

الباب الرابع

التنبؤ بالقيم التربوية

Predicting bree values

الباب الرابع

التنبؤ بالقيم التربوية Predicting breeding values

يعتبر معرفة كيفية التنبؤ بالاستجابة للانتخاب في برامج التربية مفيداً لأجل المقارنة بين برامج التربية والمساعدة في إيجاد وسائل للتحسين الوراثي. وعند إقرار استخدام الانتخاب لا بد من المرور ببعض الخطوات التي يلزم مراعاتها لأجل النجاح في تحقيق التنبؤ المطلوب عن القيمة التربوية، وهذه الخطوات تشمل:

- ١- معاملة الحيوانات بطريقة تجعل من السهولة تحديد التأثيرات الوراثية والبيئية التي تؤثر القيمة التربوية لصفة الحيوان.
- ٢- تصحيح سجلات الأداء للحيوان لمعرفة التأثيرات البيئية.
- ٣- التنبؤ بالقيم التربوية لحيوانات معينة.

والطرق الحديثة للتقييم الوراثي تهتم بالخطوة الثانية والثالثة معاً. ومن الأهمية في معظم برامج التربية تحديد تأثيرات كل من العوامل الوراثية والبيئية وذلك لكي ننتخب الحيوانات ذات الكفاءة الوراثية العالية، ولا ننتخب فقط الحيوانات التي أداءها نتيجة التغذية والمعاملة الجيدة. وتقسم العوامل البيئية التي تعطى أعلى كفاءة وراثية حقيقية إلى قسمين:

الأول: العوامل البيئية التي من الصعوبة أن تعود إلى تأثير الحيوان نفسه مثل المرض الذي يؤثر على الأداء لبعض الحيوانات في القطيع ولا يؤثر في آخرين، ويحدث هذا المرض ولكن يصعب أن يكون تأثيره متطابقاً تماماً في جميع الحيوانات التي تأثرت بهذا المرض ولذلك يُنصح باستبعاد سجلات الأداء لمثل هذه الحيوانات المريضة رغم صعوبة تجنب تأثيره مع مراعاة أنه في حالة مقارنة هذه الحيوانات يراعى بقدر الإمكان أن تُعطى نفس الفرص لكي تُعبر الحيوانات عن كفاءتها الوراثية. ومثالاً لذلك المقارنة لصفة النمو بعد الفطام والحيوانات في عمر واحد وتُعطى فرص متساوية في حالة التغذية على عليقة إضافية. إما القسم الثاني من تأثيرات العوامل البيئية فهي تشمل عمر الأم وهل الحيوان مفرد أو توأم أو ثلاثة، وترتيب موسم الإدرار وموسم وتاريخ الميلاد والعمر عند قياس

الصفة، ورغم صعوبة معرفة التأثير بصفة مؤكدة فإن أى من هذه العوامل له تأثير على أداء الحيوان، ويمكن تقدير متوسط التأثير لأى من هذه العوامل لمجموعة من الحيوانات. ويُفضل أن يتم تصحيح هذه النوعية من العوامل البيئية.

وتعتمد الطرق الموضوعية في التحسين الوراثي بشدة على المقارنة عن أداء الحيوانات التي عوملت بنفس الطريقة أو بمعنى آخر حدثت ولادة صغار الماشية خلال فترة قصيرة وفي نفس المزرعة وتشابهت في نظام التغذية والرعاية. وهذه الحيوانات غالبًا يطلق عليها المعاصرات contemporaries والمجموعة التي تنتمي إليها contemporary groups والدقة في الانتخاب سوف تتحسن عن طريق التأكيد على أن الحيوانات في مجموعة المعاصرات تعامل معاملة متشابهة بقدر الإمكان، ويراعى أن يكون حجم هذه المجموعة كبيرًا لكي نسمح بالحصول على أحسن صورة ممكنة للتفريق بين التأثيرات الوراثية والبيئية على أداء الحيوانات.

أولاً: حساب القيمة التربوية باستخدام أداء الحيوان نفسه

Calculating Predicted breeding values (PBV) using the animal's own performance

في الحالة البسيطة عندما يكون لدينا سجل واحد لأداء الحيوان (الأبقار) فإن التنبؤ أو حساب القيمة التربوية هو انحراف أداء الحيوان عن المعاصرات له ومضروبًا في المكافئ الوراثي للصفة موضع الاهتمام. ويتم حساب هذا الانحراف في الأداء بعد تصحيح سجلات الأداء لنوعية التأثيرات البيئية.

∴ التنبؤ بالقيمة التربوية PBV أو حساب القيمة التربوية (EBV) =

$$= h^2 \times \text{الانحراف في الأداء بالمقارنة بالمعاصرات}$$

وهذه المعادلة تشبه المعادلة التي استخدمت للتنبؤ عن الاستجابة للانتخاب ما عدا أن هذه المعادلة تعبر عن حيوان واحد بينما معادلة الاستجابة للانتخاب تعبر عن كل النسل الذي وُلد من الأبوين المنتخبين. والجدول التالي (٤-١) يوضح كيف أن التنبؤ بالقيم التربوية PBV يحسب لمجموعتين من الحيوانات من قطيعين منفصلين، وإن كل

حيوان له سجل واحد من الأداء، وبهذه الطريقة من الحساب يتم ترتيب الحيوانات بنفس النظام داخل القطيع مثل ما تترتب بناء على سجلات أدائها أو بناء على انحرافاتهما من متوسط المعاصرات لها، ولكن التنبؤ بالقيم التربوية يعطينا تنبؤ عن كمية التفوق أو التخلف في أداء الحيوان الذى يعود إلى العوامل الوراثية التجميعية additive genes كما أن الجدول يوضح عديد من المعالم الأخرى للتنبؤ بالقيم التربوية.

