

运动训练控制领域中的灰色系统模型分析

范振国

(中山大学教育学院 体育系,广东 广州 510275)

摘 要 :采用数理统计方法及例证等,介绍了在运动训练控制领域中灰色系统模型分析方法的运用。在运动训练领域中,灰色关联模型分析可以用于运动员的选材和各训练指标的权重值计算;灰色协调模型可以用于竞技实力的强、弱项分析以及各训练指标值的调控;灰色预测模型可以预测未来的比赛成绩。运用于运动训练领域中的多种灰色系统模型分析方法,能够较为科学地为运动训练控制过程的实施提供参考。

关 键 词 :运动训练;灰色关联;灰色协调;灰色预测

中图分类号 :G80-32 ;G808.1 文献标识码 :A 文章编号 :1006-7116(2006)06-0104-03

An analysis of grey system models in the area of sports training control

FAN Zhen-guo

(Department of Physical Education, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract :By using examples and methods in mathematical statistics, the authors expatiated on the application of methods for analyzing grey system models in the area of sports training control, and revealed the following findings : In the area of sports training, the analysis of the grey association model can be used for the selection of athletes and calculation of the weight of various training indexes ; the grey coordination model can be used for the analysis of advantages and disadvantages in competitive strength as well as the control of various training indexes ; the grey predication model can be used to predict future game performances. In conclusion, the methods used for analyzing various grey system models in the area of sports training are able to provide a reference more scientifically for the implementation of the process of sports training control.

Key words :sports training ; grey association ; grey coordination ; grey predication

运用定量的数学方法解决运动训练中的实际问题已非常普遍。数学科学能够根据运动训练领域的固有规律,把实际问题转化为数学问题,然后求出答案的近似值,从而进行科学的预测及有效地组织训练、控制训练过程^[1]。1982年灰色系统理论的创立,对解决部分信息已知、部分信息未知即带有“灰色”特征的系统问题,提供了一种较为科学的分析方法。运动训练是由若干相互联系、相互依赖的训练因素所组成的具有一定结构和功能的有机整体,运动训练过程是一项系统工程。同时,运动训练过程中人体的生理机制、心理状态、思维变化、运动技能形成的微观过程则表现出部分信息清楚、部分信息不清楚的灰色特征。因此,运动训练过程的控制完全可以运用灰色系统分析方法进行研究。

1 运动训练控制过程中的灰色关联模型

1.1 运动员选材中的灰色关联应用

在影响系统功能的多种因素中,有些因素是主要的,有些因素是次要的,有些影响大,有些影响小。灰色关联模型

分析是系统动态过程发展态势的量化比较分析,发展态势的比较,也就是以时间为序的数据列几何关系的比较^[2]。灰色关联分析结果称为关联度,它反映了主因素(母序列)与子因素(子序列)所构成的函数的相似程度,几何形状越接近母序列的子序列关联度值越大,相反越小^[2]。例如,选材中的一般身体素质模块由多个指标组成,对于每个指标都要求待选对象达到一定范围的值,即常模值。运用灰色关联分析可判断待选对象的身体素质指标与常模值的接近程度,从而为教练员科学选材提供参考。如表1数据是选择少年篮球运动员一般身体训练水平指标及2名待选对象的情况。通过灰色关联分析来计算待选对象1、待选对象2相对于常模值的关联度值。步骤如下:

第一步:将表1中的数列作初值化处理,即用每一个数列的第一个数 $x_i(1)$ 除本身及其它数 $x_i(k)$,这样即可使数列量纲为1。

第二步:求差序列,即各时刻 $x_0(k)$ 与 $x_i(k)$ 的绝对差,公式:

$$\Delta_i = |x_0(k) - x_i(k)|$$

第三步:求两极最大差与两极最小差,公式:

$$\text{两极最小差 } |x_0(k) - x_i(k)|_{\min}$$

第一级最小差是对 k 而言,跑遍 k 选最小值;第二级最

小差是对 i 而言,跑遍 i 选最小值。

$$\text{两极最大差 } |x_0(k) - x_i(k)|_{\max}$$

先跑遍 k 选最大差,然后跑遍 i 选最大差。

第四步:计算关联系数($\epsilon_i(k)$),公式:

$$\epsilon_i(k) = \frac{(|x_0(k) - x_i(k)|_{\min} + 0.5 |x_0(k) - x_i(k)|_{\max})}{(|x_0(k) - x_i(k)|_{\max} + 0.5 |x_0(k) - x_i(k)|_{\min})}$$

