

文章编号: 2096-1618(2017)06-0678-07

基于改进灰靶决策的女子七项全能排名模型

丁云红¹, 陈勇明^{1,2}

(1. 成都信息工程大学应用数学学院, 四川 成都 610225; 2. 成都信息工程大学统计学院, 四川 成都 610225)

摘要:女子七项全能是奥运会、锦标赛等重大赛事的比赛项目,考察运动员的综合实力。其排名方式为:先分别对七个单项成绩采用田径全能评分表进行相应转换,再按照加总分数的高低顺序排名。该排名方式可能使总分高但有短板单项的运动员取得很好甚至最好名次,不完全符合“全能”的含义。为此新建一种“罚劣”算子,结合马氏距离构建了一种基于灰靶决策的新排名模型,更能促进运动员要想获得全能比赛的好成绩就必须力求全面平衡发展。

关键词:应用数学;体育统计;田径;女子七项全能;灰靶决策;排名;成绩

中图分类号: O29

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2017.06.018

0 引言

田径运动比赛成绩的优劣体现着一个国家体育的兴衰。作为考察女子综合素质的特殊田径运动,且有被称作“铁人”项目的女子七项全能是一项特别符合奥林匹克“更高、更快、更强”宗旨的竞赛。女子全能赛事起初为女子五项全能,1923年起始于苏联,1948年得到国际田联的认可,1964年成为奥运会赛事成员,1984年奥运会改为女子七项全能;该比赛进行2天,第1天的项目为:100 m跨栏跑、200 m跑、铅球、跳高;第二天进行跳远、标枪、800 m跑,共7个子项。比赛的总分是把各子项的初始成绩按照国际田径联合会颁发的田径全能评分表转换为千分制成绩,再将各子项的千分制分数进行求和,根据总成绩的高低依次排名^[1-2]。女子七项全能不仅考察了运动员选手的田径专业技能、身体素质,从时长2天的比赛中还考察了运动员的心理能力。

就田径整体和个体的双重意义而言,从一个国家女子七项全能水平情况,可以看出该国家女子田径运动水平的高低^[3],文献[4-10]通过对千分制成绩的数理统计与比较分析得出中国与外国七项全能运动员各项都存在发展不平衡情况,且中国相对较弱。为提高国家综合实力,体育竞技也不容忽视。女子七项全能比赛项目开展较晚却发展迅速,国内外对其都有相关研究。在分析千分制成绩数据方面,文献[10-16]通过灰色关联度对历届七项全能运动员的千分制成绩进行分析,指出其存在各单项发展不平衡,各项之间存在

相关性,且每个子项对总成绩的贡献程度存在差异;文献[17-18]认为田径全能运动评分表的修订对七项全能的发展方向起着决定性作用,若田径全能评分表存在问题势必会影响七项全能运动的发展。田径全能评分表自1912年至今,修订过数次,但仍存在计分不累进、评分不平衡的问题^[19]。因此也提出了一些改进建议,其中较有影响力的方法为:文献[19]的指数拟合方法,但计分不平衡现象仍未解决;文献[20]提出田径全能比赛千分等差制公式评分法,该方法存在依赖世界纪录的局限性;文献[21]建立了基于灰关联度下的女子新评分模型,但排名方式未考虑各单项之间存在关联性带来的影响。本文将结合田径全能评分表存在的问题来讨论千分制成绩不稳定与七项全能运动发展不平衡的关系,以及加总排名方式是否合理的问题;从女子七项全能运动员初始成绩出发,建立基于灰靶决策下的一种相对公平公正、鼓励运动员追求全能发展的排名模型。

1 女子七项全能运动排名问题

对女子七项全能千分制成绩数据分析的研究中,都未曾考虑田径全能评分表存在计分不累进和计分不平衡的问题。由于通过田径全能评分表转换后的千分制成绩存在一定的误差,那么千分制成绩能否分析出女子七项全能各项之间发展情况仍有待商榷;在以往对田径全能评分表的研究中,只是单独的对评分表分值转换进行了改变,对女子七项全能单项成绩直接加总进行排名是否合理,是否有益于七项全能全面发展的问題尚未引起大家的关注。

