

种猪体重三维预估模型的研究

付为森, 滕光辉*, 杨 艳

(中国农业大学水利与土木工程学院, 农业部设施农业生物环境工程重点实验室, 北京 100083)

摘要:在利用图像处理技术实时预估活体猪体重中, 选用的预估模型对能否获得较好精准性至关重要, 同时也影响图像处理算法实现的复杂性、稳定性及高效性。该文在充分考虑猪的体形特点及其与猪体重影响因素的基础上, 将猪体的头部和躯干分别近似为圆锥体和圆柱体, 以此建立种猪体重的三维预估模型。经与实测数据对比, 表明该预估模型具有较好的准确性, 为实现猪体重的无损测量提供了一种新的方法。

关键词:种猪; 体重; 预估模型

中图分类号:S818.9 **文南标识码:**A **文章编号:**1002-6819(2006)Supp-0084-04

0 引言

种猪饲养过程中, 实时获取猪体各种生长参数如: 生长率、体重及体型参数等对猪舍管理及保证经济效益都具有重要的意义^[1]。体重作为综合反映猪体生长、发育情况的主要参数之一, 在猪的育种、营养供求中随时需要获取^[2]。传统的称量方式利用磅秤、电子秤等设备进行, 劳动强度较大, 且给猪体造成严重的应激, 轻者降低经济效益, 重者造成死亡。随着图像处理技术的发展和不断完善, 以其无接触、快速、自动化程度高等特点, 该技术在猪体重预估中也得到了应用。但由于猪体及图像采集现场的复杂性, 预测模型的恰当与否将成为问题解决的关键, 因此, 迫切需要进行猪体重预估模型的研究。

在传统的生产实践中, 人们已经建立了一些简单的经验公式, 但这些经验公式的预估精度往往较低, 或没有进行过精度评价。为了使预估更为准确, 针对体重与猪体各体尺参数之间的关系, 人们开展了一些相关研究。布和等对猪的体尺、体重进行通径分析, 认为胸围是影响体重的最重要性状, 且胸围通过胸宽的对体重的相对重要程度较大^[3]。候建君等的研究发现不同生长阶段长白猪各体型特征参数之间均呈显著的正相关, 且胸围与体重的相关性最为明显^[4]。唐爱发等发现猪体重与体长、体高、胸围、腹围、活膘等性状有关, 而体高、胸围与活膘之间也有相关关系^[5]。总之, 体重与各种体尺参数相关, 而这些体尺参数之间又相互影响。李铁宝等发现体重与体长和体高的回归关系最为显著^[6]。李剑秋应用逐步多元回归, 得出了基于体长、体高、胸围、腿围的体重多元回归估计模型^[7]。这些预估模型均是基于一维体尺参数来预估猪活体重。

随着研究的深入, 研究人员建立了一些基于二维参数的预估模型。图像处理技术就为人们精确提取猪体

的二维面积参数提供了工具。Minagawa 等的研究表明猪体重与猪体表面积有关^[8]。Schofield 等的研究表明猪体重与背部投影面积也有关系, 且三种不同品种的猪其回归参数是不同的^[9]。Doeschl 等利用图像处理技术研究了猪体生长过程中体尺的变化, 并建立各个体尺参数与面积、面积与体重之间的关系模型, 对体重的预估精度有了很大提高^[10]。杨艳等利用图像处理技术提取猪体真实投影面积和体高参数, 应用非线性回归分析, 建立了基于面积和体高的预估模型, 预估平均误差为 2.8%^[11,12]。其中, Doeschl 等和杨艳等是将猪体的头部忽略后获得的研究结果。

随着三维技术的逐步完善, 计算机三维空间分析技术也被应用于猪体特征的研究中。Robin 等^[13]建立了一套较为复杂的图像系统, 通过六个角度的二维图像合成了三维猪体图像, 其最终目的是建立基于三维的猪体体形及体重等生长参数的数据库。但若利用三维体积参数来预估猪体重, 应当对体重三维预估模型进行研究。