上式中的 0.5 是分辨系数,记为 β ,一般在 0 与 1 之间取值。式中 $\epsilon_i(k)$ 是第 k 个时刻比较曲线 x_i 与参考曲线 x_0 的相对差值,这种形式的相对差值称为 x_i 对 x_0 在 k 时刻的关联系数。

第五步:计算关联度,即指母序列对子序列关联系数的均值,记为 γ_i ^[3](结果见表 2)。

$$\gamma_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^n \epsilon_i(k)$$

结果得出待选对象 1 的关联度值 $R_1 = 0.6438$,待选对象 2 的关联度值 $R_2 = 0.7928$ 。这表明测试对象 2 与身体素质指标常模值的关联度值较大。因此,就身体素质水平而言,应优先考虑测试对象 2。

表 1 少年篮球运动员身体素质指标常模值与待选对象身体素质数据表

| 常模或对象 | 20 m 跑/s | 60 m 跑/s | 掷 3 kg 实心球/m | 原地纵跳/m | 立定跳远/m | 急行跳远/m |
|---------------|----------|----------|--------------|--------|--------|--------|
| 常模值(x_0) | 3.51 | 8.10 | 11.63 | 0.634 | 2.41 | 4.32 |
| 对象 1(x_1) | 4.48 | 8.46 | 11.29 | 0.429 | 2.04 | 4.27 |
| 对象 2(x_2) | 3.83 | 8.70 | 10.52 | 0.485 | 2.31 | 4.13 |

表 2 某三级跳远运动员在训练过程中的成绩变化及部分训练指标值

| 序 列 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 母序列:成绩(x_0) | 16.04 | 16.13 | 16.16 | 16.28 | 16.35 | 16.68 | 16.89 | 16.90 |
| 子序列:60 m 跑(x_2) | 6.64 | 6.65 | 6.63 | 6.59 | 6.60 | 6.56 | 6.54 | 6.50 |
| 子序列:中程助跑三级跳(x_4) | 15.70 | 15.80 | 15.80 | 15.90 | 15.80 | 16.00 | 16.00 | 16.09 |
| 子序列:短助跑五级跳(x_5) | 23.30 | 23.50 | 23.60 | 23.70 | 23.60 | 23.80 | 23.80 | 23.90 |
| 子序列:杠铃半蹲(x_6) | 360 | 210 | 170 | 220 | 190 | 200 | 200 | 210 |

1.2 运动训练指标的灰色关联模型分析

在实际的运动训练过程中,把运动成绩称为母序列,把影响运动成绩的各个训练指标称为子序列。如某三级跳远运动员在训练过程中的成绩变化和相应的部分训练指标值,我们可把运动成绩计为母序列: $x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(8))$,把训练指标值计为子序列: $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(8))$, $i = 1, 2, \dots, 6$ (详见表 2)。

对表 2 中的原始数据按照灰色关联的计算步骤进行分析,得出各训练指标相对于运动成绩的关联度值(见表 3)。

表 3 各训练指标相对于运动成绩的关联度

| 子序列(各训练指标) | 关联度值 | 排序 |
|------------------|------------------------|----|
| 60 m 跑(x_2) | $\gamma_2 = 0.8313$ | 3 |
| 中程助跑三级跳(x_4) | $\gamma_5 = 0.9244$ | 1 |
| 短助跑五级跳(x_5) | $\gamma_{10} = 0.9165$ | 2 |
| 杠铃半蹲(x_6) | $\gamma_8 = 0.6712$ | 4 |