收稿日期:2017-07-10

基金项目:国家社会科学基金资助项目(13BZZ055);四川省科技厅应用基础计划资助项目(2015JY0022)

1.1 七项全能运动含义

七项全能竞赛的目标在于选择出每项都相对比较优秀的运动员人才,即要求运动员在各单项的表现都要达到一个相对高的水平,这是一个综合考察速度、力量、耐力等身体技能和心理素质的特殊运动赛事。其全能含义是:(1)各单项地位相同;(2)优秀运动员不仅要求总成绩优秀,而且各单项成绩优异且相对平衡。如果总分优秀但有单项明显落后的运动员不能认为是全能运动员。当前,七项全能比赛项目单纯按照总分的高低对运动员进行排名,运动员某些短板项目的成绩可以被某些强项的高分拉升,当总分高但单项成绩之间波动较大时,即单项间发展不平衡,现有的排名方式仍可能认为是相对优异的全能运动员,违背了全能运动的精神。道理正如一个学生总分再高但有不及格科目不能认为

表1 2016年里约奥运会女子七项全能比赛前5名运动员千分制成绩表

| | 100 m 栏 | 200 m | 800 m | 跳远 | 跳高 | 铅球 | 标枪 | 总分 | 变异系数 |
|---|---------|-------|-------|------|------|-----|-----|------|--------|
| 1 | 1041 | 878 | 871 | 1033 | 1211 | 855 | 921 | 6810 | 0.1333 |
| 2 | 1149 | 1030 | 978 | 956 | 1093 | 785 | 784 | 6775 | 0.1460 |
| 3 | 1097 | 963 | 972 | 1001 | 1054 | 757 | 809 | 6653 | 0.1309 |
| 4 | 1075 | 1004 | 973 | 887 | 941 | 762 | 975 | 6617 | 0.1048 |
| 5 | 1106 | 982 | 871 | 912 | 1016 | 832 | 821 | 6540 | 0.1125 |

各运动员的变异系数值如表1所示,则稳定性相对最高的是运动员4,运动员1的变异系数值大于运动员4,即总成绩最高的运动员稳定性却低于排名靠后的选手。从千分制成绩的变异系数值来看,5位运动员都存在不同程度的七项发展不平衡状况。从单项成绩来看,如跳高的最高成绩为1211分,铅球的最高成绩为855分,每个单项同等对待,都为最优成绩时却在分值上相差365分,相差甚大,出现这种情况显然是由于田径全能评分表计分不平衡所导致的。当七项都达到各自最优成绩时,如表1中的七项最优成绩序列为(1149,1030,978,1033,1211,855,975),各项最优成绩的数值都存在不同程度的差值,由于其中包含了各项计分不平衡的问题,七项全能成绩不平衡能否说明七项全能项目不平衡发展还有待商榷。

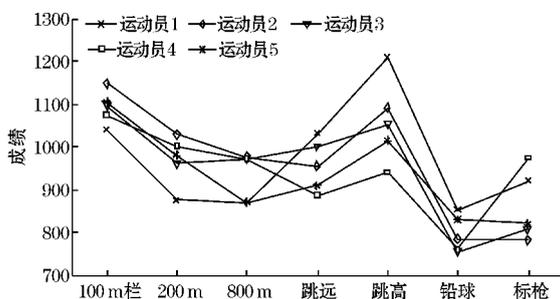


图1 2016年里约奥运会女子七项全能比赛前5名运动员千分制成绩曲线图

是全才,“偏科”与“全能”的含义是对立的。

1.2 千分制成绩不稳定与运动员发展不平衡关系

随着七项全能比赛的日益发展,各项目间的发展情况成为人们关注的热点,通过对目前发展状况的分析为运动员制定有效训练方案,从而提高成绩取得优异名次。以往文献对历届七项全能选手千分制成绩的数理统计,指出各子项之间的发展存在着不平衡的现象。在运动学中,通常通过全能选手成绩的变异系数来判定其子项间的稳定情况,变异系数的大小显示运动员技术的可控性与稳定性;其值越小,则稳定性就越高,即越趋于相对平衡发展。现运用变异系数对2016年里约奥运会女子七项全能前5名运动员千分制成绩进行分析,其数据来源于国际田联官方网站^[22]。