جدول (٤-١) حساب الـ PBV's لوزن الجسم لماشية اللحم في عمر ٤٠٠ يوم ويوجد عشرة معاصرات في كل من القطيعين والقيم مصححة لعمر الأم والمكافئ الوراثي لصفة وزن الجسم ٠.٤، ويراد معرفة هل الفرق ٢٠ كجم (٥٤٠ - ٥٢٠ كجم) بالنسبة لمتوسط الوزن للحيوانات في القطيعين تعود إلى التربية والتغذية والرعاية أو لهذه العوامل مجتمعة معاً. وللإجابة على ذلك يلزم حساب الـ PBV's داخل القطيع.

القطيع (٢)				القطيع (١)			
القيمة التربوية كجم PBV	الانحراف من المتوسط (كجم)	الوزن في عمر ٤٠٠ يوماً مصححاً (كجم)	رقم الحيوان	القيمة التربوية كجم PBV	الانحراف من المتوسط (كجم)	الوزن في عمر ٤٠٠ يوماً مصححاً (كجم)	رقم الحيوان
٢٨ -	٧٠ -	٤٧٠	١١	٢٨ -	٧٠ -	٤٥٠	١
٤ -	١٠ -	٥٣٠	١٢	٣٢ +	٨٠ +	٦٠٠	٢
٤ +	١٠ +	٥٥٠	١٣	٣٢ -	٨٠ -	٤٤٠	٣
٢٠ -	٥٠ -	٤٩٠	١٤	١٦ -	٤٠ -	٤٨٠	٤
٤٠ +	١٠٠ +	٦٤٠	١٥	٤ +	١٠ +	٥٣٠	٥
٢٤ -	٦٠ -	٤٨٠	١٦	٢٠ +	٥٠ +	٥٧٠	٦
٨ -	٢٠ -	٥٢٠	١٧	٨ -	٢٠ -	٥٠٠	٧
١٢ +	٣٠ +	٥٧٠	١٨	صفر	صفر	٥٢٠	٨
٢٨ +	٧٠ +	٦١٠	١٩	١٢ +	٣٠ +	٥٥٠	٩
صفر	صفر	٥٤٠	٢٠	١٦ +	٤٠ +	٥٦٠	١٠
	صفر	٥٤٠	المتوسط		صفر	٥٢٠	المتوسط

ثانياً: طريقة تقدير القيمة التربوية للطلوقة (طريقة المعاصرات)

وفي هذه الطريقة بنات الثيران توجد في مزارع مختلفة (أو قطعان مختلفة). وهذه الطريقة تُستخدم لتقدير القيمة التربوية لذكور التربية التي تُستخدم في التلقيح الصناعي. وإذا كانت بنات الطلوقة عادة توجد في قطعان وأعدادها غير متساوية فإننا نستخدم معامل تصحيح أو معامل الوزن أي $\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$ لتلافي اختلاف أعداد الحيوانات أي بنات الثور في قطعان مختلفة. وفي النهاية نحصل على المعادلة التالية:

$$G_m = \frac{\sum (\bar{P}_A - \bar{A}) \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}{\sum \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

وهذه المعادلة لتقدير القيمة التربوية لذكور التربية تستخدم بشكل واسع في الوقت الحاضر واقترحها روبرتسون سنة (١٩٥٤) وتُستخدم الآن مع بعض التعديلات في أنحاء كثيرة من البلاد في تقدير القيمة التربوية لذكور الأبقار على اختلافها.

وهذه الطريقة ملائمة لاستخدام التلقيح الصناعي حيث تربي أبقار اللبن في أعداد كبيرة، ويشترط في هذه الطريقة أن تكون الأبقار في أول موسم حليب ونحصل عليها في وقت واحد وتعتبر بالتالي في عمر واحد. ويقدر إنتاج اللبن من المعاصرات ومن بنات الثور بطريقة واحدة ويتم أيضاً تعديل لموسم الحليب (من حيث طول الموسم) مع عدم احتساب أيام لبن السرسوب، ويكون القطيع في ظروف رعاية واحدة، وبذلك يكون الاختلاف تأثيره ضعيف بين القطعان.

وقبل إجراء حساب دليل الثور بطريقة المعاصرات لابد من مراعاة الآتي:

- ١- المتوسط العام لإنتاج كل البنات في القطيع ويرمز له بالرمز \bar{A}
- ٢- متوسط إنتاج بنات الثور المراد اختباره (n_1) ويرمز لهذا المتوسط \bar{Y}
- ٣- متوسط إنتاج بنات الثيران الأخرى (n_2) ويرمز لهذا المتوسط \bar{A}_Y

وتعتبر هذه الفترة من الوقت كافية لمقارنة البنات المعاصرات في قطع ما يُنتج
 $n_1 \bar{Y} + n_2 \bar{A}_Y$ كيلو جرام لبن، ويقدر متوسط إنتاج اللبن من جميع المعاصرات في هذا
 القطيع كالآتي:

$$A = \frac{n_1 \bar{Y} + n_2 \bar{A}_Y}{n_1 + n_2} \text{ ومن هذه المعادلة فإن } (n_1 + n_2) \bar{A} = n_1 \bar{Y} + n_2 \bar{A}_Y$$

$$\bar{A}_Y = \frac{(n_1 + n_2) \bar{A} - n_1 \bar{Y}}{n_2} \text{ وإنتاج البنات المعاصرات يساوى}$$

وبما أن الهدف إيجاد الفرق بين بنات الثور المراد اختباره والمعاصرات لهما أى أن:

$$\begin{aligned} \bar{Y} - \bar{A}_Y &= \bar{Y} - \frac{(n_1 + n_2) \bar{A} - n_1 \bar{Y}}{n_2} \\ &= \frac{n_1 + n_2}{n_2} (\bar{Y} - \bar{A}) \end{aligned}$$

