما هو موضح في جدول (١ – ٢) .

وتحليل التباين هذا مبني على أربعة فروض أساسية من المهم توافرها في البيانات ، وهي :

١ – التأثيرات الأساسية تجميعية Additivity of the Main Effects

وهذا يعني أن تأثير المعاملات وغيرها من التأثيرات الأخرى تضاف الى بعضها البعض لتحديد قيمة المشاهدة كما سنلاحظ ذلك في النموذج الرياضي الخاص بكل تصميم عند مناقشة التصاميم المختلفة . وبصورة عامة فان توفر هذا الفرض في البيانات يعني أن :

جدول (١ – ٢) . جدول تحليل التباين ANOVA Table

مصادر التباين Sources of Variation S.O.V.	درجات الحرية Degrees of Freedom d.f.	مجموع المربعات Sum of Squares S.S.	التباين المقدر (متوسط المربعات المقدر) Mean Squares M.S.	التباين المتوقع (متوسط المربعات المتوقع) Expected Mean Squares E.M.S.	قيمة F المحسوبة Calculated F	قيمة F الجدولية Tabulated F
ويشمل جميع مصادر التباين او مسببات الاختلافات بين مواد التجربة ، وتحدد عادة بمعادلة النموذج الرياضي الموضوع لوصف التجربة	وهي عدد المقارنات المستقلة التي يمكن اجراؤها في كل مصدر من مصادر التباين	مجموع مربعات الانحرافات المسؤول عنها كل مصدر من مصادر التباين	وهو التباين الخاص بكل مصدر وبحسب بقسمة مجموع المربعات على درجات الحرية لكل مصدر	التباين المتوقع من كل مصدر ويحدد عادة بمعادلة النموذج الرياضي الموضوع للتجارب	تحسب بقسمة تباين كل مصدر على تباين الخطأ التجريبي اي انها نسبة بين تباينين	تستخرج من جدول F لكل مصدر

أ– تأثير المعاملات ثابت ، ومعنى ذلك عدم وجود تداخل بين تأثير المعاملات والوحدات التجريبية . أي أن تأثير معاملة ما متساو على جميع الوحدات التجريبية التي طبقت عليها.

ب– تأثير معاملة ما على وحدة تجريبية طبقت عليها لا يتأثر بتطبيق معاملة أخرى على وحدة تجريبية مجاورة .

جـ– الفرق بين تأثير معاملتين يقاس بالفرق بين متوسط جميع الوحدات التجريبية التي أخذت احدى المعاملتين ومتوسط الوحدات التجريبية التي أخذت المعاملة الأخرى .

فاذا لم تتوفر أي من هذه النقاط ، وكان هناك شك في أن التأثيرات لم تكن تجميعية فان تحليل البيانات بالطرق المعتادة قد يؤدي الى بعض القرارات الخاطئة ، وفي هذه الحالة قد يكون من الأفضل محاولة التغلب على هذه المشكلة باتباع احدى طرق تحويل البيانات transformation قبل تحليلها ، وهو ما سنناقشه بعد الانتهاء من فروض التحليل .

٢- التوزيع العشوائي المستقل والطبيعي للخطأ التجريبي

Randomly, Independently and Normally Distribution of the Error Terms.

وتكمن أهمية توفر هذا الشرط في اننا عند اختبار الفرضيات نفترض أساساً بأن الأخطاء ε_{ij} تتوزع توزيعا عشوائيا ومستقلا وتسلك في هذا التوزيع سلوك التوزيع الطبيعي بمتوسط عام يساوي الصفروتباين يساوي σ_ε^2 ويعبرعن ذلك باختصار بان $\varepsilon_{ij} \sim IND\,(0,\sigma_\varepsilon^2)$ ومن حسن الحظ فان مشكلة عدم توفر هذا الفرض لا تؤثر بدرجة خطيرة على صحة تحليل البيانات كما هو الحال في الفرض السابق وعلى أي حال فان خير ضمان ضد عدم توافره هوتطبيق التوزيع العشوائي المناسب للتصميم المستخدم بصورة صحيحة كما سيوضح فيما بعد .

