ثانياً: تحليل التباين الثنائي Two-Way ANOVA

مثال (١):

يمثل الجدول التالي عدد الوحدات المنتجة في الأسبوع وذلك لعشرة عمال باستخدام ثلاثة أنواع مختلفة من الماكينات

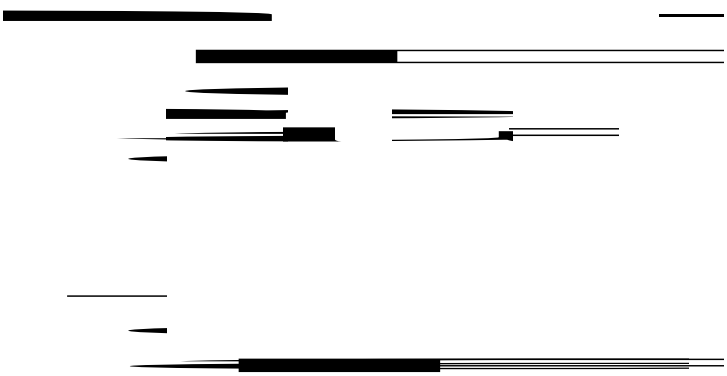
العامل / نوع الماكينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
١	90	80	70	90	60	76	68	94	83	74
٢	82	92	60	70	50	65	79	82	68	80
٣	76	65	82	80	90	92	86	71	93	68

المطلوب اختبار:

أ) ما إذا كان العمال متساويين في الإنتاج.

ب) ما إذا كانت الماكينات متساوية في الإنتاج مستخدماً مستوى دلالة $\alpha = 0.05$

الحل العملي:



من النتائج السابقة يمكن استنتاج ما يلي:

أولاً: اختبار ما إذا كان العمال متساويين في الإنتاج

فرضية العدم: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_{10}$

حيث أن: F = 0.562 (صغيرة)، Sig. = 0.81 أكبر من $\alpha = 0.05$ (مستوى الدلالة)

فبالتالي لا يمكن رفض H_0 ونستنتج أن إنتاج العمال متساوٍ.

ثانياً: اختبار ما إذا كانت الماكينات متساوية في الإنتاج

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

حيث أن: F = 1.040 (صغيرة)، Sig. = 0.374 أكبر من $\alpha = 0.05$ (مستوى الدلالة)

فبالتالي لا يمكن رفض H_0 ونستنتج أن الماكينات متساوية في الإنتاج.

مثال (٢)

يمثل الجدول التالي زيادة وزن الأطفال (مقدراً بالكيلوجرام) باستخدام ثلاثة أنواع مختلفة من الفيتامينات، وأربعة أنواع من الغذاء الخاص خلال ستة أشهر.

الفيتامينات **الغذاء الخاص**	B_1	B_2	B_3
A_1	2, 1.5	1.8, 2.2	2.3, 1.6
A_2	2.3, 2.6	2.3, 1.5	1.7, 2.1
A_3	1.5, 2	2.1, 1.8	2.3, 1.7
A_4	2.1, 1.8	1.5, 2.1	1.9, 1.5

المطلوب:

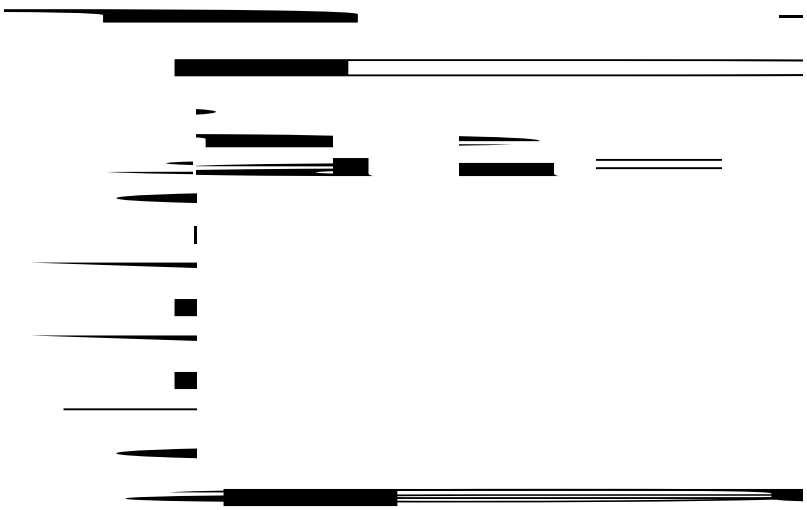
مستخدماً مستخدماً مستوى الدلالة $\alpha = 0.05$ المطلوب:

أ) هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات الفيتامينات ؟

ب) هل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات أنواع الغذاء ؟

ج) هل يوجد تفاعل بين نوع الفيتامين، ونوع الغذاء الخاص

الحل العملي:



من النتائج السابقة يمكن استنتاج ما يلي:

أولاً: اختبار ما إذا كانت هناك فروق بين متوسطات الفيتامينات الثلاثة

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

حيث أن: F = 0.126 ، Sig. = 0.883 أكبر من $\alpha = 0.05$ (مستوى الدلالة) فبالتالي لا يمكن رفض H_0 ونستنتج أن متوسطات الفيتامينات الثلاثة متساوية التأثير على زيادة وزن الأطفال.

ثانياً: اختبار ما إذا كان هناك فروق بين متوسطات أنواع الغذاء الخاص الأربعة

فرضية العدم: $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

حيث أن: F = 0.589 ، Sig. = 0.634 أكبر من $\alpha = 0.05$ (مستوى الدلالة) فبالتالي لا يمكن رفض H_0 ونستنتج أن متوسطات أنواع الغذاء الأربعة متساوية التأثير على زيادة وزن الأطفال.

ثالثاً: اختبار ما إذا كان هناك تفاعل بين نوع الفيتامين ونوع الغذاء الخاص

فرضية العدم: لا يوجد تفاعل بينهما

حيث أن: F = 0.741 (صغيرة)، Sig. = 0.627 أكبر من $\alpha = 0.05$ (مستوى الدلالة) فبالتالي لا يمكن رفض H_0 ونستنتج أنه لا يوجد تفاعل بين نوع الفيتامين ونوع الغذاء الخاص، أي أنهما مستقلان.

في حالة رفض فرضية العدم ولمقارنة متوسطات كل عامل على حده لمعرفة أي منهم أكثر تأثيراً اضغط ...Post Hoc ثم اختر Bonferroni كما في حالة تحليل التباين الأحادي.

ثالثاً: تحليل التباين الثلاثي Three-Way ANOVA

يستخدم تحليل التباين الثلاثي في حالة تجارب يؤثر عليها ثلاثة عوامل **A,B,C** مثلاً.

هناك سبعة اختبارات في حالة تحليل التباين الثلاثي مع وجود تفاعل بين العوامل الثلاثة وهي:

١. اختبار الفرضية H_1: لا يوجد فروق بين متوسطات مستويات العامل الأول **A**.
٢. اختبار الفرضية H_2: لا يوجد فروق بين متوسطات مستويات العامل الثاني **B**.
٣. اختبار الفرضية H_3: لا يوجد فروق بين متوسطات مستويات العامل الثالث **C**.
٤. اختبار الفرضية H_4: لا يوجد تفاعل بين العاملين الأول والثاني **A,B**.
٥. اختبار الفرضية H_5: لا يوجد تفاعل بين العاملين الأول والثالث **A,C** .
٦. اختبار الفرضية H_6: لا يوجد تفاعل بين العاملين الثاني والثالث **B,C**.
٧. اختبار الفرضية H_7: لا يوجد تفاعل بين العوامل الثلاثة **A,B,C**.

مثال (٥):

عند إنتاج مادة معينة. كان هناك ثلاثة عوامل مهمة وهى: **A**: تأثير المهندس (هناك ثلاثة مهندسين)**B** : المادة المساعدة على إنتاج المادة المطلوبة (هناك ثلاثة أنواع من المواد المساعدة) **C**: زمن التعبئة بعد الإنتاج (هناك فترتان ١٥ دقيقة و ٢٠ دقيقة). يمثل الجدول التالي نتائج تجربة أجريت لهذا الغرض.

		B_1	B_2	B_3
C_1	A_1	10.7, 10.8, 11.3	10.3, 10.2, 10.5	11.2, 11.6, 12.0
	A_2	11.4, 11.8, 11.5	10.2, 10.9, 10.5	10.7, 10.5, 10.2
	A_3	13.6, 14.1, 14.5	12.0, 11.5, 11.6	11.1, 11.0, 11.5
C_2	A_1	10.9, 12.1, 11.5	10.5, 11.1, 10.3	12.2, 11.0, 11.7
	A_2	9.8, 11.3, 10.9	12.6, 7.5, 9.9	10.8, 10.2, 11.5
	A_3	10.7, 11.7, 12.7	10.2, 11.5, 10.9	11.9, 11.6, 12.2

المطلوب:

كوِّن جدول تحليل التباين الثلاثي ثم فسُرَ النتائج الكاملة التي يمكن الحصول عليها منه

Univariate Analysis of Variance

Warnings

Post hoc tests are not performed for قبل نمز because there are fewer than three groups.

