

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПЛЕМІННОЇ ЦІННОСТІ БАРАНІВ-ПЛІДНИКІВ ЗА МЕТОДОМ BLUP SM

**Н.А. Кудрик, О.І. Горлов - кандидати с.-г. наук,
К.А. Івіна, І.О. Мокєєв, М.В. Шульга**

Інститут тваринництва степових районів імені М.Ф. Іванова «Асканія-Нова» – Національний науковий селекційно-генетичний центр з вівчарства

Викладені особливості побудови алгоритму змішаної моделі при визначенні племінної цінності тварин методом BLUP у вівчарстві в середовищі Microsoft Excel 2003, починаючи з форми таблиці початкових даних до побудови підсумкової системи лінійних рівнянь, рішення якої дає оцінки племінної цінності тварин. Для кращого сприйняття викладення послідовності алгоритму наводиться на конкретному прикладі. Виходячи з особливостей процесу відтворення у вівчарстві, в якості фіксованих ефектів (факторів) прийняті лінія і статъ тварин.

Ключові слова: BLUP, лінійна модель, племінна цінність овець, прямі і транспоновані матриці, фіксовані і рандомізовані ефекти, рівняння змішаної моделі

У різних країнах світу для прогнозу племінної цінності тварин використовуються статистичні моделі змішаного типу. Ці моделі включають у собі фіксовані та випадкові (рандомізовані) фактори. Найкращі лінійні незміщені (вірні) оцінки для фіксованих ефектів (значення яких у потомків одного плідника є константою, тобто фіксовано) і найкращий лінійний незміщений прогноз для випадкових ефектів (значення яких у потомків одного плідника є випадковою величиною) визначаються за ММЕ (англійська аббревіатура) - рівняння змішаної моделі, яке має вигляд [1-4].

$$y = X\beta + Zs + e \quad (1)$$

де y – вектор залежної перемінної; β – вектор фіксованих ефектів; s – вектор ефектів батьків; e – вектор неврахованих випадкових в моделі факторів, середня яких наближається до нуля і в більшості моделей не включається; X, Z – матриці із нулів та одиниць, в яких зафіксовано наявність (1), або відсутність (0) ефектів, що оцінюються. Вектори β та s моделі (1) невідомі величини, які визначаються рішенням наступної системи лінійних рівнянь.

$$\begin{vmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + \lambda I^{-1} \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} \beta \\ s \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X'y \\ Z'y \end{vmatrix} \quad (2)$$

В системі (2) [1-2] символами X' та Z' позначені транспоновані по відношенню до X і Z матриці, у яких рядки стали стовпцями.

Символом β узагальнено позначені фіксовані ефекти h_j , g_k (індекси j , k фіксованих ефектів h_j , g_k означають номер градації відповідного ефекту). В матрицях кількість стовпців дорівнює числу градацій фіксованих ефектів для матриці X (у порядку $h_1, h_2, \dots, h_j, g_1, g_2, \dots, g_k$) і числу градацій випадкових ефектів для матриці Z (s_1, s_2, \dots, s_i), кількість рядків обох матриць визначається загальною кількістю градацій фіксованих та випадкових ефектів.

Матриця-стовпець або (що теж саме) вектор y є послідовно записані значення ознаки потомків усіх плідників, що оцінюються (наприклад, живої маси).

Вхідні дані беруться з таблиці Microsoft Excel 2003, в якій повинні знаходитися наступні відомості:

- індивідуальні номери і лінії плідників, що оцінюються;
- значення селекційної ознаки потомків та їх стать.

Першим етапом вирішення системи (2) для визначення племінної цінності плідників за якістю потомків методом BLUP SM (модель батька) є складання таблиці структури вхідних даних, до якої входять фіксовані та випадкові ефекти.

Процес складання матриць ілюструється на чотирьох діючих баранах-плідниках та їх потомках двох ліній ДПДГ "Асканія-Нова". В моделі в якості фіксованих ефектів прийняті стать потомків і генетична група (лінії), а градації випадкових ефектів - барани-плідники.