٣- تجانس تباينات العينات المختلفة Homogeneity of Variances

اذا كانت العينات المختلفة تتبع مجتمعات بتباينات مختلفة فان ذلك سوف يؤدي الى الوصول الى قرارات خاطئة عند اختبار الفرضيات حيث يرتفع مستوى المعنوية تلقائيا . وهذا الفرض يعني أن تكون الاختلافات العشوائية داخل المعاملات متجانسة وبالتالي تكون الاختلافات العشوائية متساوية بالنسبة للعينات المختلفة مما يمكن معه الحصول على تباين مشترك للخطأ العشوائي لجميع العينات . فاذا واجهتنا مشكلة عدم تجانس التباينات في بيانات العينات المختلفة (ويمكن معرفة ذلك باجراء اختبار للتجانس مثل اختبار Bartellet's test of homogeneity of Variances) الموضح تفصيليا في مراجع الاحصاء مثل كتاب طرق الأحصاء للعالم (Snedecor فاننا نستطيع أن نلجأ لحل من ثلاث ، أولا : ان تقسم البيانات الى مجاميع تتجانس التباينات داخل كل منها ثم تحلل بعد ذلك كل مجموعة على حدة وان كنا لا ننصح بذلك حيث أن هذه الطريقة ستبعدنا حتما عن الهدف أو الأهداف الأساسية للتجربة ، ثانيا : أن نلجأ الى طريقة لوزن المتوسطات تبعا لتبايناتها وهذه الطريقة موضحة في مراجع الاحصاء المتقدمة وهي طريقة معقدة كثيرا ولا ننصح بها أيضا ، أما الحل الثالث فهو ان نحول البيانات بطريقة يتحقق معها تجانس التباينات وهوما سنوضحه فيما بعد .

٤ – عدم الارتباط بين المتوسطات والتباينات

Independence of Means and Variances

ان وجود علاقة بين المتوسطات والتباينات للعينات المختلفة لمن اهم الاسباب التي تؤدي الى الاخلال بالفرض السابق اي تؤدي الى عدم تجانس التباينات وعليه فلابد ان نفحص البيانات للتأكد من توفر مثل هذا الاستقلال بين المتوسطات والتباينات قبل ان نستمر في تحليلها بالطرق المعتادة . ومن البيانات التي تظهر بطبيعتها ارتباطا بين التباينات والمتوسطات تلك التي تعتمد على العد او على حساب قيم نسبية او نسب مئوية . فاذا اتضح لنا وجود مثل هذه العلاقة فهل هذا يعني استبعاد طريقة تحليل التباين كطريقة لتحليل البيانات ؟ من حسن الحظ ان هذا ليس ضروريا بل نستطيع ان نحول البيانات بطريقة يصبح معها توفر هذا الشرط ممكنا ، ثم نستمر بعد ذلك في عمليات تحليل التباين على البيانات المحـــولـــة .

تحويل البيانات Data Transformation

لقد سبق لنا ان اشرنا ان عدم توفر فروض تحليل التباين او عدم صحتها يتسبب في ارتفاع مستوى معنوية الاختبارات تلقائيا وبالتالي الوصول الى قرارات خاطئة حيث نحصل على عدد اكبر من الفروق المعنوية غير الصحيحة كما اشرنا كذلك عند مناقشتنا لتلك الفروض الخاصة بتحليل التباين .اننا نستطيع في حالة عدم توافرها او الاخلال بها ان نعمل على تصحيحها لكي نستمر في تحليل التباين بعد ذلك وذلك باجراء تحويل مناسب للبيانات . وهذا يتطلب معرفة التوزيع الفعلي للبيانات حتى تختار طريقة التحويل المناسبة ثم نجري بعد ذلك تحليل التباين على البيانات الجديدة المحولة ، وفيما يلي اهم طرق التحويل التي تستعمل عادة :

١ – التحويل اللوغاريتمي The log Transformation

وتستخدم طريقة التحويل هذه عندما يلاحظ ان هناك علاقة نسبية بين الانحرافات القياسية (وليست التباينات) للعينات المختلفة وبين متوسطاتها كما تستخدم كذلك عندما نلاحظ ان التأثيرات الاساسية ليست اضافية بل نسبية او تضاعفية . وهناك نقاط عامة يجب ان نتذكرها عند استخدام طريقة التحويل هذه ، فالبيانات التي تشتمل على قيم سالبة لايصح تحويلها بهذه الطريقة كما انه في حالة وجود قيم تساوي الصفر فاننا سنواجه بمشكلة ان لوغاريتم الصفر هو ($-\infty$) اي ما لا نهاية بالسالب ، وللتغلب على تلك المشكلة فينصح

باضافة 1 (one) لكل من قيم البيانات قبل القيام بعملية التحويل ، ولو ان البيانات التي تضم عددا كبيرا من القيم التي تساوي صفرا يكون من الأفضل اتباع طريقة اخرى لتحويلها غير طريقة اللوغاريتم .

