

# 大熊猫 GPS 项圈行为数据的分类阈值

何 可<sup>①②</sup> 杨志松<sup>①\*</sup> 青 菁<sup>①③</sup> 何流洋<sup>①④</sup> 戴 强<sup>③</sup> 齐敦武<sup>②</sup>  
毕温磊<sup>②</sup> Jacob R Owens<sup>②</sup> 古晓东<sup>⑤</sup> 杨旭煜<sup>⑤</sup>

① 西华师范大学 西南野生动植物资源保护教育部重点实验室 南充 637002; ② 成都大熊猫繁育研究基地 四川省濒危野生动物保护生物学省部共建实验室 成都 610086; ③ 中国科学院成都生物研究所 成都 610041; ④ 四川栗子坪国家级自然保护区 石棉 625400; ⑤ 四川省野生动物资源调查保护管理站 成都 610081

**摘要:** 在大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 研究中, 利用 GPS 项圈研究活动节律已经得到广泛应用。但是, 由于对 GPS 项圈行为数据的分类阈值一直缺乏研究, 导致了大熊猫个体活动节律分析结果出现一定的偏差。本文以半野化过渡训练区内 2 只佩戴 GPS 项圈 (Lotek\_7000 MU) 的大熊猫 (“倩倩”与“和盛”) 为研究对象, 通过监控视频观测获得休息与活动行为时间段, 对比同期利用 GPS 项圈行为数据计算得到的运动指数, 采用正判率最大化策略, 确定大熊猫休息和活动两类行为运动指数的行为分类阈值。结果表明, 大熊猫休息状态和活动状态运动指数的行为分类阈值为 32, 而之前研究中采用 0 作为阈值。以 32 为阈值对行为分类, 其中, 休息行为正判率为 98.23%, 运动行为正判率 94.48%; 而以 0 为阈值, 休息行为正判率为 100%, 运动行为正判率 77.34%。利用阈值 32 和 0 对两只大熊猫 19 d 的休息行为和活动行为进行分类识别。以 0 为阈值时, 大熊猫日平均活动率 (“倩倩”为 59%; “和盛”为 70%), 高于以 32 为阈值得到的日平均活动率 (“倩倩”为 54%; “和盛”为 50%), 这表明以 0 为行为分类阈值时, 会高估大熊猫活动率。

**关键词:** 大熊猫; GPS 项圈; 运动指数; 阈值; 活动率

中图分类号: Q958 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2016) 02-169-07

## Analyzed on the Threshold Value of Behavior Data of Giant Panda Collected by GPS Collar

HE Ke<sup>①②</sup> YANG Zhi-Song<sup>①\*</sup> QING Jing<sup>①③</sup> HE Liu-Yang<sup>①④</sup> DAI Qiang<sup>③</sup> QI Dun-Wu<sup>②</sup>  
BI Wen-Lei<sup>②</sup> Jacob R OWENS<sup>②</sup> GU Xiao-Dong<sup>⑤</sup> YANG Xu-Yu<sup>⑤</sup>

① Key Laboratory Of Southwest China Wildlife Resources Conservation (Ministry Of Education), China West Normal University, Nanchong 637002; ② Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding, Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology for Endangered Wildlife, Chengdu 610086; ③ Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041; ④ Sichuan Liziping National Nature Reserve, Shimian 625400; ⑤ Sichuan Station of Wild life survey and Management, Chengdu 610081, China

**基金项目** 四川省野生动物资源调查保护管理站支持项目“大熊猫放归合作基金”;

\* 通讯作者, E-mail: yangzhisong@126.com;

