أسلوب مقترح لحساب متوسط المربعات لبعض التصاميم المتزنة ذات النماذج الثابتة

مروان عبد العزيز دبدوب

قسم الإحصاء والمعلوماتية ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٥ / ٣ / ٢٠٠٩ ---- **تاريخ القبول:** ١٨ / ١ / ٢٠١٠)

الملخص

أُقتُرِحَ أسلوب لحساب متوسط المربعات لتصاميم متزنة كاملة وغير كاملة ذات النماذج الثابتة على أن لا يحتاج أيٍ من مجموع مربعاتها إلى تعديل (adjustment). اعتمد الأسلوب المقترح على توليد متغيرات وهمية وتطبيقها في النموذج الخطي العام (GLM). وقد عالج الأسلوب القيم المفقودة مباشرةً. استخدم البرنامج الحاسوبي الجاهز Minitab v. 13.20.

المقدمة

التجربة من الوسائل العلمية التي تهتم بالأسلوب الموضوعي لفهم ومعرفة حقيقة الظواهر المختلفة، وتسهم الأساليب العلمية والتقنية المتطورة في تطبيق التجارب وتنفيذ تصاميمها وتحليل نتائجها بسرعة ودقة للتوصل إلى قرارات حول فرضياتها. تصمم كل تجربة حسب ما تحتويه من متغيرات وعوامل وما يؤثر عليها من مؤثرات، فقد يكون التصميم كاملا أو ناقصاً معتمداً على طبيعة الوحدات التجريبية وكيفية الحصول على المتجانس منها، ويتم تحلل نتائج التجربة حسب ما يحدده التصميم من مصادر تباين وما لها من درجات حرية، وقد يواجه الباحث بعض المشاكل في كافة مراحل تصميم وتحليل التجربة (المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ١٩٩٣)، والتي يمكن تذليل الكثير منها عند الاستعانة بالبرامج الحاسوبية الجاهزة، وقد تشارك المتغيرات الوهمية في ذلك (هدبة، ٢٠٠٥).

عرف دبدوب (٢٠٠٦) المتغير الوهمي (dummy variable) بأنه ذلك المتغير الذي يأخذ أرقاما محددة من القيم لصفات مختلفة ويستخدم لوصف التطورات والتغيرات في متغير ما. استخدمت المتغيرات الوهمية لحل الكثير من المشاكل الإحصائية وفي بناء نماذج الانحدار، وفي أدناه بعض استخداماتها في حقب مختلفة: إن من أوائل من أهتم بالقيم المفقودة ومعالجتها هو Yates (1933) فقد وضع طريقة التعويض المتوالي لتقديرها، وقد أشار Coons (1957) إلى أهمية المتغيرات الوهمية واستخدامها في تحليل الانحدار لمعالجة القيم المفقودة، وعالج John and Prescott (1975) القيم المفقودة باستخدام مصفوفات المتغيرات الوهمية. واستخدم الدهوى وآخرون (١٩٨٩) المتغيرات الوهمية كمتغيرات تقريبية في القياس الاقتصادي لبناء نماذج انحدار في الحالات الآتية: عوامل نوعية وعوامل كمية وانتقال الدالة تبعاً لتغير الزمن وميل الدالة بمرور الزمن وعند التعامل مع المتغير التابع وحدوث تغيرات موسمية في السلاسل الزمنية. وأشار Little and Rubin (2002) إلى أهمية النموذج الخطي العام (GLM) للتغلب على مشكلة القيم المفقودة. وكشف دبدوب وهدبة (٢٠٠٨) عن العلاقة بين تحليل التباين في التصاميم الأساسية وتحليل انحدار المتغيرات الوهمية ووضحا كيفية استخدام فرضيات الانحدار الجزئي للمتغيرات الوهمية لاختبار فرضيات التصاميم.

يعتبر البرنامج الحاسوبي الجاهز Minitab بإصداراته المختلفة برنامجاً مرناً سهلاً شائع الاستخدام، كما يحتوي على أربع شاشات تزود المشتغل بما يحتاجه من معلومات وتبسط عليه عمليات التحليل، وأهم ما يميز البرنامج شاشتين هما: طاولة الأوامر session (window) التي عن طريقها تتم بسلاسة المحادثة بين المشتغل والبرنامج خاتمتها عرض نتائج التحليل، وشاشة البيانات data) (window التي تتميز بمرونتها في التعامل ومن خلالها يستقبل البرنامج البيانات التي سيتم تحليلها. بالرغم من ميزات هذا البرنامج إلا انه يفتقر إلى منهجية تحليل الكثير من بيانات التجارب ذات التصاميم المعقدة.

الهدف

اقتراح أسلوب لتوليد متغيرات وهمية لمصادر تباين لتصاميم متزنة (balanced) كاملة وغير كاملة (incomplete) ذات نماذج ثابتة (fixed models)، على أن لا يحتاج أيٍ من مجموع مربعاتها إلى تعديل (adjustment)، ومن ثم يطبق الأسلوب الإحصائي: النموذج الخطي العام general linear model (GLM) على المتغيرات الوهمية المولدة ومتغير الاستجابة بهدف الحصول على قيم متوسط المربعات (mean squares) لمصادر تباين التصميم المعني. وضع الأسلوب المقترح بشكل خاص ليلائم البرنامج الحاسوبي الجاهز Minitab بإصداراته.

توليد المتغيرات الوهمية:

يعتمد الأسلوب المقترح على معرفة العلاقات بين العوامل في كل مصدر تباين. فمن المصادر ما هو مفرد مثل القطاعات والمعاملات والأعمدة والصفوف وفي التجارب العاملية مثل العوامل A وB وC، وتضم أيضاً عوامل متداخلة (interaction) مثل A×B، وقد تتشعب بعض العوامل مثل B/A، وقد يجمع البعض الآخر بين التداخل والتشعب مثل R×B/A.

لكل تصميم خصوصيته في تركيبة جدول تحليل التباين الذي تشير فيه مصادر التباين إلى طبيعة العلاقة بين العوامل، ويمكن التعرف على تلك العلاقة من درجات الحرية، فعند احتوائها على عامل مطروحاً منه واحد دل على أن العامل متداخل، عند ظهور العامل

كاملاً فإنه عامل تشعب (nest factor). مثال: درجات حرية [(c-1)*(r-1)*a*b] تدل على أن العاملين C وR متداخلان وبنفس الوقت متشعبان (nested factors) من عاملي التشعب A وB، ويرمز لمصدر تباين درجات الحرية هذه (R×C/B/A) ويحدد التشعب بين العاملين A وB طبيعة موقعهما في التجربة.