直观地如图1所示,5位女子七项全能运动员千分制成绩的曲线都存在不同程度的波动,其中第2名的波动程度最大,第4名的波动程度最小,表现出七项全能运动项目存在单项不平衡发展的现象;结论与以往研究结果一样,都是在未考虑田径全能运动评分表对各项存在计分不平衡问题的情况下得出的结论,由于各项的最优成绩值转换不一致,那么变异系数就只是指出千分制成绩波动情况,曲线的波动也只是体现出田径全能运动评分表对各子项存在着计分不平衡的问题。即目前七项全能运动员千分制成绩不稳定不能体现运动员发展不平衡。

1.3 总分排名方式不合理

全能比赛是通过单项成绩的总和进行比较,最终总分高者为胜。在训练和比赛中为了促使总分高,而出现对项目进行主动或被动“抓放”的行为,利用优势科目取得高分,这便使得运动员向着不全面发展的方向发展,使得“全能”比赛不再“全能”。在比赛中可能“偏科”的选手名次高于“全能”选手,其中单项相对全面发展选手的总分可能低于单项相对不平衡发展选手的总分。从表1知,按总分来看,运动员2总分略低于运动员1的总成绩,但在子项100 m栏,200 m以及800 m的成绩中,运动员1的成绩排名却为倒数第

一,有多个单项倒数第一却因为总分第一而排名为相对最优的全能运动员,显然这种排名方式是不合理的,是不利于运动员全面平衡发展的。

公平是比赛的原则和前提,竞赛公平需要合理的比赛规则,制定出公平公正合理且吻合比赛宗旨的规则是对参赛选手的尊重,更是对体育运动精神的不断追求。下文将基于灰靶决策理论,对女子七项全能排名提出一种相对公平公正且能促进运动员力求全面平衡发展的合理方式。

2 女子七项全能新排名模型

2.1 “罚劣”算子

由于女子七项全能运动是考察七个单项的综合情况,根据其含义应当考虑单项间的相对全面平衡发展,则当在评定排名时,如出现上述的单项发展不平衡现象,运动员的名次应当靠后。由于七项全能比赛各单项量纲不同,对其成绩进行分析时需先进行统一量纲化处理。统一量纲处理的方法有多种,例如:标准化处理法、极值处理法、线性比例法等,且运用甚广,为解决多指标问题提供了有效支撑^[23-24]。根据文献[25]指出线性比例无量纲化法保留了原始数据变异信息及评价稳定性性能较好的优点,本文则基于线性比例法对数据进行统一量纲处理。文献[26]提出一种“奖优罚劣”的线性变换算子,经过比较评价指标值与平均水平值,扩大指标之间差异度以便更好地决策,当优于平均值时赋予 $[0,1]$ 的值,劣于平均值时赋予 $[-1,0]$ 的值。针对七项全能比赛项目,一方面要鼓励运动员创造新纪录,本文则选取最优值进行参照对比;另一方面需促进运动员追求各项目平衡发展,如若“奖优”则会促使运动员侧重发展优势项目以取得高分,从而导致不平衡发展,则本文构建一种相对只“罚劣”的线性算子,对未到达最优成绩的项目进行不同程度的“罚劣”以促进运动员提高各项成绩;与以往文献“罚劣”不同的是:本文是根据离最优值的距离大小赋予不同的“罚劣”值,而不是将值赋予到 $[-1,0]$;当达到最优值时赋予值1,当低于最优值时,离最优值距离越大,量纲转换后的“罚劣”值就小。

将女子七项全能项目的七个子项记作指标集 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_7\}$, 分别代表100 m跨栏、200 m跑、800 m跑、跳高、铅球、跳远、标枪。将运动员组成的集合记为 $S_i (i=1, 2, \dots, n)$, 每个运动员各项的成绩记为 x_{ij}

$(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, 7)$, 建立初始成绩样本矩阵 X

$$X = (x_{ij})_{n \times 7} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{17} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{27} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{n7} \end{bmatrix}$$