وهذه هى الطريقة لتقدير الفرق بين متوسط إنتاج البنات للثور المراد تقدير القيمة
 التربوية له (\bar{Y}) مع الأمهات المعاصرات (\bar{A}_Y) في قطع واحد. وهى تعبر أيضًا عن
 معامل متوسط الإنتاج لجميع الأمهات المعاصرات في القطيع أى (\bar{A})، وأيضًا معامل
 متوسط الإنتاج للبنات (الأمهات) للثور المراد تقدير القيمة التربوية له (\bar{Y}). وحيث أن
 $W = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$ عدد البنات لكل ثور قد لا يتساوى فإننا نستخدم معادلة الوزن
 ويراعى ذلك عند تقدير الاختلاف بين متوسط إنتاج بنات الثور المراد تقدير القيمة
 التربوية له والأمهات المعاصرات

$$\therefore \bar{Y} - \bar{A}_Y = \frac{n_1 + n_2}{n_2} (\bar{Y} - \bar{A}) \quad \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$$

$$\bar{Y} - \bar{A}_Y = n_1 (\bar{Y} - \bar{A})$$

وبعد اختصارها تصبح

وإجراء المقارنة بين (CC) Contemporary Comparison البنات والمعاصرات لجميع القطعان يكون كالآتي:

$$CC = \frac{\sum n_1(\bar{Y} - \bar{A})}{\sum \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} = \frac{\sum n_1 (\bar{Y} - \bar{A})}{\sum W}$$

ويمكن إجراء الحساب بطريقتين تبعاً للوسيلة المستخدمة لإجراء العمليات الحسابية الطريقة الأولى: الجدول التالي موضح به متوسط إنتاج بنات الثور المراد تقدير القيمة التربوية له \bar{Y} وأعدادها n_1 في كل قطع وكذلك متوسط إنتاج المعاصرات \bar{A} وأعدادها $n_1 + n_2$ والعدد الموزون $\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}$ وكذلك متوسط الإنتاج في المنطقة \bar{P} ، وكان عدد البنات $n_1 = 11$ بنتاً وعدد البنات الموزون $W = 7.1$ بنتاً، ومتوسط إنتاج البنات للشور المراد اختياره $\bar{Y} = \frac{33740}{11} = 3067$ كجم لبن ومتوسط إنتاج البنات المعاصرات في القطيع $\bar{A} = \frac{32961}{11} = 2996$ كجم لبن ومتوسط الإنتاج في المنطقة $\bar{P} = \frac{23400}{8} = 2925$ كجم لبن

القطع	n_1	متوسط إنتاج كل بنت من بنات الثور المراد اختياره (كجم)	n_2	متوسط إنتاج البنات المعاصرات من ثيران أخرى (كجم)	عدد البنات الكلي	العمر الموزون W	متوسط إنتاج بنات المنطقة كجم
أ	1	2960	4	2832	5	0.8	2800
ب	2	3000	5	2948	7	1.4	3000
ب	1	3240	9	2948	10	0.9	3000
ب	1	3360	7	3216	8	0.9	3100
أ	1	2400	1	3067	2	0.5	2900

الباب الرابع: التنبؤ بالقيم التربوية

متوسط إنتاج بنات المنطقة كجم	العمر الموزون W	عدد البنات الكلى	متوسط إنتاج البنات المعاصرات من ثيران أخرى (كجم)	n ₂	متوسط إنتاج كل بنت من بنات الثور المراد اختباره (كجم)	n ₁	القطيع
٢٩٠٠	٠.٨	٤	٢٥١٠	٣	٢٨٤٠	١	أ
٢٨٠٠	٠.٨	٥	٢٨٤٠	٤	٣٠٠٠	١	ب
٢٩٠٠	١.٠-	٤	٣١٠٠	٢	٣٠٠٠	٢	ب
			٣١٠٠		٣٤٠٠		
-	-	١	٣٢٠٠	١	٣٢٠٠	١	ب

$$2925 = \frac{23400}{8} \quad 7.1 \quad 2996 = \frac{32961}{11} = \bar{A}_Y \quad 3067 = \frac{33740}{11} = \bar{Y}$$

∴ تفوق بنات الثور المراد اختباره بالنسبة للبنات المعاصرات

$$110 + = \frac{779}{7.1} = \frac{32961 - 33740}{7.1} =$$

فإذا كان المكافئ الوراثي لصفة إنتاج اللبن = ٠.٣٦٥ ولايجاد القيمة (RGV₁)

القيمة التربوية للقطيع Relative breeding value of herd

$$\% 102.7 = \frac{2996 + 110 + 0.73}{2996} = 100 \times \frac{\bar{A} + (\bar{A} - \bar{Y}) 2b}{\bar{A}} =$$

الطريقة الثانية: تختلف عن الأولى من بعض النقاط ولكنها تعطى نفس النتيجة

القطيع	السنة	n_1	متوسط إنتاج البنات n_1 كجم	n_2	متوسط إنتاج البنات المعاصرات n_2 (كجم)	الاختلاف d	العدد الموزون W	الوزن للاختلاف $d \times w$
أ	١٩٧٠	١	٢٩٦٠	٤	٢٨٠٠	١٦٠+	٠.٨	١٢٨+
ب	١٩٧٠	٢	٣١٢٠	٥	٢٨٨٠	٢٤٠+	١.٤	٣٣٦+
ج	١٩٧٠	١	٣٣٦٠	٩	٣٢٠٠	١٦٠+	٠.٩	١٤٤+
د	١٩٧١	١	٣٣١٠	٧	٣٦٠٠	٢٦٠-	٠.٩	٢٣٤-
هـ	١٩٧١	١	٢٤٠٠	١	٣٠٠٠	٦٠٠-	٠.٥	٣٠٠-
و	١٩٧١	١	٢٨٤٠	٣	٢٤٠٠	٤٤٠+	٠.٨	٣٥٢+
ز	١٩٧٢	١	٣٠٠٠	٤	٢٨٠٠	٢٠٠+	٠.٨	١٦٠+
ح	١٩٧٣	٢	٣٢٠٠	٢	٣٠٠٠	٢٠٠+	١.٠	٢٠٠+
ط	١٩٧٣	١	٣٢٠٠	١	-	-	-	-