٢- التحويل الى الجذر التربيعي Square Root Transformation

وتستخدم هذه الطريقة في حالة البيانات التي تتعلق باعداد احداث نادرة حيث تميل البيانات في هذه الحالة لان تتبع توزيعا خاصا يسمى توزيع بواسون Poisson Distribution.

ونعني بالحادث النادر ذلك الحادث الذي يتميز باحتمال صغير جدا في حدوثه في اي فرد وكمثال لذلك اذا افترضنا انه في مجموعة من بذور الطماطة يوجد 0.1% من البذور تحمل فيرس مرض الذبول فعلى ذلك فان الاحتمال بأن اي بذرة مفردة تحمل هذا الفيرس هو فقط واحد في الالف (0.001) وعليه فانه بالنسبة لاي بذرة واحدة فان هذا الحادث (اي ظهور المرض) يعتبر حادثا نادرا . وهكذا اعداد الحشرات التي تجمع بالمصايد من مواقع في الحقل وما الى ذلك من امثلة . وتوزيع Poisson هذا له خصائص مميزة فتباينه يساوي المتوسط . وفي الواقع يميل التباين لان يكون اكبر من المتوسط حيث ان هناك عوامل اخرى غير اختلافات العينات تؤثر في ظهور الاحداث التي يجرى عدها ، وبصورة عامة فان التباين يتناسب مع المتوسط . وعندما نحلل بيانات من هذا النوع فاننا نخالف عديدا من الفروض الواجب توافرها في تحليل التباين ، فالاخطاء لاتتوزع توزيعا طبيعيا ، والتباينات متناسبة مع المتوسطات وليست مستقلة وبالتالي فالتباينات غير متجانسة ، ولكننا نستطيع ان نتغلب على كل تلك المشاكل ونصحح فروض التحليل ونعمل على توافرها اذا ما قمنا بتحويل البيانات الى الجذر التربيعي للقيم اي $\sqrt{y}$ ويفضل ان نأخذ الجذر التربيعي للقيم مضافا اليها 1 (One) او $\frac{1}{2}$ اي $\sqrt{y+1}$ او $\sqrt{y+0.5}$ وخاصة اذا كانت هناك أعداد أقل من عشرة (10) .

٣ – التحويل الزاوي : The Angular or Arcsine Transformation

ويلجأ لطريقة التحويل هذه عندما تعتمد البيانات على اعداد معبرعنها كنسب مئوية او كنسب من الحجم الكلي للعينة كنسبة النباتات المصابة او نسبة الحشرات الميتة ، حيث ان هذه البيانات تتبع في هذه الحالة توزيع ذي الحدين ، ومن اهم خصائص هذا التوزيع ان التباينات تتناسب مع المتوسطات ولكن بصورة مختلفة عما لاحظناه سابقا ففي هذا التوزيع تميل التباينات أن تكون صغيرة عند نهايتي مدى القيم (أي قريبا من 0% و 100%) .ومن

المعتاد دائما اننا نعطي اهمية اكبر للفرق بين الصفر و 8% او بين 92% و 100% عنه من الفرق بين 44% و 52% مثلا رغم ان قيمة الفروق واحدة .

وان التحويل المناسب لهذه البيانات هو ما يسمى بالتحويل الزاوي (تحويل الزاوية) او تحويل Arcsine ونحصل عليه بإيجاد الزاوية التي يكون مقلوب قيمة جيبها مساويا لقيمة الجذر التربيعي للنسبة المراد تحويلها وتكتب باختصار $\text{arcine}\sqrt{y}$ او $\text{Sine}^{-1}\sqrt{y}$. ويمكن استخدام جدول arcsine الموجود بالملاحق للحصول على قيم التحويل المقابلة للنسب المئوية مباشرة وبعد تحويل البيانات يجرى تحليل التباين على القيم المحولة كالمعتاد . ويجب ان نشير هنا بل ونؤكد ان تحويل البيانات ليس الغرض منه ابدا الوصول الى نتائج اقرب لما نحسب ، فالنتائج الصحيحة هي النتائج التي يصل اليها الباحث مهما كانت ، ولكن الغرض من تحويل البيانات هو توفير فروض التحليل ليكون التحليل صحيحا وبالتالي تكون القرارات صحيحة .