由于100 m栏、200 m速度类和800 m耐力类项目以时间评定优劣,时间越小成绩越高,即为指标值越小越优的成本型指标。跳高、跳远跳跃类项目和铅球、标枪投掷类项目以距离评定成绩,距离越大成绩越好,即为指标值越大越优的效益型指标。则有如下“罚劣”算子:

当指标集为效益型指标时

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})} - \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij})} \quad (1)$$

当指标集为成本型指标时

$$r_{ij} = \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}} - \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{A \cdot \min(x_{ij})} \quad (2)$$

其中 A 为正整数, $A = \left\lceil \frac{\max(x_{ij} - \min(x_{ij}))}{\min(x_{ij})} \right\rceil + 1$ 。

则七项全能项目初始成绩转换后得到无量纲“罚劣”决策矩阵 R 。

$$R = (r_{ij})_{n \times 7} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{17} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{27} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{n7} \end{bmatrix}$$

通常指标集有效益型、成本型及固定型。当为固定型指标时,即指标值是一固定值 x 时

$$r_{ij} = \frac{\min(x, x_{ij})}{\max(x, x_{ij})} - \frac{|x_{ij} - x|}{B \cdot x} \quad (3)$$

其中 B 为正整数, $B = \left\lceil \frac{\max(|x_{ij} - x|)}{x} \right\rceil + 1$ 。

上述 $r_{ij} \in [-1, 1]$ 。

若指标 $a_1 = (1, 2, 3, 6, 7, 11)$ 为效益型指标, 平均值 $z_1 = 5$, “罚劣”算子转换后如表2所示; 若指标 $a_2 = (1, 2, 3, 6, 7, 11)$ 为成本型指标, 平均值 $z_2 = 5$, 则如表3所示; 若指标 $a_3 = (1, 2, 3, 6, 7, 11)$ 为固定型指标, 固定值取 $x_3 = 5$, 则如表4所示; 可以看出本文提出的“罚劣”算子赋值范围与文献[26]的范围相同, 都为 $[-1, 1]$, 文献[26]中将优于平均值的赋予正值体现“奖优”, 劣于平均值的赋予负值体现“罚劣”, 而“罚劣”算子是依据离指标最优值的距离而定, 距离越远, “罚劣”值小, 也有效地拉开了每个指标间的距离, 且不受平均值的局限。

表 2 效益型指标数据处理表

| | | | | | | |
|--------------------------|---------|---------|------|--------|--------|-----|
| 效益型样本值 | 1 | 2 | 3 | 6 | 7 | 11 |
| “奖优罚劣”算子 ^[26] | -0.4 | -0.3 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.6 |
| “罚劣”算子 | -0.8182 | -0.6364 | -0.5 | 0.0909 | 0.2727 | 1 |

表 3 成本型指标数据处理表

| | | | | | | |
|--------------------------|-----|--------|--------|---------|---------|---------|
| 效益型样本值 | 1 | 2 | 3 | 6 | 7 | 11 |
| “奖优罚劣”算子 ^[26] | 0.4 | 0.3 | 0.2 | -0.1 | -0.2 | -0.6 |
| “罚劣”算子 | 1 | 0.4091 | 0.1515 | -0.2879 | -0.4026 | -0.8182 |

表 4 固定型指标数据处理表

| | | | | | | |
|--------------------------|------|------|-----|--------|--------|---------|
| 效益型样本值 | 1 | 2 | 3 | 6 | 7 | 11 |
| “奖优罚劣”算子 ^[26] | -1 | -0.5 | 0 | 0.6667 | 0.3333 | -1 |
| “罚劣”算子 | -0.2 | 0.1 | 0.4 | 0.7333 | 0.5143 | -0.1455 |

2.2 灰靶决策下的女子七项全能新排名模型

灰靶是由邓聚龙教授提出^[27]的决策方法,为解决多属性决策问题提供了新的途径,主要思想是在一组备择对象的属性数据表中,根据描述对象属性的不同极性确定相对最优方案为靶心,再依据备择序列与靶心的关联度^[28-29]大小进行排序^[30],各备择序列与靶心的关联度通常称为靶心距。随着灰靶决策的发展,靶心的选取不再仅限于通过传统的灰靶极性变换^[31-32]而定,靶心距的计算方式也根据所解决问题的实际情况进行不断优化^[33-36]。