كمثال يحتوي على علاقات مختلفة بين العوامل هو ما أشار إليه الإمام (١٩٩٤، ٢٥٩) في تصميم القطع المنشقة المعادة (repeated split-plot design) المتخصص بتكرار أخذ المشاهدات من نفس تصميم القطع المنشقة، يكون العاملين الأساسيين هما A وB كما هو الحال في القطع المنشقة لمرة واحدة، والعامل الثالث C هو الفترات الزمنية التي أخذت فيها المشاهدات. يعطي هذا التصميم خمسة أجزاء من الأخطاء، الجزأين E(a) وE(b) يعودان إلى القطع المنشقة، والأجزاء الثلاثة المتبقية E(c) وE(d) وE(e) فهي خاصة بتأثير الفترات الزمنية. يشير الجدول (١) إلى كيفية عرض العلاقة بين عوامل التصميم من خلال درجات الحرية وبالعكس. إن التعرف على العلاقة بين العوامل تساعد في توليد المتغيرات الوهمية.

الجدول ١: العلاقة بين درجات الحرية والعوامل في تصميم القطع المنشقة المعادة.

S. O. V.	d. f.	Relations between factors
BLOCKS	r-1	R
A	a-1	A
E(a)	(r-1)*(a-1)	R×A
B	b-1	B
Ab	(a-1)*(b-1)	A×B
E(b)	(r-1)*(b-1)*a	R×B/A
C	c-1	C
E(c)	(r-1)*(c-1)	R×C
AC	(a-1)*(c-1)	A×C
E(d)	(r-1)*(a-1)*(b-1)	R×A×B
BC	(b-1)*(c-1)	B×C
ABC	(a-1)*(b-1)*(c-1)	A×B×C
E(e)	(r-1)*(b-1)*(c-1)*a	R×B×C/A
TOTAL	a*b*c*r-1	

لتوضيح الخطوات المقترحة لتوليد المتغيرات الوهمية أُدرِجَ مثال نظري لتجربة عامليه 2×3×2 طبقت في تصميم قطاعين عشوائيين كاملين (الجدول ٢)، أعطت التجربة قيم استجابة (response) y_{ijkq} ، حيث أن: i وj وk هي مستويات العوامل A وB وC على التوالي، وq هو الموقع في القطاع.

الجدول ٢: قيم استجابة نظرية لنتائج تجربة عامليه 2×3×2 طبقت في قطاعين.

	Block 1						Block 2					
	a_1			a_2			a_1			a_2		
	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3	b_1	b_2	b_3
c_1	y_{1111}	y_{1211}	y_{1311}	y_{2111}	y_{2211}	y_{2311}	y_{1112}	y_{1212}	y_{1312}	y_{2112}	y_{2212}	y_{2312}
c_2	y_{1121}	y_{1221}	y_{1321}	y_{2121}	y_{2221}	y_{2321}	y_{1122}	y_{1222}	y_{1322}	y_{2122}	y_{2222}	y_{2322}

تنفذ الخطوات أ وب و ت أدناه بالاستعانة بالبرنامج Minitab تمهيداً لتوليد المتغيرات الوهمية كالآتي:

أ- وفق ما تشير إلية قيم الاستجابة (البيانات) (الجدول ٢) تدون هذه القيم في شاشة البيانات لتشغل ١٢ عموداً (من C1 إلى C12) بصفين. يمكن تدوين البيانات بشكل آخر حسب رأي المشتغل بما يسهل التعامل معها.

ب- تحشر البيانات في عمود واحد يرمز له بـ (Res) ويتم ذلك وفق الأمر: MTB > Stack C1-C12 C13.

وهذا يعني تراكم بيانات الأعمدة C1 إلى C12 بالتعاقب في عمود واحد هو C13.

ت- في الأعمدة التالية يعطى لكل عمود رمز يمثل مصدر تباين للتصميم المستخدم والتجربة المطبقة، يستبعد الخطأ التجريبي لأصغر وحدة تجريبية. مصادر التباين في المثال هي:

Blocks, A, B, C, A×B, A×C, B×C, A×B×C.

تشغل هذه المصادر الأعمدة C14 إلى C21 وفي كل عمود يتم تولد متغيرات وهمية.

الخطوات المقترحة لتوليد المتغيرات الوهمية

١- تولد المتغيرات الوهمية لكل مصدر تباين مفرد بأرقام تسلسلية، الأول يأخذ الرمز ١ والثاني يأخذ الرمز ٢ وهكذا. في المثال أربعة عوامل مفردة هي: Blocks وA وB وC يشير الجدول (٣) إلى توليد متغيراتها الوهمية*.

الجدول ٣: توليد المتغيرات الوهمية لمصادر التباين Blocks (BL) وA وB وC.

BL	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
A	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢
B	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣
C	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢

* الجداول (٣ و٤ و٥ و٦ و٧) تظهر على شاشة البيانات على شكل أعمدة، وقد عرضت في متن البحث على شكل صفوف للملائمة.

٢- يتم توليد المتغيرات الوهمية للتداخل (يرمز للتداخل بين عاملين بِـ (× cross)) كالأتي: يقابل تداخل المستوى الأول للعوامل الرمز ١، عند كل تغير لمستوى أحد العوامل يعطى رقماً تسلسلياً جديداً، عند تكرار تقابل نفس المستويات يعطى نفس الرمز السابق. يعطى الصفر (٠) عند احتواء التقابل على أعلى مستوى من أيٍ من العوامل. ويشير الجدول (٤) إلى كيفية توليد المتغيرات الوهمية للتداخل A×B والتداخل A×B×C. وقد وضع خط تحت أعلى المستويات.

الجدول ٤: المتغيرات الوهمية للمصدرين (A×B) و(A×B×C).

A	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
B	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	٣
C	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	٢
A×B	١	١	٢	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	١	٢	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
A×B×C	١	٠	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	٠	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

٣- قد يحتوي مصدر التباين على التشعب (يرمز للتشعب بِـ (/ slash)) ومثال ذلك: تصاميم التشعب (nested designs) وعند استخدام إحدى وسائل الإدماج (confounding) وفي تحليل سلسلة من التجارب المتشابهة analysis of series of similar (experiments). إن كل مثال يحتوي على تشعب معين وهي على التوالي: (B/A) و(Blocks/Replications) و(Blocks/Locations/Years)، يدعى كل من B وBlocks بالعوامل المتشعبة (nested factors)، والجزء الآخر من التشعب مثل A وReplications وLocations/Years تدعى بعوامل التشعب (nest factors).

تولد المتغيرات الوهمية من التقابل بين مستويات العوامل المفردة في مصدر التباين مبتدأ بالرقم ١ عند أول تقابل بزيادة تسلسلية عند كل تغير في مستوى أحد العوامل المتقابلة، ويسبب أعلى مستوى في العوامل المتشعبة قيمة صفرية للمتغير الوهمي (الجدولين ٥ و٦).