1 体重预估模型

1.1 对体重预估的分析

其实一维体尺和二维面积对体重的贡献最终将通过三维体积来实现。体积不仅包含一维和二维信息, 同时也将包含一些不易直接测量的信息。因此, 利用体积参数来预估猪体重有望获得更为精确的结果。利用一维体尺及二维面积预估体重时, 采用非线性的预测模型获得了较好结果^[8,9,12]。探求体重与三维体积参数, 利用线性模型就有望获得较好的预测效果, 这有利于图像处理算法的设计和提高运行效率。

由于猪体是不规则的, 真实的三维体积是不易求得的, 应当对猪体进行合理抽象为规则的三维模型。如何对猪体进行抽象以及体积通过哪些参数来求取, 将影响

收稿日期: 2006-09-05 修订日期: 2006-11-28

基金项目: 国家“863”计划数字农业面上项目(20060110Z2044); “十一五”国家科技支撑计划(2006BAD14B01); 北京市教育委员会共建项目建设计划(XK100190650)

作者简介: 付为森(1982-), 男, 北京市清华东路 17 号中国农业大学东区 195 号, 100083。Email: fws241@163.com

通讯作者: 滕光辉, 教授, 博士生导师, 北京市清华东路 17 号中国农业大学东区 195 号, 100083。Email: futong@cau.edu.cn

到预估精度以及算法实现的复杂程度、稳定性和运行效率。应尽量利用较少且易于用图象技术获取的形体参数求出其体积参数。

1.2 预估模型的建立

基于以上分析,为了选择猪体的三维简化模型,采集了长白猪体背部和侧面的图像信息,并通过图像处理^[14,15]获得的侧面和背部的轮廓图进行分析,如图1的a和b所示。可以看到猪体轮廓弧形较多,头部与躯干形状差异较大。将腿部和头部去除后,躯干相对比较规则,但猪体前后腿部分与腹部并非十分均匀,如图1的c和d所示。

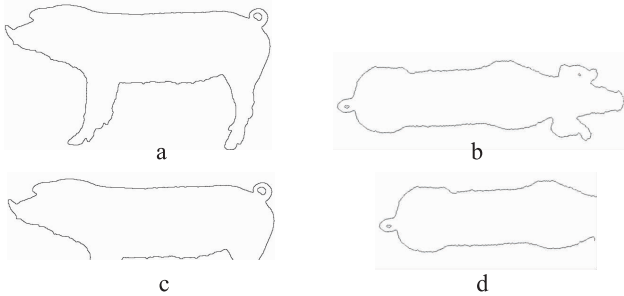


图1 猪体侧面及背部轮廓

Fig. 1 Outline of back and flank of the pig

因此,首先将猪体以耳根处为界分为头部和躯干两部分;进而将头部抽象为一圆锥体,而将躯干抽象为一圆柱体进行研究,抽象模型示意如图2。

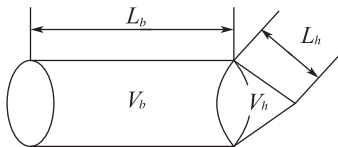


图2 猪体的抽象示意图

Fig. 2 Abstract of the pig's body

为了求取该模型的体积,取头部和躯干的长度分别为 L_h 和 L_b ,体积分别定义为 V_h 和 V_b 。其中 L_h 指鼻端上部至两耳根中点的长度,是圆锥体的斜边长而不是锥高。 L_b 指由两耳根中点至尾根沿背线的长度。假设圆柱体和圆锥体底面积相同,且其周长为腹围参数 R 。根据该简化的三维模型,由几何关系可知体积参数 V_i 与 L_h 、 L_b 及 R 的关系如下

$$V_i = V_h + V_b \quad (1)$$

$$\text{式中 } V_h = \frac{R^2 \sqrt{L_h^2 - \frac{R^2}{4\pi^2}}}{12\pi}, V_b = \frac{R^2 L_b}{4\pi}$$