定义 1^[26] 设 $x_{0j} = \max \{x_{ij} \mid 1 \leq i \leq n\}$ ($j = 1, 2, \dots, m$), 则称 $x_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m})$ 为多指标灰靶决策的最优效果向量,也称靶心。

定义 2^[37] 设 m 维向量 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ 为方案 S_i 对指标集 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 效果样本向量, x_0 为最优效果向量,协方差阵为 $H, \Omega = \text{diag}(\sqrt{w_1}, \sqrt{w_2}, \dots, \sqrt{w_m})$ 为 m 个评价指标的权重向量中各分量所组成的对角阵, $\sum_{i=j}^m w_j = 1$, 称 $R^{(m)} = \{(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}) \mid (x_i - x_0)' \Omega' H^{-1} \Omega (x_i - x_0) = R^2\}$ 为以 $x_0 = (x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m})$ 为靶心的 m 维椭圆灰靶。

定义 3^[37] 设 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}) \in R^{(m)}$, 称 $\varepsilon_i = d(x_i, x_0) = \sqrt{(x_i - x_0)' \Omega' H^{-1} \Omega (x_i - x_0)}$ 为方案 S_i 的靶心距离。

文献[37]通过加权马氏距离对传统的灰靶决策进行改进,得出改进后的方法能避免决策指标之间相关性和重要性差异对决策的影响。对此,本文结合改进的灰靶决策对女子七项全能比赛建立以下“罚劣”排名模型:

Step1 由运动员初始成绩建立样本矩阵 X ;

Step2 根据公式(1)、(2)进行“罚劣”无量纲化处理,得无量纲化矩阵 R ;

Step3 确定靶心,根据定义 1,得出靶心 $r_0 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$;

Step4 计算 R 的协方差阵 H ;

Step5 指标权重向量 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_7)$, 得出指标权重向量各分量组成的对角阵

$$\Omega = \text{diag}(\sqrt{\omega_1}, \sqrt{\omega_2}, \dots, \sqrt{\omega_7}), \sum_{i=j}^7 w_j = 1;$$

Step6 计算靶心距

$$d_i = d(r_i, r_0) = \sqrt{(r_i - r_0)' \Omega' H^{-1} \Omega (r_i - r_0)}, i = 1, 2, \dots, n;$$

Step7 按照 d_i 的升序进行排序,得到 S_i 的顺序即运动员的名次。

2.3 实例分析

选取国际田联官网公布的 2016 年巴西里约奥运会女子七项全能比赛前 5 名运动员实际成绩^[22], 详见表 5, 计算出表中运动员的新排名顺序。

表5 2016年巴西里约奥运会女子七项全能比赛前5名运动员初始成绩表

| | 100 m 栏/s | 200 m/s | 800 m/s | 跳高/m | 铅球/m | 跳远/m | 标枪/m |
|---|-----------|---------|---------|------|-------|------|-------|
| 1 | 13.56 | 25.10 | 136.54 | 1.98 | 14.91 | 6.58 | 53.13 |
| 2 | 12.84 | 23.49 | 129.07 | 1.89 | 13.86 | 6.34 | 46.06 |
| 3 | 13.18 | 24.18 | 129.50 | 1.86 | 13.45 | 6.48 | 47.36 |
| 4 | 13.33 | 23.76 | 129.43 | 1.77 | 13.52 | 6.12 | 55.93 |
| 5 | 13.12 | 23.99 | 136.52 | 1.83 | 14.57 | 6.20 | 47.99 |

记运动员集合为 $S_i, i = 1, 2, \dots, 5$. 对运动员进行排名, 步骤如下:

Step1 由表2建立数据样本矩阵 X :

$$X = \begin{bmatrix} 13.56 & 25.10 & 136.54 & 1.98 & 14.91 & 6.58 & 53.13 \\ 12.84 & 23.49 & 129.07 & 1.89 & 13.86 & 6.34 & 46.06 \\ 13.18 & 24.18 & 129.50 & 1.86 & 13.45 & 6.48 & 47.36 \\ 13.33 & 23.76 & 129.43 & 1.77 & 13.52 & 6.12 & 55.93 \\ 13.12 & 23.99 & 136.52 & 1.83 & 14.57 & 6.20 & 47.99 \end{bmatrix}$$