التعليق:

لا يمكن استخدام اختبارات **Post Hoc** لمتغير "زمن التعبئة" لأنه يتكون من مجموعتين فقط ويستخدم في هذه الحالة اختبار **T** في حالة العينات المستقلة كما تم شرحه سابقاً (لمزيد من التفاصيل أنظر الباب الخامس).

Levene's Test of Equality of Error Variances[a]

Dependent Variable: فيرعم ةدام جاتنا

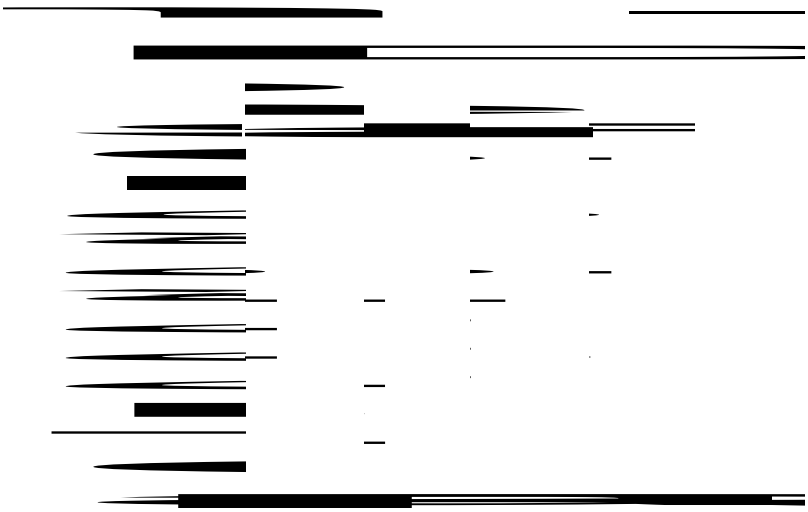
F	df1	df2	Sig.
2.281	17	36	.019

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept+سنف هلباا+نمزلا+ةدامباا+سنف هلباا * المادة+الدمهندس * الزمن+المادة * الزمن+الدمهندس * المادة * الزمن

التعليق:

قيمة إحصاء ليفين = **2.281**، **Sig. = 0.019** وهذا يدل على عدم تجانس العوامل الثلاثة.



التعليق:

١. أثر المهندس على كمية إنتاج المادة:

F=11.645، Sig.=.000 **أصغر من** 0.05 **(مستوى الدلالة) بالتالي فإنه يوجد تأثير للمهندس على كمية إنتاج المادة.**

٢. أثر نوع المادة المساعدة على كمية إنتاج المادة:

F=8.48، Sig.=.001 **أصغر من** 0.05 **(مستوى الدلالة) بالتالي فإنه يوجد تأثير لنوع المادة المساعدة على كمية إنتاج المادة.**

٣. أثر زمن التعبئة على كمية إنتاج المادة:

F=1.974، Sig.=.169 **أكبر من** 0.05 **(مستوى الدلالة) بالتالي فإنه لا يوجد تأثير لزمن التعبئة على كمية إنتاج المادة.**

٤. **التفاعل بين المهندس والمادة المساعدة:**

F=1.988، Sig.=.117 **أكبر من** 0.05 **(مستوى الدلالة) بالتالي فإنه لا يوجد تفاعل بين المهندس والمادة المساعدة.**

٥. **التفاعل بين المهندس وزمن التعبئة**

F=2.427، Sig.=.103 **أكبر من** 0.05 **(مستوى الدلالة) بالتالي فإنه لا يوجد تفاعل بين المهندس وزمن التعبئة.**

٦. **التفاعل بين المادة المساعدة وزمن التعبئة:**

F=3.026، Sig.=.061 **أكبر من** 0.05 **(مستوى الدلالة) بالتالي فإنه لا يوجد تفاعل بين المادة المساعدة وزمن التعبئة.**

٧. **التفاعل بين المهندس والمادة المساعدة وزمن التعبئة:**

F=2.043، Sig.=.103 أكبر من **0.05** (مستوى الدلالة) بالتالي فإنه لا يوجد تفاعل بين المهندس والمادة المساعدة وزمن التعبئة.