只要知道 L_h 、 L_b ,并结合 R ,以式(1)求得 V_i 之后,利用其回归种猪体重,得到的回归关系表示为式(2)。

$$W_a = aV_i + b \quad (2)$$

为了考察该模型的预估准确性,利用在天津宁河种猪场获取的相关种猪体尺参数,对预估模型进行了评价,试验方法如下所述。

2 预估模型的检验

2.1 材料与方法

以选自天津宁河原种猪场30头处于生长阶段的长

白种猪为实验对象,体重处于56.3~72.7kg之间,平均体重为64.9kg。所选样本为随机抽取同一群次的种猪,其饲养方式及营养水平等基本相同,三天内完成各个参数的测量。测量是在2005年9月12~14日进行的。

利用卷尺、绳子、电子秤测量了种猪的体长、腹围、体重参数。为同时获取猪体图象信息,在猪舍的上面和侧面布置两个摄像头,利用图像采集系统^[5]同时获取并存储猪体背面和侧面图像,供以后分析。参数测量内容如表1。

表1 猪体参数测量内容

Table 1 Content of pigs' body parameters measurement

测量参数	定义	测量工具
体长	由鼻端经由两耳根连线的中点,沿脊背至尾根的长度	卷尺和绳子
腹围	腹部最大处的周径	卷尺和绳子
体重	每日空腹体重	电子秤

实验中为了测量方便,直接测量了猪鼻端上部至尾根沿背线的长度作为体长,为了将其分为 L_h 和 L_b 两部分,在实验室内测量了一模型猪的 L_h 和 L_b 占总体长的比例,进而根据比例关系求出近似的 L_h 和 L_b 。在实验室测得模型猪的 L_h 和 L_b 分别占总体长的0.22和0.78。求得实际样本的 L_h 和 L_b ,再结合 R ,利用式(1)求出样本 V_i 。实测体重及相关数据的基本描述如表2。将所得数据利用SAS 8.2进行相关分析和线性回归分析^[16]。数据的处理均是在Windows XP Professional操作系统上完成。

表2 实测与预估体重及相关数据描述

Table 2 Description of actual and estimating weight and other parameters

	平均值	标准偏差	最小值	最大值
W_a /kg	64.9	4.4	56.3	72.7
L_h /cm	30.1	1.4	27.6	33.1
L_b /cm	106.3	4.8	97.4	116.9
R /cm	106.1	6.4	90.0	118.0
V_h /dm ³	95.7	13.2	72.4	121.8
V_b /dm ³	7.4	0.95	5.8	9.1
V_i /dm ³	103.2	14.1	78.4	130.9

2.2 预估精度分析

根据三维预估模型,得出长白种猪体重 W 与 V_i 的回归关系式如下

$$W = 0.2695V_i + 37.14 \quad (3)$$

该回归模型的P值为0.0001,小于显著性水平 $\alpha = 0.05$,表明可以用该模型拟合数据,不必进行修改。体重实测值与估测值的拟合曲线如图3所示。该回归关系的决定系数 R^2 为0.76,其参数检验表明回归系数及截距参数也是可靠的。

表3列出了体积参数值、实测值、预测值及误差数据。由数据可知:预估最大绝对误差为3.4kg,最小为0,最大相对误差为5.2%,最小为0,平均相对误差为2.8%。预测平均体重为64.9kg,与实际相同,标准差