Step2 由100 m 栏、200 m 和 800 m 为成本型指标, 按照式(2)进行无量纲化处理, 其中 $A=1$; 跳高、跳

远、铅球、标枪4个项目为效益型指标, 按照式(1)进行无量纲化处理。则得无量纲决策矩阵:

$R =$

$$R = \begin{bmatrix} 0.8909 & 0.8673 & 0.8874 & 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.8999 \\ 1.0000 & 1.0000 & 1.0000 & 0.9091 & 0.8592 & 0.9271 & 0.6471 \\ 0.9477 & 0.9421 & 0.9933 & 0.8788 & 0.8042 & 0.9696 & 0.6935 \\ 0.9251 & 0.9771 & 0.9944 & 0.7879 & 0.8135 & 0.8602 & 1.0000 \\ 0.9569 & 0.9579 & 0.8877 & 0.8485 & 0.9544 & 0.8845 & 0.7161 \end{bmatrix}$$

Step3 靶心 $r_0 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1)$.

Step4 计算 R 的协方差阵 H .

$$H = \begin{bmatrix} 0.0013 & 0.0014 & 0.0009 & -0.0007 & -0.0011 & -0.0006 & -0.0038 \\ 0.0014 & 0.0020 & 0.0016 & -0.0022 & -0.0023 & -0.0017 & -0.0021 \\ 0.0009 & 0.0016 & 0.0028 & -0.0017 & -0.0039 & -0.0006 & -0.0009 \\ -0.0007 & -0.0022 & -0.0017 & 0.0049 & 0.0035 & 0.0032 & -0.0016 \\ -0.0011 & -0.0023 & -0.0039 & 0.0035 & 0.0061 & 0.0014 & 0.0008 \\ -0.0006 & -0.0017 & -0.0006 & 0.0032 & 0.0014 & 0.0027 & -0.0014 \\ -0.0038 & -0.0021 & -0.0009 & -0.0016 & 0.0008 & -0.0014 & 0.0183 \end{bmatrix}$$

Step5 由于七个项目同等对待, 则指标权重向量 $\omega = (\frac{1}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7}, \frac{1}{7})$, 指标权向量中各分量组成的对角阵:

$$\Omega = \text{diag}(\frac{1}{\sqrt{7}}, \frac{1}{\sqrt{7}}, \frac{1}{\sqrt{7}}, \frac{1}{\sqrt{7}}, \frac{1}{\sqrt{7}}, \frac{1}{\sqrt{7}}, \frac{1}{\sqrt{7}})$$

Step6 计算靶心距:

$$d_i = d(r_0, r_i) = \sqrt{(r_0 - r_i)' \Omega' H^{-1} \Omega (r_0 - r_i)}$$

$i = 1, 2, \dots, 5$.

$$d_1 = 4.9207, d_2 = 4.8321, d_3 = 5.1795, d_4 = 4.9828, d_5 = 5.2010.$$

则距离排序为:

$$d_2 < d_1 < d_4 < d_3 < d_5$$

Step7 运动员的排名为:

$$S_2 > S_1 > S_4 > S_3 > S_5$$

在田径全能评分表分值加总排名模式下, 运动员的排名为: $S_1 > S_2 > S_3 > S_4 > S_5$, 存在这种差异的原因是田径全能评分表转换的分值存在误差, 且加总排名方式存在不合理问题。“罚劣”排名模型下, 运动员

2 排名第一, 运动员 1 排名后移。从表 5 可以得出表中运动员达到七项全能平衡的相对最优成绩序列为 $S_0 = (12.84, 23.49, 129.07, 1.98, 14.91, 6.58, 55.93)$, 运动员 2 的各项成绩都相对接近最优成绩; 虽然运动员 1 铅球和跳高取得最优成绩, 但 100 m 栏、200 m、800 m 的分值却在各单项排名最低, 单项之间发展存在不平衡现象。结果显示本文“罚劣”排名模型对女子七项全能初始成绩排名是可行的, 且存在促进其平衡发展的合理性。