**第一作者介绍** 何可, 男, 硕士研究生; 研究方向: 动物生态学; E-mail: heke0611@163.com。

收稿日期: 2015-10-12, 修回日期: 2016-01-13 DOI: 10.13859/j.cjz.201602001

**Abstract:** Though GPS collar has been widely used in studying the activity rhythm of giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*), unfortunately, no any analyses have conducted on the reclassified the data collected, that may led to the misunderstand the result. In order to set the threshold value on the behavior data for giant panda, we collected the activity data on two giant panda (Table 1) at Dujiangyan Field Research Center, Chengdu Research Base of Giant Panda Breeding center using both GPS collar and video monitor. Based on the strategy of maximum positive rate, we compared the two set of behavior data (Table 2) collected in the period of May 23rd, 2015 to June 10th, 2015. The results showed there was no significant difference between rest motion index and active motion index for the two giant panda (Fig. 1). Based on our data collected during 19 days, the correct percentage of rest and active behavior gotten from GPS collar was 98.23% and 94.48% compared with the data from video monitor when the threshold was set as 32, respectively. Whereas, the correct percentage of rest and active behavior was 100% when the threshold value was 0 and 77.34%, respectively (Fig. 2). The daily average activity rate of giant pandas based on the threshold of 0 was significantly high than the threshold set on 32 (59% vs. 54% for panda Qian Qian and 70% vs. 50% for panda He Sheng (Fig. 3). Our data suggested that the the activity rate of giant panda may over estimated if the threshold value was set on zero.

**Key words:** Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*); GPS collar; Motion index; Threshold; Activity rate

动物的活动节律是行为生态学中的一个重要内容,它主要研究动物在不同季节、不同时间的活动强度及变化规律(马建章等 1999)。目前, GPS (全球定位系统, global positioning system) 项圈已经广泛地应用于野生动物活动节律研究中(Frair et al. 2004)。GPS 项圈的运动传感器可以有效地记录动物行为,分析动物的行为模式与时间分配(Ungar et al. 2005)。

GPS 项圈运动传感器所记录的行为数据由水平与垂直方向的震动次数组成(Turner et al. 2000),而实际研究中以水平与垂直方向震动次数之和作为运动指数表征个体活动水平(Coulombe et al. 2006)。由于缺少对运动指数和对应行为的分析,对大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)的研究一般简单地以 0 为阈值,运动指数大于 0 则认为大熊猫处于活动状态,反之则处于休息状态(古晓东等 2011, Zhang et al. 2015)。然而,在实际观测中发现大熊猫即使在休息时也会偶尔出现翻身等行为,并被运动传感器所记录,产生大于 0 的运动指数记录。因此以 0 为阈值识别活动和休息行为状态可能导致分析结果产生偏差。事实上,在不少其他

物种中,已经采用非 0 阈值进行活动和休息行为状态的识别,如对驼鹿(*Alces americanus*, Moen et al. 1996)、白尾鹿(*Odocoileus virginianus*, Coulombe et al. 2006)、马鹿(*Cervus elaphus*, Adrados et al. 2003)、棕熊(*Ursus arctos*, Gervasi et al. 2006)和日本黑熊(*U. thibetanus japonicas*, Yamazaki et al. 2008)等的研究。

因此,本研究以成都大熊猫繁育研究基地都江堰繁育研究中心的 2 只大熊猫个体为对象,对比分析行为观察数据与同期 GPS 项圈数据,确定 GPS 项圈数据中休息和活动行为的分类阈值,为以后更准确地了解野外大熊猫的活动规律提供依据。

## 1 研究方法 with 地点

### 1.1 研究区域

本研究于都江堰大熊猫半野化过渡训练区开展,该地位于成都大熊猫繁育研究基地都江堰繁育野放研究中心(以下简称熊猫谷)内。训练区面积为 5.8 hm<sup>2</sup>,位于成都大熊猫自然分布区边缘,为天然林地和部分退耕还林地。最

高海拔 855 m, 最低海拔 773 m, 年降雨量 1 200 ~ 1 800 mm。区域内科研设施主要包括大熊猫过渡训练的安全保障系统、基本生活系统和科学监测研究系统等。

## 1.2 安装 GPS 项圈与设置

采用 Lotek\_7000 MUGPS 项圈 (Lotek Wireless Inc Newmarket Ontario Canada) 记录 2 只大熊猫“倩倩”与“和盛”行为。项圈佩戴于大熊猫颈部。GPS 项圈预先设定为每隔 5 min 记录一次行为数据, 该采样频次为 GPS 项圈可设置的最高采样频次。大熊猫的行为由项圈内运动传感器记录, 由水平方向和垂直方向的震动次数组成, 每个方向的最大记录值为 255。

## 1.3 研究时间

2 只野化培训大熊猫于 2015 年 1 月放入半野化过渡训练区。经过近 4 个月的环境适应后, 于 2015 年 4 月 20 日开始佩戴 GPS 项圈。为避免佩戴项圈初期异常数据的干扰, 仅采用 2015 年 5 月 23 日到 6 月 10 日, 共计 19 d 的行为数据进行分析。