为 3.8kg, 小于实测值。

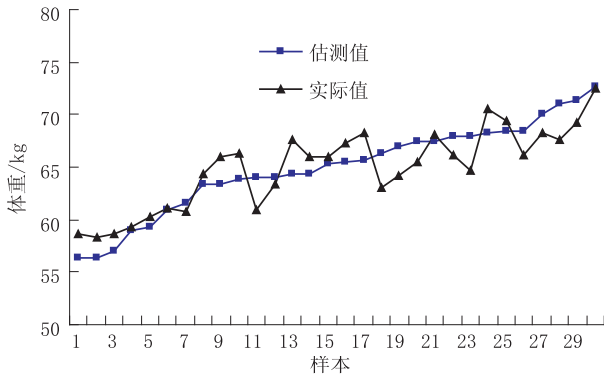


图3 体重实测值与估测值的拟合曲线

Fig. 3 Ombine curves of actual and estimating weight values

表3 体重实测值与估测值的对比分析

Table 3 Comparison and analysis between actual and estimating weight values

样本号	Vt/dm ³	实测体重/kg	预测体重/kg	差值/kg	相对误差
1	79.6	56.3	58.6	2.3	0.041
2	78.4	56.3	58.3	2.0	0.035
3	80.0	57.0	58.7	1.7	0.030
4	81.9	59.0	59.2	0.2	0.004
5	85.8	59.3	60.3	1.0	0.016
6	88.7	61.0	61.0	0.0	0.000
7	87.7	61.5	60.8	-0.7	0.012
8	100.7	63.4	64.3	0.9	0.014
9	107.3	63.4	66.0	2.6	0.042
10	108.2	63.8	66.3	2.5	0.039
11	88.5	64.0	61.0	-3.0	0.047
12	97.6	64.1	63.4	-0.7	0.010
13	113.3	64.3	67.7	3.4	0.052
14	107.3	64.3	66.0	1.7	0.027
15	106.7	65.3	65.9	0.6	0.009
16	112.1	65.5	67.3	1.8	0.028
17	115.8	65.6	68.3	2.7	0.042
18	95.8	66.3	63.0	-3.3	0.050
19	100.5	67.0	64.2	-2.8	0.041
20	105.1	67.4	65.5	-1.9	0.029
21	114.9	67.4	68.1	0.7	0.011
22	107.4	68.0	66.1	-1.9	0.028
23	102.0	68	64.6	-3.4	0.050
24	123.8	68.2	70.5	2.3	0.034
25	119.7	68.5	69.4	0.9	0.013
26	107.4	68.5	66.1	-2.4	0.035
27	115.6	70	68.3	-1.7	0.024
28	113.3	71	67.7	-3.3	0.047
29	119.4	71.3	69.3	-2.0	0.028
30	130.9	72.7	72.4	-0.3	0.004

3 对预估模型的分析

该三维预估模型以体长和胸围为基础, 利用体积参数的线性函数预估猪体重, 体积参数包含了各种体尺的信息, 有利于提高预估的准确性。实验结果也表明, 体重与体积的回归关系较为显著, 且回归关系的各参数可

靠, 预估准确性较好。其次, 该模型仅利用一维体长和胸围参数, 不牵涉面积参数, 利用图像技术提取这些参数时将更易于实现, 其中体长可由背部图像获得, 胸围可以由背部和侧面图像提取的背宽和腹高获得^[12, 17, 18], 这将有利于简化参数提取算法, 也为简化图像采集系统的软硬件实现提供了条件。此外, 利用一维参数通过几何运算就可以得到体积参数, 再用线性回归即可对猪体重进行预估, 与非线性预估相比, 将有利于算法的实现和提高运行效率。

李剑秋^[7]通过 93 组猪体数据, 猪体重平均值为 94.4kg, 标准差为 10.7kg, 应用逐步回归建立了基于体长、体高、胸围、腹围和臀围的多元预估模型, 但其没有对绝对误差和相对误差进行分析, 且若将臀围参数直接引入预估模型, 将增大图像处理算法的难度。杨艳^[12]的预估模型考虑了背部投影面积和体高, 去除了头部, 其实质也是转化为利用体积估测体重, 12 组数据的验证表明, 其相对误差与这里的预估模型相当, 也为 2.8%, 但为了提取面积参数, 其增加了硬件系统的设计, 降低了可操作性, 不利于实现完全自动化, 同时也加大了算法复杂性, 提高对算法设计的要求, 将不如直接提取体长、体高方便。

实验中仅对处于生长阶段的长白种猪进行了研究, 但对其它品种、生长阶段等猪的体重预估效果有待进一步检验。应用图像技术采用此模型进行体重预估的精准性等也有待进一步验证。猪体各个部分由于组成不同, 对体重的贡献也将不同, 如何继续细分躯干体积或研究其它更精细的三维模型以获得更好的预测效果, 有待深入研究。