由表 3 看出,关联度值反映了各训练指标相对于运动成绩的重要性,可为教练员在安排训练比重时提供参考。

2 运动训练领域中的灰色协调 GM(1, N)模型分析

2.1 灰色协调 GM(1, N)模型与竞技实力分析

灰色协调 GM(1, N)模型能够判断所分析的模式指标(子因子)间的协调情况,分析结果协调值 $a < 0$,表明模式是协调的; a 接近于零,表明模式比较协调; a 值越小越好。如果不协调,一般是由指标的协调值 $b_i < 0$ 的 i 指标所引起的^[2]。

例如,某代表团在第 24、21、20 届奥运会中的团体总分(x_0)为 632 分、604 分、639 分,相应的强项(x_i)得分详见表 4。

表 4 某代表团在第 24、21、20 届奥运会中的强项得分表

| 强项(x_i) | 24 届 | 21 届 | 20 届 |
|-------------|------|------|------|
| 田径(x_1) | 186 | 147 | 154 |
| 游泳(x_2) | 168 | 249 | 329 |
| 摔跤(x_3) | 38 | 35 | 35 |
| 拳击(x_4) | 44 | 43.5 | 13 |
| 赛艇(x_5) | 22 | 18 | 9 |

经 GM(1, N)软件计算得出以下参数:

协调值 $a = -18.43$;田径 $b_1 = 9.714$;游泳 $b_2 = 52.164$;摔跤 $b_3 = -266.46$;拳击 $b_4 = 14.146$;赛艇 $b_5 = -156.89$ 。

从结果看出 , $a < 0$,表明该国代表团的竞技实力发展从总体而言是协调的。田径、游泳、拳击所对应的分析结果 $b_i > 0$,表明这 3 项为同步强项 ;而摔跤、赛艇所对应的分析结果 $b_i < 0$,则表明这两项为异步强项。一般而言 ,同步强项可视为该国的传统强项 ,对于异步强项 ,则存在着竞技实力下降的隐患。

2.2 灰色协调 GM(1, N)模型对运动训练指标的调整

灰色协调模型 GM(1, N)能够对影响运动成绩的各训练指标进行分析和调节 ,使各训练指标在相互协调的基础上促使运动成绩的提高。例如 ,某跳远运动员在不同阶段的 5 次运动成绩(x_0)分别为 5.66、6.25、6.75、7.10、7.45 m ,所对应的 3 项主要训练指标(x_n)值详见表 5。我们可以通过这些数据来研究主要训练指标是否与运动成绩协调发展 ,即判断协调与否 ;如果不协调 ,决定应该怎样进行调整。

表 5 某跳远运动员 5 次运动成绩与所对应的 3 项主要训练指标值

| 训练指标(x_n) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------|-------|------|------|------|------|
| 跳高(x_1)/m | 1.50 | 1.60 | 1.65 | 1.70 | 1.75 |
| 抓举杠铃 x_2 (占体重%) | 75 | 85 | 95 | 100 | 105 |
| 绝对速度 x_3 /ms ⁻¹ | 18.13 | 8.55 | 8.93 | 9.17 | 9.35 |

运用灰色协调 GM(1, N)模型电算程序对表 5 数据进行分析 ,得出协调值 $a = 2.83$;跳高 $b_1 = -8.11$;抓举杠铃 $b_2 = 2.42$;绝对速度 $b_3 = 1.04$ 。由于协调值 $a > 0$,运动成绩与训练指标的发展是不协调的 ,这是由于计算为负值的训练指标造成的 ,即弹跳力系数 $b_1(-8.11) < 0$,说明弹跳力的增长幅度与运动成绩的增长幅度不相适应。这时调整翼侧指标值应从较小 b_i 所对应的指标开始。调整后 ,若 a 值下降 ,运动成绩上升 , b_i 增大 ,则说明调整是成功的。本例对该跳远运动员的训练模式调整过程如表 6 所示。