الجدول ٥: المتغيرات الوهمية لمصدر التباين (A/B) و(BL/B/C).

A	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
B	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	٣
B/A	١	١	٢	٢	٠	٠	٣	٣	٤	٤	٠	٠	١	١	٢	٢	٠	٠	٣	٣	٤	٤	٠	٠	٠

الجدول ٦: المتغيرات الوهمية لمصدر التباين BL/B/C.

BL	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
B	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	٣
C	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	١	٢	٢
BL/B/C	١	٢	٣	٤	٥	٦	١	٢	٣	٤	٥	٦	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

٤- بعض مصادر التباين تجمع بين التداخل والتشعب، مثل الأخطاء التجريبية للتصاميم المنشقة لأكثر من مرة (more than one split-plot designs) (دبدوب والكاتب، ٢٠٠٥). فإذا وضعت مستويات العامل A في القطع الرئيسة فإن الخطأ التجريبي لهذه القطع هو التداخل $E_{(a)}$= Blocks×A ويتم توليد المتغيرات الوهمية وفقاً للخطوة (٢). وطبقاً للتصميم توضع مستويات العامل B في القطع الثانوية ذات الخطأ التجريبي $E_{(b)}$= Blocks×B/A، إذ يلاحظ التداخل بين العامل B والـ Blocks وبنفس الوقت هما متشعبان من عامل التشعب A، إن تولد المتغيرات الوهمية لهذا الخطأ يتم من مستويات مكوناته الثلاثة وفق ما جاء بالخطوتين (٢ و٣)، فعند أعلى مستوى لأي من العاملين المتداخلين Blocks×B يعطى للمتغير الوهمي صفراً (الخطوة ٢)، في حين لا يعطي عامل التشعب (A) صفراً (الخطوة ٣)، ويشير الجدول (٧) إلى المتغيرات الوهمية المولدة.

الجدول ٧: توليد المتغيرات الوهمية للخطأين $E_{(a)}$ و$E_{(b)}$ في تصميم القطع المنشقة لمرة واحدة.

BL	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
A	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢
$E_{(a)}$	١	١	١	١	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
A	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	١	١	١	١	١	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
B	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	١	١	٢	٢	٣	٣	٣
$E_{(b)}$	١	١	٢	٢	٠	٠	٣	٣	٤	٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

إذا ما طبقت تجربة عاملية B×C داخل قطع منشقة أخذت القطع الرئيسة فيها مستويات العامل A عندئذ يكون الخطأ للقطع الثانوية هو E(b)=B×C× Blocks /A، يتم التعامل مع B×C×Blocks وفق الخطوة (٢) ومع A وفق الخطوة (٣).

النموذج الخطي العام:

من خلال طاولة الأوامر (session window) أو لوحة المحادثة يعطى الأمر للحاسوب بتطبيق النموذج الخطي العام، يشير الأمر إلى موقع متغير الاستجابة (Response) وإلى مكونات النموذج الذي تحدده مصادر تباين التصميم بعد أن يستبعد الخطأ التجريبي لأصغر وحدة تجريبية، كالآتي:

```
MTB > GLM 'Response' = Blocks A B C 'A×B' 'A×C' 'B×C' 'A×B×C';
 SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

يعطي النموذج الخطي العام عدة نتائج يهمنا منها: مصادر التباين ودرجات الحرية ومجموع المربعات (Seq SS) ومتوسط المربعات (Seq MS).

تطبيق توضيحي للأسلوب المقترح:

طبق الأسلوب المقترح على الكثير من التصاميم والتجارب خاصة تلك التي أدرجت كأمثلة في كتب تستخدم كمراجع في مختلف الجامعات منها: الإمام (١٩٩٤) والراوي وخلف الله (٢٠٠٠) و Montgomery (2001) والمشهداني والمشهداني (٢٠٠٢)، وقد اختيرت من هذه الكتب أمثلة محلولة احتوت على بيانات طبقت في تصاميم وأساليب تجريبية متقدمة التطبيق تتبع أسلوب تحليلي معقد وذات علاقات مختلفة بين العوامل، وهي: الإدماج الجزئي partial (confounding) وتحليل سلسلة من التجارب المتشابهة (analysis of series of similar experiments) وتصميم 2^k النصف جزئياً (one-half fraction of the 2^k design).

سيطبق الأسلوب المقترح على بيانات أمثلة مختارة من الكتب المشار إليها بمساعدة البرنامج الحاسوبي الجاهز Minitab v. 13.20، كالآتي:

١- أشار المشهداني والمشهداني (٢٠٠٢، ٤٢٥) إلى تجربة عامليه 2^3 طبقت في الإدماج الجزئي (partial confounding) بأربعة مكررات (R) بقطاعين (BL)، دمج التأثير AC في المكررين الأول والثاني ودمج التأثير ABC في المكرر الثالث ودمج BC في المكرر الرابع (أي: " AC و' ABC و' BC). وضعت ٣٢ قيمة استجابة (Res) بشكل متراكم (stack) (الجدول ٨)، ومن ثم ولّدت المتغيرات الوهمية في الأعمدة التالية استعداداً لتحليلها.

الجدول ٨: متغير الاستجابة والمتغيرات الوهمية لتجربة عامليه 2^3 تتضمن الإدماج الجزئي.

No	Res	R	BL	A	B	C	A×B	A×C ''	B×C '	BL×R	BL/R	A×B×C'
١	١٢	١	١	٠	٠	١	٠	٠	٠	١	١	٠
٢	٣٠	١	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	١	١	٠
٣	٢٢	١	١	٠	١	١	٠	٠	١	١	١	٠
٤	١٢	١	١	١	١	٠	١	٠	٠	١	١	٠
٥	٢	١	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٦	٢٠	١	٢	١	٠	١	٠	١	٠	٠	٠	٠
٧	٢٠	١	٢	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٨	١٠	١	٢	١	١	١	١	١	١	٠	٠	١
٩	١٣	٢	١	١	٠	١	٠	١	٠	٢	٢	٠
١٠	٣	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٢	٢	٠
١١	١٣	٢	١	١	١	١	١	١	١	٢	٢	١
١٢	٢٠	٢	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	٢	٢	٠
١٣	٣٧	٢	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٤	٢٠	٢	٢	٠	١	١	٠	٠	١	٠	٠	٠
١٥	١٨	٢	٢	١	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠
١٦	١٤	٢	٢	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٧	٣٨	٣	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	٣	٣	٠
١٨	١٥	٣	١	١	١	١	١	١	١	٣	٣	١
١٩	٢٢	٣	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	٣	٣	٠
٢٠	١١	٣	١	٠	٠	١	٠	٠	٠	٣	٣	٠
٢١	١٥	٣	٢	١	٠	١	٠	١	٠	٠	٠	٠
٢٢	٢	٣	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٢٣	٢٠	٣	٢	٠	١	١	٠	٠	١	٠	٠	٠
٢٤	١٧	٣	٢	١	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠

٢٥	٢٥	٤	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٤	٠
٢٦	١٥	٤	١	١	٠	١	٠	١	٠	٠	٤	٠
٢٧	١٠	٤	١	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٤	٠
٢٨	١٢	٤	١	١	١	٠	١	٠	٠	٠	٤	٠
٢٩	١٢	٤	٢	١	١	١	١	١	١	٠	٠	١
٣٠	٥	٤	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٣١	٣٢	٤	٢	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٣٢	٢٠	٤	٢	٠	١	١	٠	٠	١	٠	٠	٠

إن احد مصادر التباين في الإدماج الجزئي هو Blocks Replications/ أي أن القطاعات متشعبة من المكررات، يتكون هذا المصدر من جزأين هما: القطاعات Blocks والتداخل بين القطاعات والمكررات Blocks×Replications. الأسلوب المقترح لا يعطي النتائج التحليلية في آن واحد لمصدر تباين وأجزاءه، ويمكن الحصول على نتائج كلٌ منهما بتطبيق النموذج الخطي العام على أعمدة الجدول (٨) بمرحلتين كالآتي:

أ- نتيجة التحليل تحتوي على Blocks/Replications. الأمر المعطى للحاسوب:

```
MTB > GLM 'Res' = 'REP.' 'BL/REP' A B C 'A×B' 'A×C " 'B×C ' ' 'A×B×C ' ';
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

ب- عند تجزئة مصدر التباين Blocks/Replications إلى Blocks و Blocks×Replications يعطى للبرنامج الأمر الآتي:

```
MTB > GLM 'Res' = 'REP' 'BL' 'BL×REP' A B C 'A×B' 'A×C " ' 'B×C ' ' &
CONT>  'A×B×C ' ';
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

يشير الجدولان (٩ و١٠) على نتائج كل مرحلة (أ وب). وقد تطابقت نتائجهما مع ما أشار إليه المشهداني والمشهداني (٢٠٠٢، ٤٢٨).

الجدول ٩: تحليل تجربة عامليه 2^3 دمج جزئياً فيها A×C مرتين وB×C وA×B×C.

Source	DF		Seq SS	Seq MS
REP	q-1	3	12.09	4.03
BL/REP	(r-1)*q	4	406.12	101.53
A	(a-1)	1	205.03	205.03
B	(b-1)	1	11.28	11.28
C	(c-1)	1	87.78	87.78
A×B	(a-1)*(b-1)	1	1262.53	1262.53
A×C "	(a-1)*(c-1)	1	150.06	150.06
B×C '	(b-1)*(c-1)	1	13.50	13.50
A×B×C '	(a-1)*(b-1)*(c-1)	1	222.04	222.04
Error	$(2^k-2^p)(q-1)-1$	17	109.02	6.41
Total	a*b*c*q-1	31	2479.47	

حيث أن: q=عدد المكررات و p=عدد التأثيرات المدمجة في كل قطاع و k=عدد العوامل.

الجدول ١٠: تجربة 2^3 تتضمن الإدماج الجزئي وقد جزء BL/REP إلى BL وBL*REP.

Source	DF		Seq SS	Seq MS
REP	q-1	3	12.09	4.03
BL	r-1	1	2.53	2.53
BL*REP	(r-1)*(q-1)	3	403.59	134.53
A	a-1	1	205.03	205.03
B	b-1	1	11.28	11.28
C	c-1	1	87.78	87.78
A*B	(a-1)*(b-1)	1	1262.53	1262.53
A*C‘‘	(a-1)*(c-1)	1	150.06	150.06
B*C‘	(b-1)*(c-1)	1	13.50	13.50

A*B*C‘	(a-1)*(b-1)*(c-1)	1	222.04	222.04
Error	$(2^k-2^p)(q-1)-1$	17	109.02	6.41
Total	a*b*c*q-1	31	2479.47	

٢- أشار الراوي وخلف الله (٢٠٠٠، ٣٦٩) إلى أسلوب مطول لتحليل سلسلة من التجارب المتشابهة (analysis of series of similar experiments)، فقد ناقشا مثالاً تحليلياً لتجربة احتوت على خمسة أصناف من القمح طبقت في تصميم يحتوي ثلاثة قطاعات عشوائية كاملة، كررت التجربة في أربع مناطق لسنتين متتاليتين، أعطت التجربة ١٢٠ قيمة استجابة (response) تمثل كمية الحاصل لكل وحدة تجريبية بالكيلوغرام. يشير الجدول (١١) إلى مصادر التباين ودرجات الحرية للتصميم.

الجدول ١١: مصادر التباين ودرجات الحرية في سلسلة من التجارب المتشابهة.

S.O.V.	D.F.
Years (Y)	y-1
Locations/Years = (L/Y)	(*l*-1)*y
Locations = (L)	*l*-1
Locations×Years - (L×Y)	(*l*-1)*(y-1)
$Error_{(a)}$ = (BL/L/Y)	(r-1)**l***y
BLOCKS (BL)	r-1
BL×L	(r-1)*(*l*-1)
BL×Y	(r-1)*(y-1)
BL×L×Y	(r-1)*(*l*-1)*(y-1)
Treatments/Locations/Years	(t-1)**l***y
Treatments (T)	t-1
T×L	(t-1)*(*l*-1)
T×Y	(t-1)*(y-1)
T×L×Y	(t-1)*(*l*-1)*(y-1)
$Error_{(b)}$ = BL×T/L/Y	(r-1)*(t-1)**l***y
Total	y**l***r**t-1

ولدت المتغيرات الوهمية بإتباع خطوات الأسلوب المقترح، ويعرض الجدول (١٢) ما تحتويه شاشة البيانات من معلومات استعداداً لتحليلها باستخدام أسلوب (GLM).