В таблиці Microsoft Excel дані сортуються за трьома ознаками одночасно: перший - генетична група, другий - номер барана-плідника, третій - стать потомків. Результати сортування наведені на рис. 1. Потім виявляються унікальні значення ефектів та їх кількість: для h (1, 2) – 2 (стовпець А), для g (767, 831) – 2 (стовпець В), для s (33564, 33587, 0477, 30881) – 4 (стовпець С). Далі наявність або відсутність ефекту заноситься в матриці X і Z наступним чином. Послідовно елементи відповідного стовпця порівнюються з черговим унікальним значенням ефекту. Якщо значення співпадають, то в черговому стовпці і рядку матриці ставиться одиниця. Наприклад, береться перше унікальне значення стовпця А (це одиниця) і порівнюється з усіма значеннями в цьому стовпці. Три перших значення співпадають, тому в першому стовпці матриці X ставляться одиниці (рис. 1), наступні п'ять значень не співпадають - ставляться

нулі і так до закінчення першого стовпця матриці X . Береться друге унікальне значення стовпця A і повторюється така же процедура, в результаті якої формується другий стовпець матриці X . Аналогічним способом ставляться одиниці і нулі в генетичних групах g і групах плідників s , тобто, якщо ефект групи g_1 представляє лінія 767, то в цьому стовпці будуть стояти одиниці, а проти лінії 831 - нулі, а в ефекті групи g_2 - навпаки, в ефекті s_1 одиниці будуть стояти проти номера барана 33564, а далі - нулі і так далі. Значення продуктивності потомків заносяться до вектора y .

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2	h	g	s		X					Z					y
					h1	h2	g1	g2		s1	s2	s3	s4		
3	1	767	33564		1	0	1	0		1	0	0	0		47
4	1	767	33564		1	0	1	0		1	0	0	0		54
5	1	767	33564		1	0	1	0		1	0	0	0		55
6	2	767	33564		0	1	1	0		1	0	0	0		47
7	2	767	33564		0	1	1	0		1	0	0	0		49
8	2	767	33564		0	1	1	0		1	0	0	0		40
9	2	767	33564		0	1	1	0		1	0	0	0		52
10	2	767	33564		0	1	1	0		1	0	0	0		52
11	1	767	33587		1	0	1	0		0	1	0	0		51
12	1	767	33587		1	0	1	0		0	1	0	0		61
13	1	767	33587		1	0	1	0		0	1	0	0		55
14	2	767	33587		0	1	1	0		0	1	0	0		53
15	2	767	33587		0	1	1	0		0	1	0	0		44
16	2	767	33587		0	1	1	0		0	1	0	0		50
17	2	767	33587		0	1	1	0		0	1	0	0		48
18	1	831	0477		1	0	0	1		0	0	1	0		70
19	1	831	0477		1	0	0	1		0	0	1	0		57
20	1	831	0477		1	0	0	1		0	0	1	0		62
21	1	831	0477		1	0	0	1		0	0	1	0		55
22	1	831	0477		1	0	0	1		0	0	1	0		57
23	2	831	0477		0	1	0	1		0	0	1	0		53
24	2	831	0477		0	1	0	1		0	0	1	0		49
25	2	831	0477		0	1	0	1		0	0	1	0		50
26	2	831	0477		0	1	0	1		0	0	1	0		47
27	1	831	30881		1	0	0	1		0	0	0	1		58
28	1	831	30881		1	0	0	1		0	0	0	1		60
29	1	831	30881		1	0	0	1		0	0	0	1		57
30	1	831	30881		1	0	0	1		0	0	0	1		53
31	1	831	30881		1	0	0	1		0	0	0	1		72
32	2	831	30881		0	1	0	1		0	0	0	1		53
33	2	831	30881		0	1	0	1		0	0	0	1		50
34	2	831	30881		0	1	0	1		0	0	0	1		48
35	2	831	30881		0	1	0	1		0	0	0	1		48
36	2	831	30881		0	1	0	1		0	0	0	1		60

Рис. 1 Створення матриць за первинними даними

Далі матриці X та Z транспонуються за допомогою функції: ТРАНСПОНУВАННЯ. Визначаються добутки матриць транспонованих і

прямих за допомогою функції МУМНОЖ. Таким же чином визначаються добутки транспонованих матриць і u -вектора. У підсумку одержуються добутки: $X'X$, $X'Z$, $Z'X$, $Z'Z$, $X'u$, $Z'u$. До матриці $Z'Z$ додається матриця λA^{-1} або λI (A^{-1} - обернена матриця спорідненості, I - одинична матриця, h^2 - коефіцієнт успадкованості) [1-2].

