



运用微积分中多元函数求极值的方法, 经整理由 (3) 式可得四元正规方程组, 其矩阵表示为

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{1y} \\ S_{2y} \\ S_{3y} \\ S_{4y} \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中,  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{30} y_i$ ,  $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{30} x_{ii}$ ,  $S_{ij} = S_{ji} = \sum_{i=1}^{30} (x_{ii} - \bar{x}_i) \cdot (x_{ji} - \bar{x}_j)$ ,  $S_{iy} = \sum_{i=1}^{30} (x_{ii} - \bar{x}_i) (y_i - \bar{y})$ , ( $i, j = 1, 2, 3, 4$ ).

而  $b_0 = y - b_1x_1 - b_2x_2 - b_3x_3 - b_4x_4$  (5)

由 (4), (5) 式可求出  $b_i$ , 从而得估重公式

1. 3 估计体重  $y$  与可控变量  $x_i$  之间的相关程度  
得到回归方程后, 可以具体求出残差平方和  $Q$ ,

并进一步得到体重  $y$  的离差 (即  $y_i$  与其平均体重  $\bar{y}$  的差) 平方和  $L_{yy}$ , 求出复相关系数  $R$ , 对体重与其体高、体斜长、胸围、管围之间的线性相关程度进行分析, 这里

$$L_{yy} = \sum_{i=1}^{30} (y_i - \bar{y})^2, R = \sqrt{1 - \frac{Q}{L_{yy}}}$$

进一步对偏回归系数  $b_i$  进行方差分析, 得到最佳回归方程。

## 2 黄牛活重回归方程

### 2.1 样本观测值资料

河南田龙宾等<sup>[5]</sup>测定了 12, 24 月龄的本夏利 F<sub>2</sub> 代、本夏西 F<sub>2</sub> 代与豫北黄牛的体尺体重, 安徽焦平林<sup>[6]</sup>测定了 12, 18, 24 月龄的蒙城土种牛、秦本 F<sub>1</sub> 代、西本 F<sub>1</sub> 代的体尺体重, 结果见表 1。

表 1 黄牛的体尺体重资料

Table 1 Data of cattle's body measurements and liveweight

品种 Breeds	性别 Sex	月龄 Months	体高 (x <sub>1</sub> )/an Height at withers	体斜长 (x <sub>2</sub> )/an Body length	胸围 (x <sub>3</sub> )/an Heart- girth	管围 (x <sub>4</sub> )/an Circum- ference of cannone	体重 (y)/kg L iveweight	估测体重 (y)/kg Estimated liveweight	$L_{yy}$ (y - $\bar{y}$ ) <sup>2</sup>	$Q$ (y - $\hat{y}$ ) <sup>2</sup>
蒙城土种牛 Mengchen yellow cattle (M)	♂	12	100 92	111 68	131 45	14 10	181 45	182 80	3 690 56	1 822 5
		12	97 43	108 78	127 15	13 25	162 81	159 76	6 302 77	9 302 5
秦本 F <sub>1</sub> F <sub>1</sub> of Qinchuan cattle × M	♂	12	103 36	115 55	135 33	14 85	196 67	204 43	2 072 98	60 217 6
		12	102 53	114 67	132 97	14 30	191 27	188 80	2 593 86	6 100 9
西本 F <sub>1</sub> F <sub>1</sub> of Simmental × M	♂	12	102 97	117 07	136 00	16 03	197 77	218 85	1 974 02	444 366 4
		12	102 88	116 91	136 76	15 27	206 15	216 29	1 299 60	102 819 6
蒙城土种牛 Mengchen yellow cattle (M)	♂	18	104 97	118 40	139 69	15 12	216 70	226 14	650 25	81 113 6
		18	103 31	116 10	138 35	14 60	205 23	218 13	1 366 78	166 410 0
秦本 F <sub>1</sub> F <sub>1</sub> of Qinchuan cattle × M	♂	18	111 13	126 57	144 20	16 37	252 43	247 43	104 65	25 000 0
		18	107 37	121 48	137 29	15 66	226 19	213 92	256 32	176 092 9
西本 F <sub>1</sub> F <sub>1</sub> of Simmental × M	♂	18	110 30	122 23	140 73	15 13	225 17	220 70	279 89	19 980 9
		18	110 73	117 87	139 57	14 57	222 70	209 93	380 25	163 072 9
蒙城土种牛 Mengchen yellow cattle (M)	♂	24	111 77	126 42	146 71	15 94	253 13	255 72	119 46	6 708 1
		24	108 94	124 42	145 23	14 84	244 65	243 89	6 00	0 577 6
秦本 F <sub>1</sub> F <sub>1</sub> of Qinchuan cattle × M	♂	24	115 25	130 39	150 97	16 53	278 50	275 95	1 317 69	6 502 5
		24	110 83	127 17	148 43	16 00	261 57	266 93	375 20	28 729 6
西本 F <sub>1</sub> F <sub>1</sub> of Simmental × M	♂	24	118 67	131 00	148 67	17 33	268 67	264 35	700 66	18 662 4
		24	112 30	127 80	151 30	15 90	273 06	278 31	952 34	27 562 5
豫北黄牛 Yubei yellow cattle (Y)	♂	12	98 13	103 31	113 10	12 40	121 40	77 91	14 592 64	1 891 380 1
		12	94 50	103 42	116 81	12 37	114 10	104 07	16 409 61	100 600 9
本夏利 F <sub>2</sub> F <sub>2</sub> of Y × Charoleis × Limousin	♂	12	118 01	131 50	147 83	16 04	228 83	249 46	178 76	425 596 9
		12	116 30	127 41	145 40	15 70	223 11	237 87	364 43	217 857 6
本夏西 F <sub>2</sub> F <sub>2</sub> of Y × Charoleis × Simmental	♂	12	118 53	134 33	150 50	16 10	236 33	262 39	34 46	679 123 6
		12	117 12	129 18	151 10	15 75	227 83	266 49	206 50	1 494 595 6
豫北黄牛 Yubei yellow cattle (Y)	♂	24	104 60	116 60	132 12	14 50	199 20	181 68	1 849 00	306 950 4
		24	103 10	119 27	135 81	14 01	181 71	198 93	3 659 04	296 528 4
本夏利 F <sub>2</sub> F <sub>2</sub> of Y × Charoleis × Limousin	♂	24	125 81	146 30	172 01	18 80	413 45	383 56	29 326 56	893 414 2
		24	123 92	144 81	175 31	17 80	396 86	396 05	23 919 72	0 656 1
本夏西 F <sub>2</sub> F <sub>2</sub> of Y × Charoleis × Simmental	♂	24	126 42	150 40	179 66	19 01	442 14	423 70	39 976 00	340 033 6
		24	124 25	146 51	176 25	17 83	417 23	400 21	30 635 50	289 680 4
			3 306 35	3 727 55	4 326 70	465 50	7 266 61		185 595 5	8 289 460 0