## 1.4 行为观察

为观察大熊猫行为, 半野化过渡训练区共计设置 64 部视频监控器 (JX-IPC-HFW8281D, 四川杰西智能), 并在少数视频监控的盲点补充安装 20 台红外线摄像机 (Ltl-6200mm, Ltl Acorn) 进行行为记录。视频监控自大熊猫放入训练区起即不间断记录并存档保存。本研究调取 2015 年 5 月 23 日到 6 月 10 日的所有监控记录, 选择能准确识别大熊猫行为的视频段, 进行行为分析。

大熊猫行为状态分为休息和活动 2 类。其中活动行为包括取食、嗅闻、警觉、求适和移动; 而休息行为包括睡眠和非睡眠的无运动状态。由于 GPS 项圈采样时间段为 5 min, 参考其他物种中的研究方法 (Coulombe et al. 2006, Yamazaki et al. 2008), 如果个体在 5 min 内完全处于活动状态则计为活动, 如果 5 min 内完全处于休息状态则计为休息, 如果个体在 5 min 内既有活动行为又有休息行为, 则该时间段数

据不纳入分析。

## 1.5 数据分析

GPS 项圈中行为数据的水平方向和垂直方向的震动次数之和为运动指数 (activity sensor value threshold, Yamazaki et al. 2008)。将监控视频观测的休息时间段和活动时间段与项圈中该时间段的运动指数相对应 (Yamazaki et al. 2008)。为判断运动指数是否可用于识别休息和活动这两种行为状态, 本研究比较了两只大熊猫个体休息与活动状态下的运动指数, 如存在显著差异, 则认为运动指数可用于识别两种行为状态, 否则则认为运动指数不足以识别这两种行为状态。

为判断不同个体是否可以采用相同的行为分类阈值进行分类, 本研究比较了两只个体休息与活动状态下的运动指数, 如果两只个体差异不显著, 则表明两只个体行为状态可以用同一阈值进行分类, 如差异显著, 则表明两只大熊猫需要不同的阈值进行分类。

为确定行为分类阈值, 本文采用了正判率最大化策略 (Coulombe et al. 2006), 即以不同阈值 (从运动指数的最小值 0 到最大值 510) 判定大熊猫行为状态, 并计算各阈值的正判率:  $P = T_p / (T_p + F_p)$ , 式中,  $P$  为正判率,  $T_p$  为状态判断正确的次数,  $F_p$  为判断错误的次数。当休息状态的正判率和运动状态正判率之和达到最大时, 其对应的运动指数即为区分休息行为和活动行为的阈值 (Relyea et al. 1994, Coulombe et al. 2006)。

为比较不同阈值确定方法分析大熊猫活动节律是否会得到不同结果, 分别以 0 为阈值和正判率最大化策略得到的阈值进行行为分类, 进而分析其日均活动率, 即每天活动时间 (h) 与 24 h 之比, 并比较两种方法日均活动率是否存在显著性差异。

统计比较中, 对于符合正态分布的数据, 采用  $t$  检验分析, 否则采用 Mann-Whiney  $U$  检验分析, 显著水平均为 0.05。所有分析均在 R version 2.15.3 (R Core Team 2014) 中完成。

## 2 研究结果

### 2.1 项圈数据和视频数据

共获得 2 只大熊猫(“倩倩”和“和盛”)项圈行为数据 21 604 条(每条数据时长 5 min), 视频监控数据 2 895 min(表 1)。

视频数据中大熊猫“倩倩”休息行为 1 055 min, 活动行为 670 min(表 2)。通过监控视频观测的活动和休息时间段, 对应项圈中相应时间段的行为数据, 得到活动运动指数为  $74.60 \pm 24.74$ (平均值  $\pm$  标准差, Mean  $\pm$  SD), 休息运动指数为  $5.32 \pm 1.33$ 。视频数据中大熊猫“和盛”休息行为 935 min, 活动行为 235 min(表 2)。大熊猫“和盛”活动运动指数的平均值为  $72.05 \pm 23.51$ , 休息运动指数的平均值为  $1.87 \pm 0.63$ 。