Кінцева система рівнянь змішаної моделі (2) одержується приєднанням добутків у вищезгаданому порядку (рис. 2, верхня частина, у якій в стовпці A стоять вільні члени рівняння). Як правило, така система лінійно залежна і не має рішення. Тому для перетворення системи в лінійно незалежну, застосовується штучний прийом.

Це можна зробити двома альтернативними шляхами:

- викреслити стовпець і рядок фіксованого ефекту, а значення рядка, що викреслюється, додати до всіх інших рядків, а стовпець – до всіх стовпців, що залишилися (при цьому порядок системи зменшиться на одиницю);

- додати до системи один нульовий рядок і нульовий стовпець (при цьому порядок системи збільшиться на одиницю), і поставити в них одиницю з номером стовпця градації, який передбачалося виключити (рис. 2, середня система рівнянь).

Незалежно від виду штучного прийому, результати рішення не змінюються.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	16,00	0,00	6,00	10,00	3,00	3,00	5,00	5,00	934,00	
2	0,00	18,00	9,00	9,00	5,00	4,00	4,00	5,00	893,00	
3	6,00	9,00	15,00	0,00	8,00	7,00	0,00	0,00	768,00	
4	10,00	9,00	0,00	19,00	0,00	0,00	9,00	10,00	1059,00	
5	3,00	5,00	8,00	0,00	23,00	0,00	0,00	0,00	396,00	
6	3,00	4,00	7,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00	372,00	
7	5,00	4,00	0,00	9,00	0,00	0,00	24,00	0,00	500,00	
8	5,00	5,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	25,00	559,00	
9										
10	16,00	0,00	6,00	10,00	3,00	3,00	5,00	5,00	0,00	934,00
11	0,00	18,00	9,00	9,00	5,00	4,00	4,00	5,00	0,00	893,00
12	6,00	9,00	15,00	0,00	8,00	7,00	0,00	0,00	0,00	768,00
13	10,00	9,00	0,00	19,00	0,00	0,00	9,00	10,00	1,00	1059,00
14	3,00	5,00	8,00	0,00	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	396,00
15	3,00	4,00	7,00	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00	0,00	372,00
16	5,00	4,00	0,00	9,00	0,00	0,00	24,00	0,00	0,00	500,00
17	5,00	5,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	25,00	0,00	559,00
18	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19										
20	0,11	0,06	-0,08	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,03	-1,00	59,67
21	0,06	0,12	-0,09	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,04	-1,00	51,35
22	-0,08	-0,09	0,19	0,00	-0,03	-0,03	0,03	0,03	1,00	-3,44
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
24	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,06	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,53
25	0,00	0,00	-0,03	0,00	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,53
26	-0,03	-0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	0,01	0,00	-0,16
27	-0,03	-0,04	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,05	0,00	0,16
28	-1,00	-1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Рис. 2. Системи рівнянь і рішення незалежної лінійної системи рівнянь

Система в Microsoft Excel вирішується множенням оберненої матриці A20:I28 на вектор у J10:J18 за допомогою функції МУМНОЖ. Обернена матриця A20:I28 є результат обернення матриці A10:I18 за допомогою функції МОБР. В результаті визначаються корені системи (рис. 2, рядки 20–28 стовця J), які являються оцінками племінної цінності тварин. Корені системи J20:J21 представляють середні значення статті, а J22:J23 - різницю між середніми значеннями в генетичних групах нащадків, що прогноуються. Ранги коренів системи J24:J27 характеризують плідників з точки зору найкращого лінійного незміщеного прогнозу за досліджуваною ознакою, що селекціонується. Таким чином, описаний алгоритм оцінки баранів-плідників в середовищі Microsoft Excel робить метод BLUP SM доступним для широкого круга селекціонерів.

Список використаної літератури

1. Кузнецов В.М. Основы научных исследований в животноводстве /В.М.Кузнецов - Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. – С.299-568.
2. Кузнецов В.М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP /В.М.Кузнецов - Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 358 с.
3. Даншин В.А. Оценка генетической ценности животных /В.А. Даншин – Киев: Аграрна наука, 2008. – 180 с.
4. Салбырын Р.Ш. Прогноз племенной ценности /Р.Ш. Салбырын – Кызыл: Тывинский государственный университет - <http://www.tuvsu.ru/rffu/?q=content>