$$٢٨٦ + ٧.١ \quad ٣٠.٥٧ = \frac{١٠٧٠٠٠}{٣٥} \quad ٣٥ \quad ٣٣٧١٠ \quad ١١$$

من الجدول يتضح أن عدد البنات الحقيقي $n_1 = ١١$ بنتاً

عدد البنات الموزون = ٧.١ ، متوسط إنتاج البنات للثور المختبر = ٣٠.٦٧

$$\text{متوسط التفوق بالمقارنة بالمعاصرات} = \frac{٧٨٦}{٧.١} = ١١١$$

القيمة التربوية النسبية $R.B.V = \frac{2b(\text{متوسط التفوق}) + \text{متوسط إنتاج المعاصرات}}{\text{متوسط إنتاج المعاصرات}}$

$$\% ١٠٢.٧ = \frac{٣٠.٥٧ + (١١١) \cdot ٠.٧٣}{٣٠.٥٧} =$$

ويمكن استخدام معادلة أخرى RGV_2 القيمة التربوية النسبية (٢)

$$\frac{\bar{P} + (\bar{P} - \bar{A}) h_A^2 + (\bar{A} - \bar{Y}) 2b}{\bar{P}} = RGV_2$$

وتحسب \bar{A} جديدة عند مقارنتها مع \bar{P} حيث تحسب على أساس مجموع إنتاج ثمانية بقرات من المعاصرات والقسمة على عددهم أى $\frac{23713}{8} = 2964$ كجم لبن كما أن $0.2 = h_A^2$

$$\%1.03 = 100 \times \frac{2925 + (2925 - 2964) \cdot 0.2 + (110) \cdot 0.73}{2925} = RGV_2 \therefore$$

أى القيمة التربوية للطلوقة تزيد بمقدار 3% من متوسط السلالة

$$\frac{h^2 \times 0.25 \times n}{h^2 \cdot 0.25(1-n) + 1} = b \text{ لإيجاد قيمة } b \text{ أو المعامل التكرارى باستخدام المعادلة } b$$

ويستخدم المعامل التكرارى للتقدير الصحيح للقيمة التربوية لذكور التربية وإنتاج النسل وهذا التقدير للمعامل التكرارى يفيد فى معرفة إنتاج بنات المستقبل، وتزيد قيمة هذا المعامل بزيادة عدد النسل المستخدم فى الاختبار. فإذا كان معامل الارتباط بين الآباء والنسل هو $\frac{1}{4} h$ فإن معامل التحديد R^2 coefficient of Determination يساوى h^2 0.25

$$b = \frac{h^2 \times 0.25 \times n}{h^2 \cdot 0.25(1-n) + 1} \therefore$$

مثال: إذا فرض أنه لَدَى طلوقة p لها بنات فى أربعة مزارع ولها عدد مختلف من البنات فى كل مزرعة، وطبيعى يوجد بكل مزرعة بنات كثيرة معاصرات لطلايق أخرى، ولنفرض الوضع كالاتى فى الجدول. أحسب القيمة التربوية للطلوقة المراد اختبارها والقيمة التربوية النسبية للمعاصرات وبالنسبة لمتوسط النوع

الفرق المعدل معامل التعديل × الفروق	معامل الوزن $\frac{١ن}{٢ن + ١ن}$	الفرق بين متوسطى البنات - المعاصرات كجم	المعاصر (بنات ثيران أخرى)		بنات الطلوقة أ		الزرعة
			متوسط إنتاجها (كجم)	٢ن	متوسط الإنتاج والدهن (كجم)	١ن	
١٦٠ -	١.٦	١٠٠ -	٥٠٠	٨	٤٠٠	٢	١
٤٠٠ -	٢.٠	٢٠٠ -	٥٠٠	٦	٣٠٠	٣	٢
١٦٠ +	١.٦	١٠٠ +	٤٠٠	٨	٥٠٠	٢	٣
٨٠ +	٠.٨	١٠٠ +	٣٠٠	٤	٤٠٠	١	٤
٣٢٠ - مجموع الفروق المعدلة	٦ كما لو كان له ٦ بنات في كل مزرعة		$= \frac{١١٤٠٠}{٢٦} = \bar{A}$ كجم ٤٣٨.٤٦	٢٦		٨	

وكان متوسط إنتاج الدهن في المنطقة $\bar{P} = ٤٦٠$ كجم

الحل: الطلوقة أ لها بنات عددها بعد التعديل بالمعاصرات يساوي ٦ بنات في مزرعة واحدة ومجموع الفروق المعدلة - ٣٢٠ كجم دهن أى أن متوسط البنت الواحدة $= \frac{٣٢٠ -}{٦} = ٥٣.٣$ كجم دهن أى أن بنات الطلوقة إنتاجها أقل من بنات الثيران الأخرى المعاصرات بمقدار ٥٣.٣ كجم دهن في المزرعة الواحدة، فإذا كان المكافئ الوراثي لصفة الدهن في اللبن للبنات وللقطيع = ٠.٣

∴ القيمة التربوية Genetic Value للطلوقة = $٢ \times$ المكافئ الوراثي لصفة الدهن ×

مظهر الصفة = $٢ \times ٠.٣ - ٥٣.٣ = - ٣٢$ كجم تقريبًا

ولحساب القيمة الوراثية أو التربوية النسبية R.G.V سواء RGV_1 أو RGV_2

نستخدم المعادلتين التاليتين:

$$\frac{\bar{A} + (\bar{A} - \bar{Y}) \times 2b}{\bar{A}} = \text{القيمة التربوية النسبية (١)}$$

$$\frac{\bar{P} + (\bar{P} - \bar{A}) \frac{h_A^2}{\bar{P}} + (\bar{A} - \bar{Y}) 2b}{\bar{P}} = \text{القيمة التربوية النسبية (٢)}$$

$$٠.٣٢٧ = \frac{٠.٤٥}{١.٣٧٥} = \frac{٠.٣ \times ٠.٢٥ \times ٦}{٠.٣ \times ٠.٢٥ (١ - ٦) + ١} = \frac{h^2 \times ٠.٢٥ \times ن}{h^2 \times ٠.٢٥ (١ - ن) + ١} = b$$

$$٠.٦٥ = ٠.٣٢٧ \times ٢ = 2b$$

$$\%٩٢.١ = \frac{٤٣٨.٤٦ + (٥٣.٣ -) ٠.٦٥}{٤٣٨.٤٦} = \text{القيمة التربوية النسبية (١)}$$

∴ القيمة التربوية النسبية (١) للطلوقة (أ) بمعرفة بناته أقل بمقدار %٧.٩ بالمقارنة بالبنات المعاصرات من ثيران أخرى.