### 2.2 确定行为分类阈值

2 只大熊猫的总体活动运动指数与总体休息运动指数具有显著性差异( $t = -33.572$ ,  $df = 362$ ,  $P < 0.001$ )。比较两只大熊猫间的活动运动指数( $n_{\text{Qian}} = 134$ ,  $n_{\text{He}} = 47$ ,  $U = 17\ 754.000$ ,  $P = 0.121$ )和休息运动指数( $n_{\text{Qian}} = 211$ ,  $n_{\text{He}} = 187$ ,  $U = 3\ 088.500$ ,  $P = 0.951$ )均未见显著差异(图 1)。

基于最大正判率(休息运动指数与活动运

动指数正判率之和最高), 发现大熊猫的活动指数为 32 时正判率最高(休息 = 98.23%, 活动 = 94.48%), 即 32 为区分休息行为和活动行为的阈值。也就是运动指数小于或等于 32 时则判断为休息行为, 当运动指数大于 32 时则判断为活动行为(图 2)。

### 2.3 活动节律

若利用 32 作为阈值进行大熊猫休息与活动行为分类, “倩倩”和“和盛”的日平均活动率分别为 50% 和 52%。若利用 0 值作为阈值, 两只熊猫的日平均活动率分别为 59% 和 70%(图 3)。Mann-Whiney U 检验 2 只大熊猫在不同阈值下的日平均活动率, 结果显示大熊猫“倩倩”在利用不同阈值分类休息与活动时具有显著性差异( $U = 38.000$ ,  $P < 0.001$ ), 同时“和盛”在不同阈值分类其活动与休息时也具有显著性差异( $U = 1.000$ ,  $P < 0.001$ )。

## 3 讨论

现在利用 GPS 项圈对野生动物进行有效的保护已十分广泛, 尤其是珍稀野生动物(葛宝明等 2012)。本文利用 GPS 数据与实时行为数据进行对比, 发现大熊猫休息状态与活动状态的运动指数具有显著性差异, 表明运动指数

表 1 佩戴 GPS 项圈大熊猫的基本信息

Table 1 The basic information of giant panda studied

名称 Name	谱系号 Pedigree number	项圈编号 Collar ID	出生日期(年-月-日) Date of birth (Year-month-date)	性别 Sex	GPS 项圈记录数据量 Data quantity of GPS collars
“倩倩” “Qian Qian”	881	35579	2013-08-06	雌性 Female	10 802
“和盛” “He Sheng”	876	35567	2013-07-23	雄性 Male	10 802

表 2 大熊猫“倩倩”和“和盛”的视频数据

Table 2 The video data got from giant panda “He Sheng” and “Qian Qian”

行为 Behavioral	“倩倩” “Qian Qian”		“和盛” “He Sheng”	
	次数(次) Times	时间 Time Duration (min)	次数(次) Times	时间 Time duration (min)
活动 Activity (min)	134	670	47	235
休息 Rest (min)	211	1 055	187	935
合计 Total	345	1 725	234	1 170

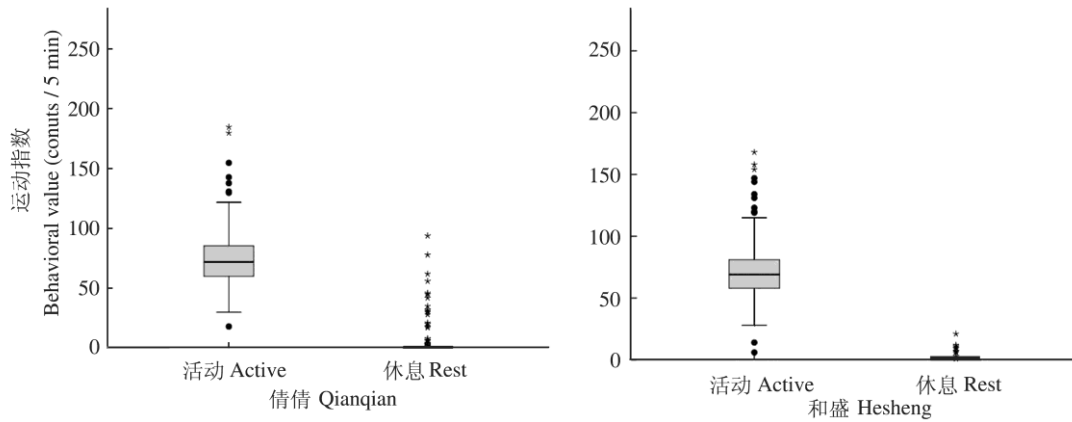


图 1 大熊猫“倩倩”与“和盛”休息运动指数与活动运动指数分析

Fig. 1 The rest and active motion index of giant panda “He Sheng” and “Qian Qian”