الجدول ١٢: متغير الاستجابة والمتغيرات الوهمية لسلسلة من التجارب المتشابهة.

No	Res	Y	L	B	T	L/Y	T/Y	T×Y	T×L	B/L/Y	T×L×Y	T×L/Y	T/L/Y
١	٢٢,٠	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١
٢	٣٠,٩	١	١	١	٢	١	٢	٢	٢	١	٢	٢	٢
٣	٢٢,٦	١	١	١	٣	١	٣	٣	٣	١	٣	٣	٣
٤	٣٠,٢	١	١	١	٤	١	٤	٤	٤	١	٤	٤	٤
٥	٢٤,٦	١	١	١	٥	١	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠
٦	٣٣,٧	١	١	٢	١	١	١	١	١	٢	١	١	١
٧	٤٠,٦	١	١	٢	٢	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٢
٨	٢٩,٨	١	١	٢	٣	١	٣	٣	٣	٢	٣	٣	٣
٩	٤٢,٣	١	١	٢	٤	١	٤	٤	٤	٢	٤	٤	٤
١٠	٣٣,١	١	١	٢	٥	١	٠	٠	٠	٢	٠	٠	٠
١١	٣١,٩	١	١	٣	١	١	١	١	١	٠	١	١	١
١٢	٤٥,٨	١	١	٣	٢	١	٢	٢	٢	٠	٢	٢	٢
١٣	٣٤,٩	١	١	٣	٣	١	٣	٣	٣	٠	٣	٣	٣
١٤	٤٨,٤	١	١	٣	٤	١	٤	٤	٤	٠	٤	٤	٤
١٥	٣٣,٤	١	١	٣	٥	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٦	٤٣,١	١	٢	١	١	٢	١	١	٥	٣	٥	٥	٥
١٧	٤٦,٧	١	٢	١	٢	٢	٢	٢	٦	٣	٦	٦	٦
١٨	٤٦,٩	١	٢	١	٣	٢	٣	٣	٧	٣	٧	٧	٧
١٩	٤٢,١	١	٢	١	٤	٢	٤	٤	٨	٣	٨	٨	٨
٢٠	٧٣,٨	١	٢	١	٥	٢	٠	٠	٠	٣	٠	٠	٠
٢١	٣١,٧	١	٢	٢	١	٢	١	١	٥	٤	٥	٥	٥
٢٢	٣٧,٢	١	٢	٢	٢	٢	٢	٢	٦	٤	٦	٦	٦
٢٣	٤٣,٧	١	٢	٢	٣	٢	٣	٣	٧	٤	٧	٧	٧
٢٤	٤١,٥	١	٢	٢	٤	٢	٤	٤	٨	٤	٨	٨	٨
٢٥	٤٩,٩	١	٢	٢	٥	٢	٠	٠	٠	٤	٠	٠	٠
٢٦	٣٢,٥	١	٢	٣	١	٢	١	١	٥	٠	٥	٥	٥
٢٧	٣٦,٢	١	٢	٣	٢	٢	٢	٢	٦	٠	٦	٦	٦
٢٨	٢٨,٥	١	٢	٣	٣	٢	٣	٣	٧	٠	٧	٧	٧
٢٩	٣١,٤	١	٢	٣	٤	٢	٤	٤	٨	٠	٨	٨	٨
٣٠	٥٧,٧	١	٢	٣	٥	٢	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٣١	٣٧,٠	١	٣	١	١	٣	١	١	٩	٥	٩	٩	٩
٣٢	٣١,١	١	٣	١	٢	٣	٢	٢	١٠	٥	١٠	١٠	١٠
٣٣	٣٢,١	١	٣	١	٣	٣	٣	٣	١١	٥	١١	١١	١١

٣٤	٣٠,٠	١	٣	١	٤	٣	٤	٤	١٢	٥	١٢	١٢	١٢
٣٥	٤٥,٣	١	٣	١	٥	٣	٠	٠	٠	٥	٠	٠	٠
٣٦	٣١,٤	١	٣	٢	١	٣	١	١	٩	٦	٩	٩	٩
٣٧	٣١,٠	١	٣	٢	٢	٣	٢	٢	١٠	٦	١٠	١٠	١٠
٣٨	٤٠,٧	١	٣	٢	٣	٣	٣	٣	١١	٦	١١	١١	١١
٣٩	٢٩,٩	١	٣	٢	٤	٣	٤	٤	١٢	٦	١٢	١٢	١٢
٤٠	٣٥,٠	١	٣	٢	٥	٣	٠	٠	٠	٦	٠	٠	٠
٤١	٣٧,٤	١	٣	٣	١	٣	١	١	٩	٠	٩	٩	٩
٤٢	٢٣,٣	١	٣	٣	٢	٣	٢	٢	١٠	٠	١٠	١٠	١٠
٤٣	٣٠,٣	١	٣	٣	٣	٣	٣	٣	١١	٠	١١	١١	١١
٤٤	٢٢,٧	١	٣	٣	٤	٣	٤	٤	١٢	٠	١٢	١٢	١٢
٤٥	٣٤,٣	١	٣	٣	٥	٣	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٤٦	٢٢,٥	١	٤	١	١	٠	١	١	٠	٧	٠	٠	١٣
٤٧	١٥,٥	١	٤	١	٢	٠	٢	٢	٠	٧	٠	٠	١٤
٤٨	٢٦,٨	١	٤	١	٣	٠	٣	٣	٠	٧	٠	٠	١٥
٤٩	٢١,٣	١	٤	١	٤	٠	٤	٤	٠	٧	٠	٠	١٦
٥٠	٢٩,٩	١	٤	١	٥	٠	٠	٠	٠	٧	٠	٠	٠
٥١	٣٢,٥	١	٤	٢	١	٠	١	١	٠	٨	٠	٠	١٣
٥٢	٢٢,٨	١	٤	٢	٢	٠	٢	٢	٠	٨	٠	٠	١٤
٥٣	٤٣,٩	١	٤	٢	٣	٠	٣	٣	٠	٨	٠	٠	١٥
٥٤	٢٠,٧	١	٤	٢	٤	٠	٤	٤	٠	٨	٠	٠	١٦
٥٥	٣٢,٣	١	٤	٢	٥	٠	٠	٠	٠	٨	٠	٠	٠
٥٦	١٨,٣	١	٤	٣	١	٠	١	١	٠	٠	٠	٠	١٣
٥٧	١١,٩	١	٤	٣	٢	٠	٢	٢	٠	٠	٠	٠	١٤
٥٨	٣٢,٩	١	٤	٣	٣	٠	٣	٣	٠	٠	٠	٠	١٥
٥٩	٢٦,٩	١	٤	٣	٤	٠	٤	٤	٠	٠	٠	٠	١٦
٦٠	٢٥,٠	١	٤	٣	٥	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٦١	٤٧,٨	٢	١	١	١	٤	٥	٠	١	٩	٠	١٣	١٧
٦٢	٤٩,٨	٢	١	١	٢	٤	٦	٠	٢	٩	٠	١٤	١٨
٦٣	٥٦,٥	٢	١	١	٣	٤	٧	٠	٣	٩	٠	١٥	١٩
٦٤	٦٤,٥	٢	١	١	٤	٤	٨	٠	٤	٩	٠	١٦	٢٠
٦٥	٤٩,٧	٢	١	١	٥	٤	٠	٠	٠	٩	٠	٠	٠