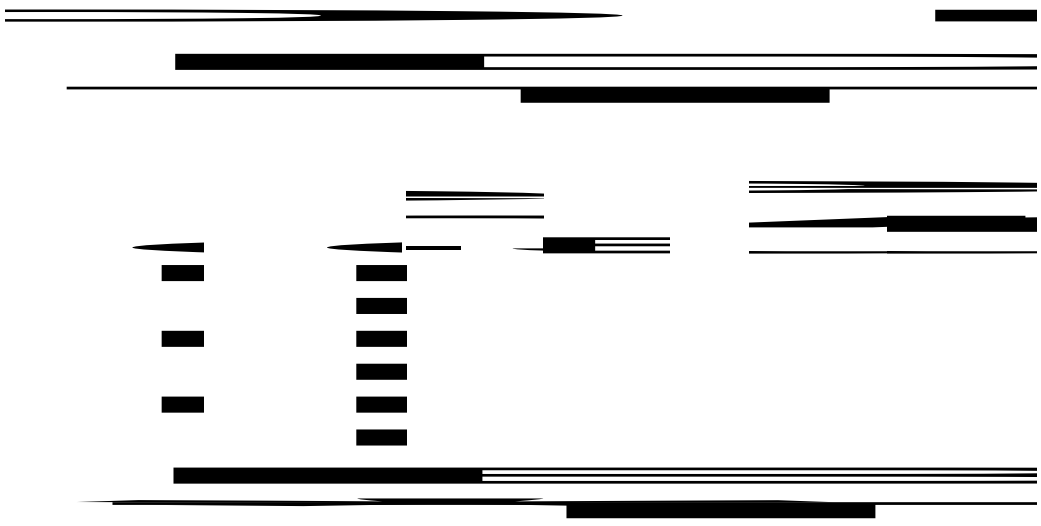
التعليق:

تم استخدام اختبار Tamhane لمقارنة متوسطات كل عامل على حده.

- لا يوجد فرق معنوي بين متوسطي تأثير المهندسين الأول والثاني على كمية إنتاج المادة لأن Sig.=.402 أكبر من 0.05 (مستوى الدلالة).
- يوجد فرق معنوي بين متوسطي تأثير المهندسين الأول والثالث على كمية إنتاج المادة لأن Sig.=.048 أصغر من **0.05** (مستوى الدلالة) وحيث أن $\mu_1 - \mu_3 = -.8$ بالتالي فإن تأثير المهندس الثالث أكبر من تأثير المهندس الأول على كمية إنتاج المادة.
- يوجد فرق معنوي بين متوسطي تأثير المهندسين الثاني والثالث على كمية إنتاج المادة لأن Sig.=.007 أصغر من **0.05** (مستوى الدلالة) وحيث أن $\mu_2 - \mu_3 = -1.2278$ بالتالي فإن تأثير المهندس الثالث أكبر من تأثير المهندس الثاني على كمية إنتاج المادة.

من هذه النتائج يمكن القول بأن المهندس الثالث له تأثير أكبر من المهندسين الأول والثاني على كمية إنتاج المادة.

تأثير المادة المساعدة



التعليق:

- يوجد فرق معنوي بين متوسطي تأثير المادة المساعدة الأولى والثانية على كمية إنتاج المادة لأن Sig.=.030 أصغر من **0.05** (مستوى الدلالة) وحيث أن $\mu_1 - \mu_2 = 1.0611$ بالتالي فإن تأثير المادة المساعدة الأولى أكبر من تأثير المادة المساعدة الثانية على كمية إنتاج المادة.

- لا يوجد فرق معنوي بين متوسطي تأثير المادة المساعدة الأولى والثالثة على كمية إنتاج المادة لأن Sig.=.427 أكبر من 05. (مستوى الدلالة)
- لا يوجد فرق معنوي بين متوسطي تأثير المادة المساعدة الثانية والثالثة على كمية إنتاج المادة لأن Sig.=.151 أكبر من 05. (مستوى الدلالة)

من هذه النتائج يمكن القول بأن المادة المساعدة الأولى لها تأثير أكبر من المادة المساعدة الثاني والثالثة على كمية إنتاج المادة.