4 结论

在分析了猪体重预估的影响因素及猪体尺参数之间的相关性的基础上, 根据猪体的体形特征, 以体长、头长和胸围为基础通过体积参数建立了三维立体预估模型。验证实验表明该预估模型在试验体重范围内准确性较好, 与以往的预估模型相比, 有利于后续研究的开展, 且该预估模型为实际应用也提供了依据。

[参考文献]

- [1] 赵书广. 中国养猪大成[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [2] Whittemore C T, Schofield C P. A case for size and shape scaling for understanding nutrient use in breeding sows and growing pigs[J]. Livestock Production Science, 2000, 65: 203-208.
- [3] 布和, 么素梅. 内蒙黑猪体尺体重的通径分析[J]. 内蒙古农牧学院学报, 1985, (1): 71-77.
- [4] 侯建君, 施正香, 李保明. 不同生长阶段白猪体型特征的主成分分析[J]. 中国农业学报, 2006, 11(3): 56-60.
- [5] 唐爱发, 连林生, 李爱云. 撒坝猪体尺性状的聚类与主成分分析[J]. 辽宁畜牧兽医, 2000, (3): 1-2.
- [6] 李铁宝, 张儒良, 李胜仁. 贵州地方母猪体尺相关性研究[J]. 贵州农业科学, 1999, (5): 47-50.
- [7] 李剑秋. 应用逐步回归法估测猪体重的研究[J]. 浙江畜牧

- 兽医,2002,(1):4-5.
- [8] Minagawa H, Ichikawa T. Determining the weight of pigs with image analysis[J]. Trans ASAE,1994,37(3):1011-1015.
- [9] Schofield C P, Marchant J A. Monitoring pig growth using a prototype imaging system[J]. Journal of Agric Engineering,1999,72:205-210.
- [10] Wilson A B D, Whittmore C T, Knap P W, et al. Using visual image analysis to describe pig growth in terms of size and shape[J]. Animal Science,2004,79:415-427.
- [11] 杨艳,滕光辉,李保明. 利用二维数字图像估算猪体重[J]. 中国农业大学学报,2006,11(3):61-64.
- [12] 杨艳,滕光辉,李保明,等. 基于计算机视觉技术估算猪体重的应用研究[J]. 农业工程学报,2006,22(2):127-131.
- [13] Wu Jiahua, Tillet R, Farlane N M, et al. Extracting the three-dimensional shape of live pigs using stereo photogrammetry[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2004,4:203-222.
- [14] 陈兵旗,孙明. Visual C++实用图像处理[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [15] 马云,叶喜涛,张毅峰,等. Visual C++. NET 宝典[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [16] 阮桂海. SAS 统计分析实用大全[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [17] 刘艳国,朱虹,郑丽敏. 拐点提取算法在活体猪检测中的应用[J]. 计算机应用 2005,25(12):243-247.
- [18] Erik J. Evaluation of height measurement for automatic weight assessment of slaughter pigs [J]. Biometry Research Unit Internal Report,2002,(5):1-9.

Research on three-dimensional model of pig's weight estimating

Fu Weisen, Teng Guanghui*, Yang Yan

(Key Laboratory of Agricultural Bioenvironment Engineering, Ministry of Agriculture, College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Aiming at estimating weight of pig with image processing technology, felicitous estimating model is the base and key to achieve good results also connected directly to the complexity, stability and high efficiency of processing Algorithms. Analysised the factors correlated to weight estimating and characteristics of bodily form of pig, divided the pig into head and body and supposed them as a cone and a columniation. Set up an estimate model based on three-dimension. The results of comparison and analysising between actual and estimating weight values verified the estimating model through experiment and got a pretty precision in the range of experiment weight data. This study provided a new method to estimate pigs' weight non-destructively.

Key words: pig; weight; estimating model