箱体表示中位数，25%和75%的四分位数；触须表示正常值范围；圆点表示异常值；星号表示极端异常值。

Box indicates median, 25% and 75% is quartiles, tentacles mean the range of normal value; the origin represents is an abnormal value; star mean extreme outliers.

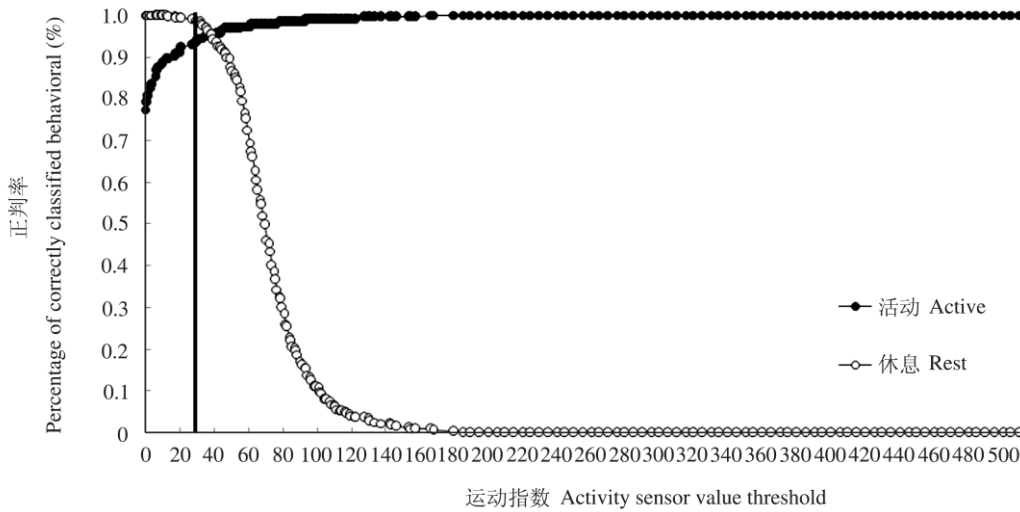


图 2 不同阈值下活动与休息状态的正判率（黑色垂线为阈值 32）

Fig. 2 Determination of the activity sensor value threshold for 2 GPS-collared giant panda (The black line indicates the determined determination threshold 32)

可以识别大熊猫的休息状态与活动状态。同时 2 只大熊猫个体的休息状态与活动状态的运动指数之间无显著性差异，说明 2 只大熊猫个体的休息状态与活动状态的运动指数可以被同一阈值区分，其阈值为 32。这一阈值的确定能够较为准确将运动指数分类为活动与休息两种行

为，对研究大熊猫活动节律有着重要的价值。

前人的研究 (Zhang et al. 2015) 中多以 0 为阈值，而本研究结果表明以 0 为阈值分类大熊猫运动指数的正判率 (休息 = 100%，活动 = 77.34%) 远低于以 32 为阈值分类大熊猫运动指数得到的最高正判率 (休息 = 98.23%，活动