围之间的线性相关关系十分密切, 可以认为, 黄牛活重与体高、体斜长、胸围、管围之间存在着极显著的四元线性回归关系, 此结论与国内外的相关研究吻合<sup>[8,9]</sup>, 所得回归方程 (10) 真实有效。通过对四元回归方程 (10) 的回归系数  $b_i$  进行方差分析, 可

以看出各自变量都是显著的, 亦即方程 (10) 为最佳回归方程<sup>[4]</sup>。所得回归方程 (10) 真实有效。

实际工作中, 许多人都曾在不同地域、不同品系黄牛活重估测的实践中多次验证了公式 (10) 的准确性。

### [参考文献]

- [1] 李永禄, 邱怀, 冯仰廉, 等. 养牛学 [M]. 北京: 农业出版社, 1987.
- [2] 李福岭, 马亭安, 孙克符, 等. 应用二元回归原理推导渤海黑牛体重估测公式 [J]. 黄牛杂志, 1991, 57 (增刊): 42-44.
- [3] 俞渭江, 曹守谟, 王滋润, 等. 生物统计附试验设计 [M]. 北京: 农业出版社, 1981.
- [4] 袁志发, 周静芋. 试验设计与分析 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [5] 田龙宾, 乔东发, 吴守才. 不同组合三元杂交肉牛生长发育观察 [J]. 黄牛杂志, 1992, 18 (3): 20-23.
- [6] 焦平林. 杂交牛生长发育与屠宰测定调查报告 [J]. 黄牛杂志, 1992, 18 (3): 50-53.
- [7] 陈幼春, 张子仪. 电子计算机在畜牧上的应用 [M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [8] Faroppa V. Standard of the breed and regulations [J]. La Razza Bovina Piemontese, 1993, (4): 9-19.
- [9] 曹红鹤. 意大利皮埃蒙特肉牛线性体型评分方法 [J]. 黄牛杂志, 1999, 25 (4): 17-19.

## Estimating yellow cattle's liveweight by using four factors regression

YU Xue-li<sup>1</sup>, CHEN Hong-jun<sup>1</sup>, AI Hua-shui<sup>2</sup>, LI Ying-hua<sup>3</sup>, ZAN Lin-sen<sup>4</sup>

<sup>1</sup> College of Animal Science and Technology, Henan Sci-Tech University, Luoyang, Henan 471003, China;

<sup>2</sup> College of Animal Science and Technology, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045, China;

<sup>3</sup> Beimsi Breeding Bull Station, Luoyang, Henan 471013, China;

<sup>4</sup> College of Animal Science and Technology, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** The four factors regression method was used to analyze the data of body measurements (height at withers, body length, heart girth and circumference of cannon bone) and liveweight of yellow cattle, which includes Mengchen yellow cattle (M); F<sub>1</sub> of Q incuan cattle × M; F<sub>1</sub> of Simmental × M; Yubei yellow cattle (Y); F<sub>2</sub> of Y × Charoleis × Limousin; F<sub>2</sub> of Y × Charoleis × Simmental. Then, the four factors regression equation for estimating yellow cattle's liveweight was established.

**Key words:** regression; yellow cattle liveweight; liveweight estimating