从实例可以看出, 该模型具有以下优点: (1) 通过线性无量纲化处理原始数据, 保留了数据的差异信息和保证了决策的稳定性。(2) 通过改进的加权马氏距离来进行灰靶决策, 消除了七项全能运动各单项之间相关性和重要性差异对排名结果的影响。(3) 由于建立的“罚劣”无量纲化方法只有当各单项都达到相对最优成绩时离靶心的距离才最小, 当单项成绩与其最优成绩相差越大时, 转换后的值越小, 靶心距就越大, 这便在鼓励运动员创造新纪录的同时需要保持全面平衡发展。(4) 该方法保证了对各子项的同等对待, 且

计算过程易于理解。

3 结束语

针对七项全能运动的加总排名方式不符合其全能平衡发展含义,避开田径全能评分表转换分值的误差,直接采用运动员比赛原始成绩进行建模,构建了一种相对公平公正、鼓励运动员追求全面平衡发展的“罚劣”灰靶排名模型,为促进女子七项全能运动员向着全能平衡方向发展提供了一种新的方法,为七项全能比赛排名方式提供了一种新的参考。该模型可类似地应用于十项全能比赛的排名。

参考文献:

- [1] 晓强. 田径全能运动知识简介[J]. 体育教学, 1988(1):37-39.
- [2] 李加凤. 女子七项全能运动项目特征研究[D]. 济南:山东师范大学,2014.
- [3] 范伟达. 我国女子七项全能运动的现状与突破探讨[J]. 山东体育科技,1988(4):23-25.
- [4] 李春雷,马楠,易玉玲. 中外优秀女子七项全能运动员运动成绩的比较[J]. 北京体育大学学报,2000,23(2):261-262.
- [5] 何仲恺,张德广,任保国. 中国与世界女子七项全能运动员成绩差距的比较研究[J]. 体育与科学,2001,22(5):38-42.
- [6] 王强. 中外优秀女子七项全能运动成绩差距的比较研究[J]. 体育与科学,2002,23(6):38-41.
- [7] 刘运祥,吕永强. 中外优秀女子七项全能运动员成绩结构的比较分析[J]. 四川体育科学,2006,(2):65-67.
- [8] 王玮,张莹. 中外优秀女子七项全能各单项得分的灰色关联分析[J]. 井冈山大学学报(自然科学版),2011,32(4):90-93.
- [9] 李欣馨,李健英. 中外优秀女子七项全能运动员成绩比较[J]. 上海体育学院学报,2012,36(2):85-90.
- [10] 江瑞丽,赵鲁南,商祥,等. 世界优秀女子七项全能运动成绩特征及中外实力分析[J]. 辽宁体育科技,2016,38(4):66-70.
- [11] 李燕. 第29届奥运会女子七项全能运动员成绩分析[J]. 体育世界,2009(7):23-25.
- [12] 张宇竹,毛苏林. 对第30届奥运会女子七项全能比赛成绩的灰色关联分析[J]. 体育研究与教育,2013,28(2):104-106.
- [13] 蔡利燕,程丽萍. 历届奥运会女子七项全能成绩的分析及启示[J]. 浙江体育科技,2013,35(3):86-90.
- [14] 黄丽. 第8-12届全运会女子七项全能运动员成绩分析及预测模型的建立[J]. 体育科技文献通报,2014,22(6):54-55.
- [15] 车颜峰. 我国田径女子七项全能发展状况分析[J]. 浙江体育科学,2014,36(3):60-63.
- [16] 李加凤,刘冉. 世界优秀女子7项全能运动员比赛成绩表现特征[J]. 运动,2016,3:44-46.
- [17] 全国体育院校教材委员会. 田径运动高级教程(第三版)[M]. 北京:人民体育出版社,2013.
- [18] Westera W. Decathlon: Towards a Balanced and Sustainable Performance Assessment Method[J]. New Studies in Athletics, IAAF, 2006, 21(1):39-51.
- [19] 周体怪,赵国华,赵红敏. 基于累进评分法对田径十项全能评分表的修定[J]. 中南林业科技大学学报(社会科学版),2011,5(1):123-125.
- [20] 刘升沂. 田径全能比赛千分等差制公式评分法——《田径全能运动评分表》之解析研究[J]. 北京体育大学学报,2006,29(5):703-705.
- [21] Slavek N, Jovic A. Heptathlon evaluation model using Grey system theory[J]. Tehnicki Vjesnik, 2012, 19(2):327-331.
- [22] IAAF. The XXXI Olympic Games: HEPTATHLONWOMEN[EB/OL]. <https://www.iaaf.org/results/olympic-games/2016/the-xxxi-olympic-games-5771/women/heptathlon/800-metres/points>, 2017-3-15.
- [23] 娄梦筠,刘志红,戴睿,等. 指标规范值的灰色聚类法用于水安全评价[J]. 成都信息工程学院学报,2011,26(4):441-446.
- [24] 魏登云. 数据的标准化处理在体育综合评价中的应用辨析[J]. 上海体育学院学报,2016,40(4):21-26.
- [25] 李玲玉,郭亚军,易平涛. 无量纲化方法的选取原则[J]. 系统管理学报,2016,25(6):1040-1045.
- [26] 党耀国,刘国峰,王建平,等. 多指标加权灰靶的决策模型[J]. 统计与决策,2004,20(3):29-30.