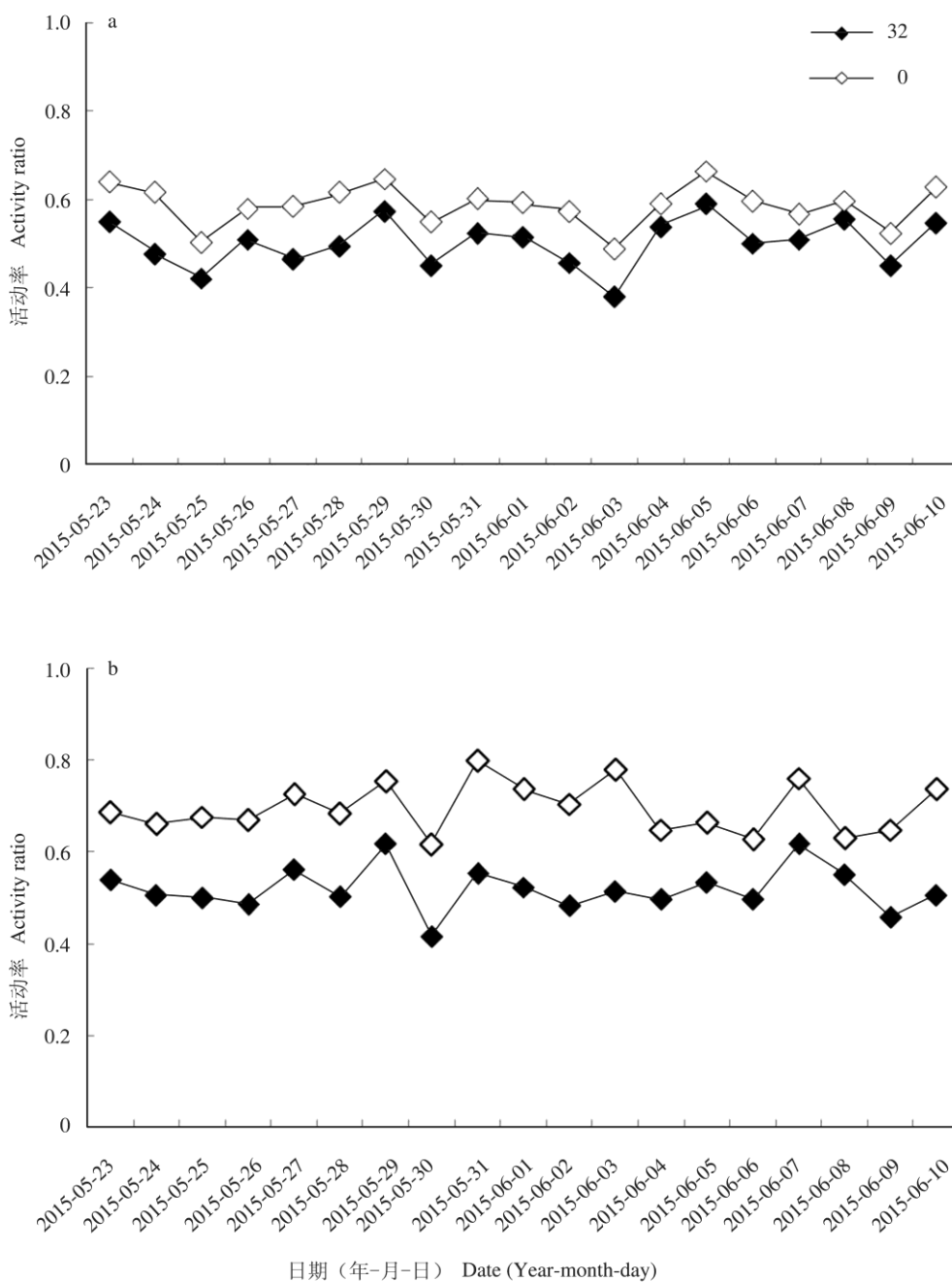


图 3 以不同阈值作为运动指数分割点的 2 只大熊猫日平均活动率

Fig. 3 The day average activity rate of 2 giant pandas at different threshold of motion index

a. “倩倩”以 32 和 0 为阈值的日平均活动率；b. “和盛”以 32 和 0 为阈值的日平均活动率。

a. The day average activity rate in 32 and 0 as the threshold of “Qianqian”; b. The day average activity rate in 32 and 0 as the threshold of “Hesheng”.

= 94.48%)。由于以 0 为阈值时将休息行为中偶尔的转头或翻身，判断为活动行为，将真实活

动率增大，而以 32 为阈值则能更加准确分类大熊猫的行为，得到比较真实的活动率。为了验

证以 32 为阈值是否能有效减少由于偶然行为导致的活动率增大,以 0 为阈值和以 32 为阈值分别分析了 2 只大熊猫日平均活动率。分析结果显示,以 0 为阈值时,“倩倩”的日平均活动率为 59%，“和盛”的日平均活动率为 70%，高于以 32 为阈值得到的日平均活动率（“倩倩”为 54%；“和盛”为 50%）。比较 2 只大熊猫在不同阈值情况下的日平均活动率,结果显示 2 只大熊猫以 32 和 0 为阈值时都有显著性的差异。同时,比较 2 只大熊猫在不同阈值下的日活动节律,结果也显示其不同阈值下有显著性差异。以 0 为阈值会过高估计大熊猫的活动率,不能有效反映大熊猫真实的活动节律,而通过实际观察与 GPS 项圈运动指数对照,计算出的阈值 32,能准确反映大熊猫的活动率。