جدول (١ : ٣) . بعض التحويلات الشائعة الاستعمال .

التحويلات	
اسم التحويل	المعادلة
١ . اللوغاريتمي Logarithmic	$Y' = \log Y$
٢ . الجذر التربيعي Square root	$Y' = \sqrt{Y}$ or $Y' = \sqrt{Y + 1}$
٣ . الزاوي Arcsine.	$Y' = \text{arcsine}\sqrt{Y}$
٤ . المقلوبي Reciprocal	$Y' = \frac{1}{Y}$

(١ : ٣) الوحدات التجريبية والمعاملات

Experimental Units and Treatments

(١) الوحدة التجريبية Experimental Unit

الوحدة التجريبية هي اصغر وحدة اساسية او هي اصغر جزء او قسم من مواد التجربة تطبق عليها المعاملة او توزع على المعاملة ، وتستخدم في قياس المتغير تحت الدراسة . وقد تكون الوحدة التجريبية حيوانا مثلاً كما في تجارب تسمين العجول ، او نباتاً كاملاً او حتى ورقة من نبات كما يحدث احياناً في تجارب امراض النبات ، او قد تكون الوحدة التجريبية عدة افراد كأصيص يحوي عدة نباتات او قطعة ارض تضم العديد من النباتات تطبق عليها معاملة واحدة كما في التجارب الحقلية وتسمى مثل هذه القطعة بالقطعة التجريبية.

ولتسجيل المشاهدات ، وقياس تأثير المعاملات على المتغير او الصفة تحت الدراسة ، فاما ان 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 ، او قد يؤخذ جزء او أجزاء من الوحدة التجريبية لتسجيل المشاهدة ، ويسمى هذا الجزء بالعينة Sample، كما يحدث في التجارب الحقلية عندما نأخذ خمسة نباتات مثلاً من القطعة التجريبية ونسجل اوزانها الخضرية او اطوالها او عدد فروعها او عدد ثمارها... وهكذا .

(٢) المعاملات Treatments

وتعني مجموعة الظروف التجريبية المتغيرة التي توضع تحت سيطرة الباحث ، والتي يقوم بتوزيعها على الوحدات التجريبية – او يوزع عليها الوحدات التجريبية – حسب التصميم التجريبي المختار وقد تمثل المعاملات عدة مستويات مختلفة ولكن لعامل واحد كما في التجارب البسيطة التي تهتم بدراسة تأثير عامل واحد ، او تتكون المعاملات من عدة مستويات لاكثر من عامل في توافيق مختلفة – كما في التجارب العاملية – وتسمى المعاملات في هذه الحالة بمعاملات توافقية او عاملية .

وربما يفيدنا استعراض بعض الأمثلة للمعاملة في المجالات المختلفة ففي تجارب المحاصيل مثلاً قد تكون المعاملة :

(أ) نوع السماد : (سماد عضوي ، سماد آزوتي ، سماد فوسفاتي .. مثلاً) .

(ب) كمية السماد : (صفر ، ٢٠ ، ٤٠ ، ٦٠ كغم / دونم .. مثلاً) .

(ج) عمق البذار : (سطحي ، ٢/١ انج ، ١ انج ، ٢ انج ... مثلاً) .
(د) ميعاد الزراعة : (اول نيسان ، منتصف نيسان ، اول مايس ، منتصف مايس .. مثلاً) .

(هـ) اية توافيق بين مستويات اي من المعاملات السابقة .

وقد تكون المعاملة في تجارب تغذية الحيوان مثلاً :

(أ) نوع الحيوان : عدة انواع من الأغنام مثلاً.
(ب) جنس الحيوان : ذكور واناث.
(ج) سلالة الحيوان : عدة سلالات مختلفة.
(د) نوع الغذاء : عدة علائق مختلفة مثلاً .