٦٦	٥٢,٦	٢	١	٢	١	٤	٥	٠	١	١٠	٠	١٣	١٧
٦٧	٤٣,٤	٢	١	٢	٢	٤	٦	٠	٢	١٠	٠	١٤	١٨
٦٨	٥٤,٦	٢	١	٢	٣	٤	٧	٠	٣	١٠	٠	١٥	١٩
٦٩	٥٥,٤	٢	١	٢	٤	٤	٨	٠	٤	١٠	٠	١٦	٢٠
٧٠	٦٠,١	٢	١	٢	٥	٤	٠	٠	٠	١٠	٠	٠	٠
٧١	٦٢,٣	٢	١	٣	١	٤	٥	٠	١	٠	٠	١٣	١٧
٧٢	٥١,٧	٢	١	٣	٢	٤	٦	٠	٢	٠	٠	١٤	١٨
٧٣	٦٦,٨	٢	١	٣	٣	٤	٧	٠	٣	٠	٠	١٥	١٩
٧٤	٧٧,٠	٢	١	٣	٤	٤	٨	٠	٤	٠	٠	١٦	٢٠
٧٥	٥٢,٨	٢	١	٣	٥	٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٧٦	٥٦,٢	٢	٢	١	١	٥	٥	٠	٥	١١	٠	١٧	٢١
٧٧	٦٦,٠	٢	٢	١	٢	٥	٦	٠	٦	١١	٠	١٨	٢٢
٧٨	٥٦,٢	٢	٢	١	٣	٥	٧	٠	٧	١١	٠	١٩	٢٣
٧٩	٧٦,٥	٢	٢	١	٤	٥	٨	٠	٨	١١	٠	٢٠	٢٤
٨٠	٥٣,٤	٢	٢	١	٥	٥	٠	٠	٠	١١	٠	٠	٠
٨١	٦١,١	٢	٢	٢	١	٥	٥	٠	٥	١٢	٠	١٧	٢١
٨٢	٦٣,٤	٢	٢	٢	٢	٥	٦	٠	٦	١٢	٠	١٨	٢٢
٨٣	٦١,٤	٢	٢	٢	٣	٥	٧	٠	٧	١٢	٠	١٩	٢٣
٨٤	٧٧,٩	٢	٢	٢	٤	٥	٨	٠	٨	١٢	٠	٢٠	٢٤
٨٥	٤٩,٦	٢	٢	٢	٥	٥	٠	٠	٠	١٢	٠	٠	٠
٨٦	٥٠,٠	٢	٢	٣	١	٥	٥	٠	٥	٠	٠	١٧	٢١
٨٧	٥٤,٥	٢	٢	٣	٢	٥	٦	٠	٦	٠	٠	١٨	٢٢
٨٨	٥٨,٧	٢	٢	٣	٣	٥	٧	٠	٧	٠	٠	١٩	٢٣
٨٩	٦٩,٣	٢	٢	٣	٤	٥	٨	٠	٨	٠	٠	٢٠	٢٤
٩٠	٤٧,٣	٢	٢	٣	٥	٥	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

٩١	٤٤,٤	٢	٣	١	١	٦	٥	٠	٩	١٣	٠	٢١	٢٥
٩٢	٤١,١	٢	٣	١	٢	٦	٦	٠	١٠	١٣	٠	٢٢	٢٦
٩٣	٤٤,٤	٢	٣	١	٣	٦	٧	٠	١١	١٣	٠	٢٣	٢٧
٩٤	٤٦,٦	٢	٣	١	٤	٦	٨	٠	١٢	١٣	٠	٢٤	٢٨
٩٥	٥٦,٢	٢	٣	١	٥	٦	٠	٠	٠	١٣	٠	٠	٠
٩٦	٤٩,٤	٢	٣	٢	١	٦	٥	٠	٩	١٤	٠	٢١	٢٥
٩٧	٣١,٧	٢	٣	٢	٢	٦	٦	٠	١٠	١٤	٠	٢٢	٢٦
٩٨	٤٢,٣	٢	٣	٢	٣	٦	٧	٠	١١	١٤	٠	٢٣	٢٧
٩٩	٤٥,٨	٢	٣	٢	٤	٦	٨	٠	١٢	١٤	٠	٢٤	٢٨
١٠٠	٥٤,١	٢	٣	٢	٥	٦	٠	٠	٠	١٤	٠	٠	٠
١٠١	٣٣,١	٢	٣	٣	١	٦	٥	٠	٩	٠	٠	٢١	٢٥
١٠٢	٣٢,٨	٢	٣	٣	٢	٦	٦	٠	١٠	٠	٠	٢٢	٢٦
١٠٣	٤٢,١	٢	٣	٣	٣	٦	٧	٠	١١	٠	٠	٢٣	٢٧
١٠٤	٥٠,٠	٢	٣	٣	٤	٦	٨	٠	١٢	٠	٠	٢٤	٢٨
١٠٥	٥٢,٦	٢	٣	٣	٥	٦	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
١٠٦	٢٨,٩	٢	٤	١	١	٠	٥	٠	٠	١٥	٠	٠	٢٩
١٠٧	٢٣,٧	٢	٤	١	٢	٠	٦	٠	٠	١٥	٠	٠	٣٠
١٠٨	٢٣,٠	٢	٤	١	٣	٠	٧	٠	٠	١٥	٠	٠	٣١
١٠٩	٢٣,٠	٢	٤	١	٤	٠	٨	٠	٠	١٥	٠	٠	٣٢
١١٠	٣٤,١	٢	٤	١	٥	٠	٠	٠	٠	١٥	٠	٠	٠
١١١	٢٨,٨	٢	٤	٢	١	٠	٥	٠	٠	١٦	٠	٠	٢٩
١١٢	٢١,٠	٢	٤	٢	٢	٠	٦	٠	٠	١٦	٠	٠	٣٠
١١٣	٢٩,١	٢	٤	٢	٣	٠	٧	٠	٠	١٦	٠	٠	٣١
١١٤	٢٥,٩	٢	٤	٢	٤	٠	٨	٠	٠	١٦	٠	٠	٣٢
١١٥	٤٢,٣	٢	٤	٢	٥	٠	٠	٠	٠	١٦	٠	٠	٠
١١٦	٣٥,٠	٢	٤	٣	١	٠	٥	٠	٠	٠	٠	٠	٢٩
١١٧	٢٦,٤	٢	٤	٣	٢	٠	٦	٠	٠	٠	٠	٠	٣٠
١١٨	٣٢,٧	٢	٤	٣	٣	٠	٧	٠	٠	٠	٠	٠	٣١
١١٩	٣٣,٢	٢	٤	٣	٤	٠	٨	٠	٠	٠	٠	٠	٣٢
١٢٠	٣٦,٥	٢	٤	٣	٥	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠

طبق النموذج الخطي العام على ثلاثة أنماط من مصادر التباين باستخدام الجدول (١٢)، النمط الأولى يضم مصادر تباين متشعبة، النمط الثاني تجزأة مصادر تباين متشعب إلى جزأين: الأول مصدر متشعب والجزء الثاني مصدر يجمع بين التداخل والتشعب، النمط الثالث تجزأة مصدر التباين المتشعب على أربعة أجزاء بحيث لا يحتوي على عامل متشعب، ويتم ذلك كالآتي:

أ- للتوصل إلى نتائج النمط الأول الخاص باحتواء مصادر التباين على التشعبات، يعطى الأمر الآتي إلى الحاسوب باستخدام (GLM) والاستعانة بمحتويات الجدول (١٢):