وعلى أساس أن متوسط القطيع ٤٥٣.٥٣٨ كجم دهن (\bar{A})

$$\frac{\bar{P} + (\bar{P} - \bar{A}) \frac{h_A^2}{\bar{P}} + (\bar{A} - \bar{Y}) 2b}{\bar{P}} = \text{القيمة التربوية النسبية (٢)}$$

$$\frac{٤٦٠ + (٤٦٠ - ٤٥٣.٥٤) ٠.٣ + (٥٣.٣ -) ٠.٣٢٧ \times ٢}{٤٦٠} =$$

$$\%٩٢.٠٥ = \frac{٤٢٣.٤١}{٤٦٠} =$$

∴ القيمة التربوية النسبية (٢) للطلوقة (أ) بمعرفة بناته أقل بمقدار %٧.٩٥ بالمقارنة بالبنات المعاصرات من ثيران أخرى.

ثالثًا: استخدام طريقة إيجاد أحسن تنبؤ خطى غير متحيز للتنبؤ بالقيمة التربوية

Using the statistical procedure the best linear unbiased prediction or BLUP

مقارنة الأبقار على أساس أنها داخل قطيع تؤكد حقيقة أن إنتاج اللبن لا يتأثر فقط بالعوامل الوراثية ولكن أيضًا بتغذية ومعاملة هذه الأبقار (أى العوامل البيئية)، ولكن الاختبار بطريقة المقارنة بالمعاصرات يتوقف أساسًا على فرض أن كل المقطعان ذات بناء وراثى واحد، وأنه بصرف النظر عن القرابة بين الذكور وبناتها فإن الأبقار الأخرى المعاصرة لها ليس بينها قرابة مع بنات الثور المراد اختباره، ولكن أمكن التغلب على هذين الفرضين بزيادة استخدام التلقيح الصناعى.

سبق ذكر بعض العيوب فى الطرق التقليدية لتعديل سجلات الأداء والتنبؤ بالقيم التربوية وهذه العيوب هى:

١- القيم التربوية PBV's تُستخدم للمقارنة فقط للحيوانات التى تتعامل وتتغذى فى ظروف مشابهة أى فى داخل القطيع.

٢- النتائج التى نحصل عليها من الطرق لتعديل الأداء تعود إلى المقطعان التى أمكن استنتاج النتائج منها ويحتمل أن لا يكون من الصواب تطبيقها بوجه عام.

٣- معظم الطرق لتعديل السجلات تتغاضى عن المجازفة فى استبعاد بعض الاختلافات الوراثية الحقيقية (وبمعنى آخر بين النسل للأمهات التى فى أعمار مختلفة).

٤- كثير من طرق تعديل سجلات الأداء تفترض أن الحيوانات فى المجموعات المختلفة المعاصرة لبعضها لها مميزات وراثية واحدة.

٥- بالرغم من أن الأدلة التقليدية indices تشتمل معلومات عن الأقارب بطريقة مناسبة ولكن ليست مرنة فى استخدامها فمثلًا لا بد من استخدام وسائل موازنة مختلفة عندما يوجد إعداد مختلفة من السجلات من درجة معينة للأقرباء،

كذلك مع كبر أعداد الحيوانات والأقارب لهم تصبح مهمة حساب جميع قيم عوامل الأدلة صعبة أو مستحيلة.

وكثير من الدوافع لإيجاد طرق أجدى لتقييم الحيوانات ظهرت نتيجة الاستخدام التجارى للتلقيح الصناعى (AI) فى ماشية اللبن ففى انجلترا أول محطة تلقيح صناعى افتتحت فى كمبردج سنة ١٩٤٢ نتيجة لأبحاث أجراها سيرجون هاموند وتلامذته عن طريقه لإجراء التلقيح فى المدرسة الزراعية بكمبردج، ورغم أن استخدام التلقيح الصناعى قد استخدم أولاً لتقليل انتشار الأمراض التناسلية وتقليل المجازفة من استبقاء الطلائق فى المزارع فإن هذه الطريقة مجدية فى المساعدة على إجراء التقييم الوراثى لطلائق اللبن وسرعة إجراء التحسين الوراثى وتعيين قيمته.

وكثير من الأبحاث أجريت للتغلب على كثير من المشاكل والحاجة إلى تكوين نظام خالى من العيوب للتنبؤ بالقيم التربوية، واقترح البروفسور هندرسون فى جامعة كورنيل بالولايات المتحدة الأمريكية طريقة إحصائية سميت أحسن تنبؤ خطى غير متحيز للتنبؤ بالقيمة التربوية Best linear unbiased prediction أو الـ BLUP تعتمد أساساً على أسلوب إحصائى الذى يفصل الجزء الوراثى من المعاملة والتغذية أى التأثيرات البيئية فى أحسن طريقة ممكنة وبذلك تعطينا هذه الطريقة تقديراً أكثر دقة للتنبؤ بالقيمة التربوية وذلك للأسباب التالية:

١- تقدير التأثيرات البيئية (مثل عمر الأم وموسم الولادة وترتيب الولادة) والتنبؤ بالقيمة التربوية معاً فى وقت واحد *simultaneously*.

٢- التمييز بين بعض سجلات الأداء والتى هى من حيوانات بينها قرابة ولذلك يتوقع أن تكون أكثر تشابهاً بالمقارنة بالحيوانات التى ليس بينها قرابة، وأن أهمية الحيوانات التى بينها قرابة فى مجموعات معاصرة وجود صلة أو صلة أو رباط وراثى *genetic links* بين المجموعات، وهذه الروابط ضرورية لأجل إيجاد أحسن تنبؤ خطى غير متحيز للتنبؤ بالقيمة التربوية BLUP لتقدير التأثيرات البيئية والتنبؤ بالقيم التربوية فى وقت واحد.