(١ : ٤) العامل ، مستويات العامل والتوافيق العاملية

Factor, Factor Levels and Factorials

يلاحظ في مناقشتنا السابقة عن المعاملات اننا ذكرنا هذه المسميات فقلنا ان التجربة قد تكون لدراسة تأثير عامل واحد بعدة مستويات فتكون هذه المستويات هي المعاملات او تكون لدراسة اكثر من عامل لكل منها مستويات مختلفة فتكون المعاملات هي التوافيق المختلفة بين مستويات العوامل المدروسة وتسمى بالمعاملات العاملية ولكي نزيد الأمر ايضاحا نحاول ان نتتبع كل منها مع ذكر أمثلة حتى يتم تفهم المقصود بها .

فالعامل الذي يدرس في التجربة يكون المعاملات عندما يستخدم بعدد من المستويات المختلفة ، فالتسميد مثلاً اذا كان هو العامل المدروس في تجربة ، فان المعاملات في هذه الحالة قد تكون عدة انواع من الأسمدة (او عدة معدلات مختلفة من سماد) .

واذا كان العامل المرغوب دراسة تأثيره هو درجة حرارة الخبز في احدى معامل الخبز مثلاً ، فان المعاملات في هذه الحالة تكون عدة درجات حرارة يتم الخبز عندها .

اما المقصود بمستويات العامل فهي المعاملات المختلفة المأخوذة داخل العامل المدروس ، وعلى ذلك تكون هي الأنواع المختلفة من السماد او المعدلات المختلفة في مثال التسميد السابق ، او هي درجات الحرارة المختلفة في مثال درجة حرارة الخبز .

ونعني بالتوافيق العاملية ، في التجارب العاملية ، تلك التوافيق بين المستويات المختلفة للعوامل الداخلة في التجربة والتي تعرف بالمعاملات العاملية ، فاذا فرضنا اننا نريد في احدى التجارب مقارنة خمسة اصناف من محصول ما باستخدام ثلاثة معدلات من التسميد النيتروجين ، فان هذه التجربة تسمى تجربة عاملية 3 × 5 اي ان معاملاتها تتكون من

التوافيق الممكنة بين خمسة مستويات من العامل الأول وهو الأصناف وثلاث مستويات من العامل الثاني وهو التسميد النيتروجين وعليه يكون عدد المعاملات المختلفة في هذه التجربة خمس عشرة معاملة .

١ : ٥ الخطأ التجريبي Experimental Error

الخطأ التجريبي هو مقياس للاختلافات الطبيعية التي توجد عادة بين مشاهدات سجلت من وحدات تجريبية عوملت بنفس المعاملة . وهناك عدة مصادر لمثل هذه الاختلافات تنشأ عن العوامل التي لا يمكن للباحث التحكم فيها.وعموما يمكن تجميع مصادر الخطأ في ثلاثة مصادر وهي :

(أ) الاختلافات الذاتية Inherent Variability التي توجد عادة بين الوحدات التجريبية ويمكن ارجاعها الى الاختلافات الوراثية او الى التداخل بين التراكيب الوراثية والظروف البيئية التي يصعب السيطرة عليها . ومن الملاحظ في التجارب الميدانية بصفة عامة صعوبة الحصول على وحدات تجريبية متجانسة تماما مهما بذل الباحث من جهد في الحصول على حيوانات او نباتات متجانسة ليجري عليها تجربته .

(ب) الاختلافات في تطبيق المعاملة ، حيث تحدث بعض الاخطاء عند تكرار تطبيق المعاملات على عدد من الوحدات التجريبية ومرجعه اما العجز او الفشل في اعادة تكرار نفس ظروف المعاملات تماما او لعدم الدقة او لاختلاف القائمين بتطبيق المعاملات .

(ج) الاخطاء الفنية الاخرى التي تحدث في التجربة وفي طرق قياس الصفات تحت الدراسة وتسجيل المشاهدات .

التحكم في الخطأ التجريبي :

يمكن التحكم في مقدار الخطأ التجريبي المقدر والسيطرة عليه عن طريق :

١ – استخدام تصميم تجريبي أكثر كفاءة تبعا لمدى التجانس بين الوحدات التجريبية .
٢ – استخدام البيانات المتلازمة (تحليل التباين المشترك Covariance analysis).
٣ – اختيار حجم وشكل الوحدة التجريبية المناسب مع عدد مناسب من المكررات .
٤ – تحسين الطرق الفنية المستخدمة في التجربة مع الاهتمام بدقة القياسات وتسجيل البيانات .