```
MTB > GLM 'Res' = Y 'L/Y' 'B/L/Y' 'T/Y' 'T/L/Y';
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

يبين الجدول (١٣) نتائج النمط الأول المحتوي على التشعبات فقط.

الجدول ١٣: مصادر تباين متشعبة في تحليل سلسلة من التجارب المتشابهة.

Source	DF	Seq SS	Seq MS
Y	1	5808.82	5808.82
L/Y	6	10780.92	1796.82
B/L/Y	16	1710.89	106.93
T/L/Y	32	4780.14	149.38
Error	64	1222.01	19.09
Total	119	24302.78	

ب- النمط الثاني هو تجزئة مصدر التباين المتشعب T/L/Y (الجدول ١٣) إلى مصدرين هما: مصدر متشعب (T/Y) ومصدر يجمع بين التداخل والتشعب (T×L/ Y) ويتم ذلك باستخدام أسلوب (GLM) والاستعانة بمحتويات الجدول (١٢) طبقاً للأمر الآتي:

```
MTB > GLM 'Res' = Y 'L/Y' 'B/L/Y' 'T/Y' 'T×L/Y';
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

ويشير الجدول (١٤) إلى نتيجة التجزئة، ويمكن المقارنة مع ما يوضحه الجدول (١٣) من نتائج.

الجدول ١٤: تجزئة مصدر التباين T/L/Y إلى (T/Y) و(T×L/Y).

Source	DF	Seq SS	Seq MS

Y	1	5808.82	5808.82
L/Y	6	10780.92	1796.82
B/L/Y	16	1710.89	106.93
T/Y	8	1476.90	184.61
T×L/Y	24	3303.24	137.64
Error	64	1222.01	19.09
Total	119	24302.78	

ت– النمط الثالثة هو تجزئة مصدر التباين المتشعب T/L/Y إلى أربعة مصادر لا تحتوي على عامل متشعب وفق الأمر:

```
MTB > GLM 'Res' = Y 'L/Y' 'B/L/Y' T T×Y T×L T×L×Y;
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

أعطى أسلوب (GLM) بعد الاستعانة بمحتويات الجدول (١٢)النتائج التحليلية في الجدول (١٥).

الجدول ١٥: تجزئة مصدر التباين T/L/Y إلى أربعة مصادر لا تشعب فيها.

Source	DF	Seq SS	Seq MS
Y	1	5808.82	5808.82
L/Y	6	10780.92	1796.82
B/L/Y	16	1710.89	106.93
T	4	959.87	239.97
TxY	4	517.03	129.26
TxL	12	1289.91	107.49
TxLxY	12	2013.34	167.78
Error	64	1222.01	19.09
Total	119	24302.78	

٣– تكلم Montgomery (2001, 303) عن تصميم يتبع عند توفر نصف الوحدات التجريبية اللازمة لتطبيق الإدماج، وهو تصميم 2^k النصف جزئياً one-half fraction of the 2^k design. وقد ذكر Montgomery (2001, 311) مثالاً لتجربة ذات تكرار واحد طبقت في مصنع لإنتاج دوائر التوصيل الكهربائي. طبقت التجربة في تصميم 2^{5-1} ضمت ٢٤ من المعاملات العاملية الأساسية، وقد وضع العامل الخامس (E) بحيث أن: E=A×B×C×D. سجلت ١٦ قيمة استجابة (Res) من نصف عدد المعاملات العاملية التي اختيرت بحيث تسمح بإعطاء نتائج دقيقة حول التأثيرات المفردة للعوامل (single effects) والتداخلات الثنائية بين العوامل (pair interaction) (الجدول ١٦). لتطبيق أسلوب (GLM) توضع المعاملات العاملية المختارة (Treat. Comb.) وعددها ١٦ في العمود الأول (C1) من شاشة البيانات، وفي العمود الثاني (C2) تكتب قيم الاستجابة (Res) بشكل تراكمي. الأعمدة التالية تمثل التأثيرات المفردة والتداخلات الثنائية للعوامل التي ستعتبر مصادر للتباين، وتولد المتغيرات الوهمية لهذه الأعمدة حسب ما جاء في الأسلوب المقترح. يوضح الجدول (١٦) ما تحتويه شاشة البيانات من معلومات، ليطبق النموذج الخطي العام (GLM) على محتوياته.

الجدول ١٦: المعاملات العاملية المختارة وقيم الاستجابة والمتغيرات الوهمية المولدة.

	Treat. Comb.	Res	A	B	C	D	E	AB	AC	AD	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE
1	e	8	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
2	a	9	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
3	b	34	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
4	abe	52	١	١	٠	٠	١	١	٠	٠	١	٠	٠	١	٠	٠	٠
5	c	16	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
6	ace	22	١	٠	١	٠	١	٠	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	١	٠
7	bce	45	٠	١	١	٠	١	٠	٠	٠	٠	١	٠	١	٠	١	٠
8	abc	60	١	١	١	٠	٠	١	١	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠
9	d	6	٠	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
10	ade	10	١	٠	٠	١	١	٠	٠	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	١
11	bde	30	٠	١	٠	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	١	١	٠	٠	١
12	abd	50	١	١	٠	١	٠	١	٠	١	٠	٠	١	٠	٠	٠	٠
13	cde	15	٠	٠	١	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١	١	١
14	acd	21	١	٠	١	١	٠	٠	١	١	٠	٠	٠	٠	١	٠	٠
15	bcd	44	٠	١	١	١	٠	٠	٠	٠	٠	١	١	٠	١	٠	٠

16	abcde	63	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١	١

للحصول على مجموع المربعات لمصادر التباين طبق النموذج الخطي العام وفق الأمر الآتي:

```
MTB > GLM 'Res' = A B C D E AB AC AD AE BC
BD BE CD CE DE;
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

يشير الجدول (١٧) إلى قيم مجموع المربعات لمصادر التباين المفردة وللتداخلات الثنائية، وهي نفس النتائج التي توصل إليها Montgomery (2001, 312).

الجدول ١٧: مجموع المربعات بدرجة حرية واحدة للتأثيرات المفردة وذات التداخل الثنائي.

The effects	A	B	C	D	E	AB	AC	AD
S.S.	495.06	4590.06	473.06	3.06	1.56	189.06	0.56	5.06
The effects	AE	BC	BD	BE	CD	CE	DE	
S.S.	5.06	1.56	0.06	0.06	3.06	0.56	7.56	

وقد اختار Montgomery (2001, 313) مصادر تباين A وB وC وAB وأنشأ لها جدول تحليل تباين خاص بها وهو ذاته الجدول (١٨) الناتج من تطبيق الأمر الآتي على الجدول (١٦).