وبذلك تكون طريقة BLUP هى أساسًا امتدادًا للطرق المستخدمة في الأدلة الانتخائية العادية والتي تشتمل على عديد من الخطوات حيث لا بد من تعيين معاملات الأدلة $index\ coefficients$ ، وتعديل سجلات الأداء للتأثيرات البيئية $adjusting\ records$ ثم استخدام معاملات الأدلة لتعديل السجلات للحصول على القيم التربوية $PBV's$ للحيوانات ولكن طريقة الـ BLUP يمكن أن تنجز الخطوات السابقة معًا في وقت واحد وإيجاد القيم التربوية في خطوة واحدة.

وسبق أن ذكرنا أن أحد الوظائف الأساسية في إيجاد دليل الانتخاب هو حساب الموازنة $the\ weightings$ التي تستخدم لتعديل سجلات الأداء من حيوانات ذات درجات مختلفة من القرابة أو سجلات الصفات مختلفة، وباستخدام الـ BLUP نلاحظ وجود صعوبات مشابهة في حساب الضمانات للمصادر المختلفة من البيانات التي يجب أن تُستخدم عند التنبؤ بالقيم التربوية للحيوانات وحساب التأثيرات البيئية.

وفي كل من الأدلة الانتخائية والـ BLUP (وأيضًا كثير من التطبيقات الإحصائية) المشكلة في إيجاد الضمانات المناسبة التي يجب توفرها للبيانات المختلفة وقد أمكن حلها بوضع سلسلة من المعادلات الآتية $simultaneous\ equations$.

ففي حالة إيجاد أحسن تنبؤ خطى غير متحيز للتنبؤ بالقيمة التربوية BLUP (ولكى نحل المعادلات) يجب ربط أو وصل سجلات الأداء بالتأثيرات البيئية وأيضًا بالحيوانات التي سوف تتنبأ بقيمها التربوية $BV's$ ، وهنا يتم حساب التأثيرات البيئية (مثال تأثير القطيع وتأثير عمر الأم وتأثير ترتيب الولادة، والتنبؤ بالقيم التربوية من إجمالى وزن الجسم أو إنتاج اللبن. وفي الجدول (٤-٢) موضح به سجلات إنتاج اللبن من بنات أول موسم حليب لطلوقتين ماشية لبن ليس بينهما قرابة، وكل طلوقة لها بنات في قطعين مختلفين ولكن في داخل كل قطيع تعامل العجلات كمجموعة واحدة.

وعن طريق حل معادلات الـ BLUP نحصل على القيم التربوية للطلوقتين حيث الحرفين S_1 ، S_2 يُعبران عن الطلوقة الأولى والثانية H_1 ، H_2 تعبران عن القطيع الأول والقطيع الثانى.

جدول (٤-٢) عدد الإناث في كل قطيع وعدد الإناث التي لقحت بكل من الذكربن وإجمالي إنتاج اللبن ومتوسط إنتاج اللبن بالكيلوجرامات

عدد الإناث	إجمالي إنتاج اللبن (كجم)	متوسط إنتاج اللبن (كجم)	
١٥	٨٥٥٠٠	٥٧٠٠	القطيع الأول H ₁
١٨	١١٣٤٠٠	٦٣٠٠	القطيع الثاني H ₂
١٧	١٠١٩٠٠	٥٩٩٤	الطلوقة الأولى S ₁
١٦	٩٧٠٠٠	٦٠٦٣	الطلوقة الثانية S ₂

مع العلم أن الطلوق الأولى لقحت ٥ إناث في القطيع الأول و ١٢ أنثى في القطيع الثاني، كما لقحت الطلوق الثانية ١٠ إناث في القطيع الأول، ٦ إناث في القطيع الثاني، وبذلك يكون بناء المعادلات الآتية كالآتي:

$$٨٥٥٠٠ = S_2 \cdot ١٠ + S_1 \cdot ٥ + H_2 \text{ صفر} + H_1 \cdot ١٥$$

$$١١٣٤٠٠ = S_2 \cdot ٦ + S_1 \cdot ١٢ + H_2 \cdot ١٨ + H_1 \text{ صفر}$$

$$١٠١٩٠٠ = S_2 \text{ صفر} + S_1 (W + ١٧) + H_2 \cdot ١٢ + H_1 \cdot ٥$$

$$٩٧٠٠٠ = S_2 (W + ١٦) + S_1 \text{ صفر} + H_2 \cdot ٦ + H_1 \cdot ١٠$$

ومعادلات BLUP هذه توضح مجموع إنتاج لبن الأبقار لعدد من مواسم اللبن لأبقار تم تسجيلها في كل قطيع ولأبقار كل طلوق بالإضافة إلى القيمة W في المعادلتين الأخيرتين وتحتاج كل معادلات BLUP إلى تعديل بسيط حيث أننا في حاجة إلى التنبؤ بالقيمة التربوية وتدل القيمة W على عامل الوزن weighting factor الذي يُعبر عن المكافئ الوراثي للصفة وأيضاً يُعبر عن العلاقة بين الحيوانات التي أعطت سجلات اللبن والحيوانات التي قيمتها التربوية سوف يُتنبأ بها. وفي هذه الحالة يُستخدم سجل واحد للنبات من أبوين اثنين ليس بينهما قرابة، ويساوى معامل الوزن $(\frac{h^2}{2} - 4)$ ، وحيث أن المكافئ الوراثي لإنتاج اللبن حوالي ٠.٣٥ ولذلك يصبح قيمة معامل الوزن تقريباً

١٠.٤٣ وحل المعادلات الأربع السابقة يبدو صعباً ولكن يمكن سرعة حلها عن طريق الحاسب الآلى ونحصل على القيم التربوية لكل من الطلوقتين. وقد انضح بعد الحساب أن:

القيمة التربوية للطلوقة الأولى $S_1 = -175.3$ كجم لبن.