本研究由于受到 GPS 项圈运动传感器设置的限制,记录的大熊猫行为时长均为 5 min,故研究仅将 GPS 项圈运动传感器数据分类为休息行为与活动行为。虽然分类相对简单,但能够比较准确地反映出大熊猫的活动率,为大熊猫这一珍稀濒危动物的保护和管理提供参考依据。如果在以后的研究中,能观察到大熊猫有时长超过 5 min 的其他行为,也可以利用该方法进行分类。

通过对照分析行为观察数据和同期的 GPS 项圈运动传感器数据,确定了大熊猫个体休息和活动两类行为运动指数的阈值,为准确分类佩戴 GPS 项圈大熊猫的行为提供了依据,同时可为更加准确使用 GPS 项圈数据了解野生大熊猫的活动节律提供参考。该方法不仅可以用于分类大熊猫的 GPS 项圈运动传感器数据,也能够用于其他佩戴 GPS 项圈的珍稀动物,本研究为分类佩戴 GPS 项圈动物的运动指数提供了重要的参考。

**致谢** 承蒙成都大熊猫繁育研究基地都江堰野外中心李明喜、高扬、邱德建等的支持和帮助,在此一并表示感谢!

## 参 考 文 献

- Adrados C, Verheyden-Tixier H, Cargnelutti B, et al. 2003. GPS approach to study fine-scale site use by wild red deer during active and inactive behaviors. *Wildlife Society Bulletin*, 31(2): 544–552.
- Coulombe M L, Masse A, Cote S D. 2006. Quantification and accuracy of activity data measured with VHF and GPS telemetry. *Wildlife Society Bulletin*, 34(1): 81–92.
- Frair J L, Nielsen S E, Merrill E H, et al. 2004. Removing GPS collar bias in habitat selection studies. *Journal of Applied Ecology*, 41(2): 201–212.
- Gervasi V, Brunberg S, Swenson J E. 2006. An individual-based method to measure animal activity levels: A test on brown bear. *Wildlife Society Bulletin*, 34(3): 1314–1319.
- Moen R, Pastor J, Cohen Y. 1996. Interpreting behavior from activity counters in GPS collars on moose. *Alces*, 32 (1996): 101–108.
- R Core Team. 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. [CP/OL]. [2015-09-10]. <http://www.R-project.Org>.
- Relyea R A, Ortega I M, Demarais S. 1994. Activity monitoring in Mule Deer — Assessing telemetry accuracy. *Wildlife Society Bulletin*, 22(4): 656–661.
- Turner L W, Udall M C, Larson B T, et al. 2000. Monitoring cattle behavior and pasture use with GPS and GIS. *Canadian Journal of Animal Science*, 80(3): 405–413.
- Ungar E D, Henkin Z, Gutman M, et al. 2005. Inference of animal activity from GPS collar data on free-ranging cattle. *Rangeland Ecology & Management*, 58(3): 256–266.
- Yamazaki K, Kozakai C, Kasai S, et al. 2008. A preliminary evaluation of activity-sensing GPS collars for estimating daily activity patterns of Japanese black bears. *Ursus*, 19(2): 154–161.
- Zhang J D, Vanessa H, Huang J Y, et al. 2015. Activity patterns of the giant panda (*Ailuropoda melanoleuca*). *Journal of Mammalogy*, 96(6):1–12.
- 葛宝明, 官天培, 谏利民, 等. 2012. GPS 项圈系统在野生动物管理中的应用. *四川动物*, 31(2): 311–316.
- 古晓东, 王鸿加, 张陕宁, 等. 2011. 放归大熊猫“盛林 1 号”的活动范围和活动节律监测. *四川动物*, 30(4): 493–497.
- 马建章, 徐利, 张洪海, 等. 1999. 大兴安岭地区紫貂的活动节律. *兽类学报*, 19(2): 95–100.