```
MTB > GLM 'Res' = A B C  AB ;
SUBC>  SSquares 1;
SUBC>  Brief 1 .
```

الجدول ١٨: جدول تحليل التباين لمصادر تباين مختارة في تصميم 2^k النصف جزئياً.

Source	DF	Seq SS	Seq MS	F	P
A	1	495.1	495.1	193.20	0.000
B	1	4590.1	4590.1	1791.24	0.000
C	1	473.1	473.1	184.61	0.000
AB	1	189.1	189.1	73.78	0.000
Error	11	28.2	2.6		
Total	15	5775.4			

الاستنتاجات والتوصيات

إن الأسلوب المقترح يهتم بعملية توليد المتغيرات الوهمية ومن ثم تطبيق النموذج الخطي العام (GLM) للتوصل إلى متوسط المربعات في تصاميم متزنة كاملة وغير كاملة ذات النماذج الثابتة على أن لا يحتاج أيٍ من مجموع مربعاتها إلى تعديل. تطابقت نتائج الأسلوب المقترح (الجداول: ١٠ و١٣ و١٤ و١٥ و١٧ و١٨) مع ما عرضته الكتب من نتائج الأمثلة المختارة، كما حللت بيانات الأمثلة باستخدام برنامج حاسوبي جاهز Statistical Analysis System (SAS) ذو الكفاءة العالية في تحليل بيانات التجارب المصممة وقد تطابقت نتائجه مع نتائج الأسلوب المقترح.

من النتائج التي لم تعرض في البحث هي تطابق نتائج الأسلوب المقترح مع نتائج التصاميم والتجارب البسيطة والمعقدة التي وردت في الكثير من الكتب والبحوث، كما لوحظ أن الأسلوب المقترح يعالج البيانات المفقودة بطريقة Yates ذات الأسلوب المتوالي.

إن الأسلوب المقترح قد يكون فيه بعض الصعوبات بالمقارنة مثلاً مع البرنامج الحاسوبي الجاهز SAS ولكن هذا لا يمنع من التواصل في البحث العلمي وتطبيق الأسلوب إذا دعت الحاجة إليه.

المصادر :

١- الإمام، محمد محمد، ١٩٩٤، "تصميم وتحليل التجارب"، دار المريخ للنشر، المملكة العربية السعودية.

٢- دبدوب، مروان عبد العزيز، ٢٠٠٦، "المتغيرات الوهمية بديلة عن تقدير القيم المفقودة في تجارب التصاميم الأساسية"، مجلة جامعة تكريت للعلوم الإدارية والاقتصادية، كلية الإدارة والاقتصاد–جامعة تكريت، العراق، المجلد ٢، العدد ٤، ص ١٦٧–١٨٤.

٣- دبدوب، مروان عبد العزيز والكاتب، محمد أسامة، ٢٠٠٥، "تحليل الاتجاه ومشكلة تعدد العلاقة الخطية في تصميم القطع المجزأة"، مجلة مؤتة للعلوم والدراسات، جامعة مؤتة، المملكة الأردنية الهاشمية، المجلد ٢٠، العدد ٣، ص ٩–٢٥.

٤- دبدوب، مروان عبد العزيز وهدبة، وكاع علي، (٢٠٠٨)، "العلاقة بين تحليل التباين وتحليل انحدار المتغيرات الوهمية"، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق، المجلد ٨، العدد ١٤، ص ١١٣–١٣٢.

٥- الداهري، فؤاد عبود والناشئ، منتصر رشيد وشريف، إحسان كاظم ومحسن، عفراء عبد، ١٩٨٩، "المتغيرات الوهمية واستخداماتها في القياس الاقتصادي"، مجلة تنمية الرافدين، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة الموصل، العراق، المجلد ١١ العدد ٢٨، ص ٢٨٧ – ٣٢٠.

٦- الراوي، خاشع محمود وخلف الله، عبد العزيز محمد، ٢٠٠٠، " تصميم وتحليل التجارب الزراعية"، الطبعة الثانية، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق.

٧- المشهداني، محمود حسن والمشهداني، كمال علوان، ٢٠٠٢، " تصميم وتحليل التجارب"، الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة، جامعة بغداد، العراق.
٨- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، ١٩٩٣، "دليل مشاكل تصميم وتحليل التجارب في البحوث الزراعية"، مطبعة المنظمة العربية للتنمية الزراعية، جامعة الدول العربية.
٩- هدبة، وكاع علي، ٢٠٠٥، " مقارنة لبعض طرائق تقدير ومعالجة القيم المفقودة في تصاميم التجارب الأساسية"، رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.
10- Coons, I.; 1957; " The analysis of covariance as a missing plot technique"; Biometrica; 13,p 307-405.
11- John, J. and Prescott, P.; 1975;" Estimating missing values in experiments"; J. of App. Stat.; 24, p 190-192.
12- Little, R. J. and Rubin, D. B.; 2002; " Statistical analysis with missing data"; 2nd edition; John Wiley and Sons; N.Y.
13- Montgomery, D. G.; 2001; " Design and Analysis of Experiments"; 2nd Edition; John Wiley and Sons; N. Y.
14- Yates, F.; 1933; "The analysis of replicated experiments when the field results are incomplete"; Emp. J. Exp. Agric.; 1, p 129-142.

Suggested Procedure To Calculate The Mean Squares For Some Balanced Designs Of Fixed Model

Marwan Abdul-Aziz Dabdoub
Dept. of Statistics and Informatics , College of Computer Sciences and Mathematics , Mosul University , Mosul , Iraq
(**Received:** 5 / 3 / 2009 ---- **Accepted:** 18 / 1 / 2010)

Abstract
A suggested procedure were established to calculate the mean squares of balanced complete and incomplete designs of fixed model, which it does not need to adjust the sum of squares. The procedure dependent upon generating dummy variables and application them in general linear model (GLM). Also the method tackled the missing values. The program Minitab v. 13.20 was used.