، القيمة التربوية للطلوقة الثانية $S_2 = +175.3$ كجم لبن.

في هذا المثال ليس بين الطلوقتين علاقة قرابة، ولكن من الوجهة العملية الحيوانات التي حدث تقييم لها غالباً بينها علاقة وهذه العلاقة تفسرها معادلات الـ BLUP بإيجاد العلاقة التي تسمى relationship matrix وهي جدول يوضح به بصفة أساسية النسب المتوقعة من العوامل الوراثية المشتركة بين كل الحيوانات التي يحدث لها تقييم.

رابعاً: النماذج الإحصائية للـ BLUP

١- يمكن تطبيق استخدام الـ BLUP تحت مجموعات مختلفة من الافتراضات تسمى النماذج Models التي تختلف في التعقيد. وأكبر نماذج الـ BLUP الشائعة الاستعمال هي النماذج الثلاثة التالية: (١) نماذج الأب Sire models، (٢) نماذج sire - maternal grandsire models، (٣) نماذج الحيوان individual Animal models.

واسم الموديل يدل على الحيوانات المراد التنبؤ بالقيم التربوية لها وأيضا العلاقات relationships التي استخدمت لكي نتنبأ بهذه القيم. لذلك فإن Sire models تتنبأ بالقسم التربوية BV's للذكور باستخدام سجلات نسل هذه الذكور والنماذج sire-maternal grandsire يستخدم للتنبؤ بالقيم التربوية للذكور باستخدام سجلات من كل من نسلهم والجددة، نماذج الحيوان تُستخدم للتنبؤ بالقيم التربوية لجميع الحيوانات التي تدخل في التقييم مع استخدام كل العلاقات بينهم. وتتميز النماذج المختلفة لـ BLUP بالدقة التي يتم بها حساب التنبؤ بالقيم الحقيقية للقيم التربوية، وأكثر موديلات الـ BLUP تعقيداً هو نموذج الحيوان animal model حيث يحقق علاقات أكبر بين

الحيوانات، ولذلك يكون التنبؤ بالقيم التربوية أكثر دقة. ولكنها مكلفة لكي تعطينا أداءًا عاليًا حيث يجب حل معادلة لكل حيوان لإيجاد قيمة تربوية له خاصة إذا توفر لدينا مئات أو آلاف من الذكور sires ولذلك سوف يكون لدينا مئات أو آلاف من المعادلات لاستخدامها في التقييم ونتيجة لذلك تُعتبر التكلفة وإمكانية وجود حاسبات آلية تقوم بمهمة حل المعادلات وتعيين القيمة التربوية هي العناصر الهامة التي تحدد استخدام أكثر النماذج تعقيدًا.

وكما سبق أن ذكرنا أن القوة الدافعة إلى استخدام وسائل جديدة للتقييم أتت بصفة مبدئية من تربية أبقار اللبن حيث استخدم تقييم نموذج الأب sire-model BLUP evaluations أولًا في ماشية اللبن في الولايات المتحدة الأمريكية في بداية سنة ١٩٧٠ وفي عديد من البلاد الأخرى بعد ذلك فمثلًا التقييم BLUP استخدم في إنجلترا في ماشية اللبن في سنة ١٩٧٩. وساعد التقدم في استخدام الحاسبات الآلية على استخدام sire-maternal grandsire model في إنجلترا من البداية، وهذا زاد من دقة التقييم بالمقارنة بالتقييمات من استخدام نموذج الأب نتيجة لتوضيح نقطة هامة وهي أن ليس كل الأبقار التي لقحها الذكر المراد اختباره كانت متساوية في القيمة الوراثية للصفة merit، ولكن sir-maternal grandsire model توضح الاختلافات في الصفة في الأبقار التي تنتمي إلى الذكر الذي لقحها (أي العجلات الأم والأبقار التي لقحت بنفس الذكر)، وهذه تُعتبر محاولة للتنبؤ بالقيم التربوية للذكور وتكوين الأدلة التي نحصل عليها من الاستعانة بسجلات الأبقار التي تحقق الجمع بين القيم التربوية للذكر والقيمة التربوية لنفس الذكر الذي لقح أم النسل. وهذه الصعوبات أمكن التغلب عليها باستخدام التقييم individual animal - model BLUP evaluation في إنجلترا سنة ١٩٩٢ كما استخدم نموذج الحيوان أيضًا في كثير من البلاد في تقييم ماشية اللبن.

ورغم أن التقييم باستخدام BLUP بدء استخدامه أولًا على ماشية اللبن، فإن فوائد هذا التقييم أدت إلى استخدامه أيضًا في الأجناس الأخرى. وأصبح استخدام طرق الـ BLUP هو الطريقة المفضلة لتقييم معظم الحيوانات الزراعية، ونظرًا لأن سجلات

الأداء في ماشية اللحم والأغنام عادة صغيرة بالمقارنة بسجلات ماشية اللبن وحيث أن طرق BLUP طبقت أخيراً على هذه المجموعات أصبح غالباً إمكانية حذف أو تخطي عديد من الأجيال لنموذج BLUP واختيار التقييم باستخدام نموذج الحيوان من البداية.