- [27] Deng J L. On Grey Target, Whitening Target[J]. The Journal of Grey System, 1999, 3: 169-172.
- [28] 邓小艳. 我国居民消费支出结构与收入水平关系的研究[J]. 成都信息工程学院学报, 2003, 18(2): 203-206.
- [29] 陈治西, 陈勇明. 基于序列势态和系统比重的TRA灰色关联度算法[J]. 成都信息工程学院学报, 2012, 27(4): 385-389.
- [30] You M L, Shu C M, Chen W T, et al. Analysis of cardinal grey relational grade and grey entropy on achievement of air pollution reduction by evaluating air quality trend in Japan[J]. Journal Cleaner Production, 2017, 142: 3883-3889.
- [31] Song J, Dang Y G, Wang Z X, et al. The Decision-making Model of Harden Grey Target Based on Interval Number with Preference Information on Alternatives[J]. Journal of grey System, 2009, 21(3): 291-300.
- [32] Zeng B, Li C, Lu S F. A Novel Grey Target Decision-making Model Based on Cobweb Area and its Application for Choosing the Software development pattern[J]. Scientia Iranica, 2016, 23(1): 361-373.
- [33] Luo D, Wang X. The Multi-attribute Grey Target Decision Method for Attribute Value within Three-parameter Interval Grey Number [J]. Applied Mathematical Modelling, 2012, 36(5): 1957-1963.
- [34] Hu M L. Grey Target Decision Model with Interval Number Based on Range Transformation [J]. Journal of Grey System, 2013, 25(2): 129-138.
- [35] Hu M L. Grey Target Decision Model Based on a New Distance Measure [J]. Journal of Grey System, 2016, 28(2): 27-34.
- [36] 王大澳, 管利荣, 刘思峰, 等. 基于 Choquet 积分的多属性灰靶群决策方法[J]. 控制与决策, 2017, 32(7): 1286-1292.
- [37] 王正新, 党耀国, 杨虎. 改进的多目标灰靶决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2009, 31(11): 2634-2636.

Women's Heptathlon Ranking Model based on Improved Gray Target Decision

DING Yun-hong¹, CHEN Yong-ming^{1,2}

(1. College of Applied Mathematics, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. College of Statistics, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Women's Heptathlon is a competition item of the Olympic Games, championship and other major events, it is used to examine comprehensive ability of athletes. The ranking rule is: the individual results are converted into scores through the track and field all-round score table firstly, and sum the scores secondly, finally sorted by the order of the total scores. It is found that the cumulative ranking method may make athletes who have high total scores with short board item obtain a very good or even the best ranking, and not fully meet the 'all-around' meaning. So, a new 'punishing the bad' operator is built, and a new gray target ranking model which is combined with the Mahalanobis distance is constructed, which encourages those athletes who want to obtain good results in all-around games to strive for a balanced development.

Keywords: applied mathematics; sports statistics; track and field; women's heptathlon; gray target decision; ranking; results