٢- التأثيرات المباشرة وتأثيرات الأمومة الوراثية

Direct and maternal genetic effects

يوجد بعض الصفات التي تهتمنا في تربية الحيوانات الزراعية حيث أداء النسل لا يتأثر فقط بما يمتلكه من العوامل الوراثية والظروف البيئية المحيطة به ولكن أيضاً بواسطة العوامل الوراثية لأمهاتها والظروف البيئية المحيطة بالأمهات فمثلاً وزن الجسم عند الفطام لعجول اللحم التي ترضع تتأثر بالعوامل الوراثية للنمو التي ورثها العجل من أبويه وتتأثر بالظروف البيئية المحيطة وأيضاً تتأثر بجينات الأم الخاصة بصفة الأمومة مثل حجم المشيمة وإنتاج اللبن والتأثيرات البيئية على أداء هذه الصفات، ولذلك من المفيد غالباً أن نأخذ في الاعتبار القيم التربوية للتأثيرات الوراثية المباشرة والتي تعود إلى الأمومة لهذه الصفات مثل وزن الجسم عند الفطام الذي يتأثر بكل من الكفاءة الوراثية المباشرة والتي تعود إلى الأمومة. وتحمل كل من الذكور والإناث جينات لإنتاج اللبن ومظاهر أخرى لأداء الأمومة ولكن الأمهات فقط هي التي تعبر عنها، ولكن بالرغم من ذلك إذا توافرت البيانات فإن طريقة تعيين القيم التربوية باستخدام BLUP تمكن الباحث من التنبؤ لكل من القيم التربوية المباشرة والتي تعود إلى الأمومة للذكور والإناث وكذلك العلاقات relationships بين الحيوانات في وجود سجلات أداء (للأبقار التي لها عجول لها أوزان في عمر الفطام) وكذلك الحيوانات التي ليس لها سجلات أداء إنتاجية مثل الطلايق. ويبدو أن فصل التأثيرات الوراثية المباشرة والتي تعود إلى تأثير الأمومة معقداً من أول وهلة ولكن هو في الحقيقة امتداداً للأسس التي سبق أن أخذت في الاعتبار. ونحن يمكننا التنبؤ بالقيمة التربوية لذكور ماشية اللبن لصفات اللبن على أساس سجلات إنتاج اللبن لبنات هذه الذكور، ولكن نظراً لصعوبة تسجيل إنتاج اللبن من أبقار اللحم أو الأغنام التي لا تدر لبناً، ونظراً لأهمية دراسة موضوعات أخرى لأداء الأم

خلاف كمية اللبن. لذلك لا بد أن نعتمد على النمو المبكر لوزن الجسم أو الوزن عند الفطام للنسل لكي نؤكد الكفاءة الوراثية للأم.

٣- استخدام تقييم الـ BLUP لصفة واحدة وأكثر من صفة

Single and multi - trait BLUP

في البداية كانت معظم تقييمات الـ BLUP لصفة واحدة في وقت واحد، وعندما يوجد ارتباط بين اثنين أو أكثر من الصفات المختلفة يمكن أن يساعد سجل الأداء في التنبؤ بالقيمة التربوية للصفات الأخرى للحيوان. ولهذا السبب يستخدم الـ BLUP لتقييم عدد من الصفات لأنها مطلوبة أكثر من التقييم لصفة واحدة. ولذلك يستخدم multi-trait BLUP بشكل واسع حاليًا في تقييم حيوانات اللحم الصغيرة والأغنام أكثر من استخدامها في تقييم ماشية اللبن. كما أن توفر بيانات عن العلاقات BLUP relationships بين الحيوانات وتقديرات المكافئات الوراثية (أو التباينات) للصفات تساعد على إجراء التقييم لأكثر من صفة.

وقد ذكرت Yanka Tsvetanova عن الاستخدام العملي للنماذج الإحصائية الخطية لأجل تقدير القيمة التربوية بصورة واسعة في برنامج التربية لأجل التحسين الوراثي وقد استخدمت نماذج الحيوان الخطية لـ ٣٠٥ يومًا من إدرار اللبن لأجل تحليل الصفات الإنتاجية في ماشية اللبن، وخلال السنوات الأخيرة وفي محاولة استبدال النماذج التقليدية الكاملة لإنتاج اللبن تم استخدام نماذج تكتفى بيوم واحد اختبار، ولاقت استخدامًا قويًا لأجل تقدير القيمة التربوية للصفات المرتبطة بإنتاج اللبن. ويُعرف نموذج اختبار اليوم الواحد أنه طريقة إحصائية تأخذ في الحسبان التأثيرات الوراثية والبيئية على أساس الاختبار ليوم واحد، وهذه الطريقة فوائد بالمقارنة بالنماذج التقليدية لـ ٣٠٥ يوم حليب، ومن هذه الفوائد القدرة على حساب التأثيرات البيئية لكل يوم اختبار، والقدرة على وضع نموذج لمسار الإدرار لأجل تركيب وراثي لحيوان أو مجموعة من الحيوانات، وتجنب استخدام سجلات مطولة لأبقار مستبعدة ولأجل سجلات غير كاملة، ولكن مضار نموذج يوم الاختبار هي: كمية البيانات التي يتم تحليلها كبيرة علاوة على ضرورة حساب معاملات بالمقارنة بالنماذج لموسم الإدرار الكامل.

واختبار اليوم الواحد يعتمد على قياسات متعاقبة لنفس الصفة مرة كل ثلاثون يوماً خلال موسم الحليب ولكل حيوان، ومع تكرار القياس يُفترض وجود علاقة إضافية بين سجلات الحيوان بالنسبة للعوامل البيئية أو الظروف المستديمة التي يتعرض لها.

وقد تم اقتراح نماذج إحصائية مختلفة لتحليل سجلات اليوم الواحد وهي تشمل:

١- النماذج التكرارية الخطية repeatability linear models

٢- نماذج لعدد من الصفات multiple trait models

١- نماذج انحدار عشوائية repeatability linear models

والنماذج التكرارية الخطية موضحة في معادلة المصفوفة التالية:

$$y = X B + Z_1 a + Z_2 p e + e \quad (1)$$

y هي vector لمقاييس الصفات، للتأثيرات الثابتة، a vector للتأثيرات الوراثية المضيئة العشوائية.

Pe هي vector للتأثيرات البيئية المستديمة العشوائية والوراثية غير التجميعية.

e vector للتأثيرات العشوائية المتبقية.

X، Z₁، Z₂ تأثر المصفوفات بارتباط القياسات بالتأثيرات الثابتة وتأثير الحيوان والعوامل البيئية المستديمة.

والافتراضات لهذا النموذج أن التأثيرات البيئية المستديمة والتأثيرات المتبقية ليست مرتبطة ببعضها في وجود متوسطات مقدارها صفر وتباينات σ_e ، σ_{e2} على الترتيب.