表 6 训练模式 2 次调整过程

| 项次 | a | b_1 | b_2 | b_3 | 专项成绩/m | 调整的 b_i |
|---------|------|-------|-------|-------|--------|------------|
| 原 型 | 2.83 | -8.11 | 2.42 | 1.04 | 7.40 | b_1 |
| 第 1 次调整 | 2.09 | 2.87 | 0.85 | 0.11 | 7.47 | b_2, b_3 |
| 第 2 次调整 | 1.81 | 4.68 | 0.96 | 0.34 | 7.54 | b_2 |

由表 6 看出 ,当弹跳力达到一定的值时 ,弹跳力系数由负值变为正值 ,而协调值 a 值下降 ,引起运动成绩的提高。如果在此基础上再提高力量与绝对速度的指标值 ,模式的协调性还将改善 ,专项运动成绩还可以提高。

3 运动训练领域的灰色预测 GM(1, 1)模型分析

在决策过程中 ,利用预测结果明确目标 ,能够对运动员的未来发展制定出合乎规律的决策方案。近年来 ,对于运动成绩的预测已越来越受到体育工作者的重视。灰色预测是指以 GM(1, 1)模型为基础所进行的预测。例如 ,运动训练的

因素很多 ,从因素推导结果难以概全 ,不如从已经显化的结果研究系统未来的状态 ,从过去的运动成绩推知未来的成绩 ,直接测度系统发展变化的趋势 ,既简单又准确^[2]。具体来讲 ,灰色预测模型分析在运动训练中有两方面的应用 ,一是预测运动员在未来比赛中可能取得的成绩 ;二是预测在某一运动项目在未来比赛中可能出现的成绩^[3]。

灰色预测分析基于对原始数据的长期积累 ,它的分析原理是通过分析原始数据找出这组数据系统潜在的变化 ,根据这一变化规律预测将来的成绩 ,这个预测成绩被称为灰靶或灰色目标^[2]。灰靶包含了对运动成绩的基本认识和部分认识 ,根据这一认识 ,可以调整训练计划 ,制定比赛策略。

譬如 ,第 6 届至第 11 届亚运会女子 100 m 自由泳成绩数据列为 57.22、56.69、56.30、56.22、56.01、55.30 s。对此 ,运用灰色预测模型分析 ,从这组数据的内在变化规律 ,预测出第 12 届亚运会女子 100 m 自由泳的预测成绩。步骤如下 :

第一步 :将原始数列化作累加生成数列 ,其生成公式为 :

$x^{(1)}(k) = \sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)$,即生成数列第 1 个数据等于原始数列第 1 个数据 ,生成数列第 2 个数据等于原始数列前两个数据之和 ,其余仿此类推。

第二步 :求灰色预测模型参数 ,对于 $x^{(1)}(k)$ 累加生成模型建立微分方程 $dx/dt + ax = u$ 其解为 : $\hat{x}^{(1)}(k+1) = (x^{(0)}(1) - u/a)e^{-ak} + u/a$ 式中 u, a 为待定参数 ,并组成参数列 : $\hat{a} = (a, u)$,按照最小二乘法原理及 $\hat{a} = (B^T B)^{-1} B^T y$ 公式可求出 a, u 之值。

第三步 :将 a, u 代入求出 $\hat{x}^{(1)}(k+1)$,再递减还原^[5] ,得预测值 $\hat{y}_7 = 55.19$,即第 12 届亚运会女子 100 m 自由泳的成绩可能达到 55.19 s。

同时 ,我们在进行灰色预测分析时 ,采集原始数据必须要有数量保障 ,数据太少难以反映数据间的变化规律 ,太多也会引起计算的复杂性 ,一般数据采集在 10 组左右 ;要删除特殊的数据 ,特殊的数据是在特殊的情况下产生的 ,与其它数据差别巨大 ,不属于数据变化规律的一部分 ,如果纳入分析便会造成数据变化规律的偏移 ,增大预测结果的误差^[4] ;预测结果仅仅反映运动成绩的发展趋势 ,是相对的 ,不是绝对的 ,它有一定的误差。我们在具体应用时 ,还要考虑到它的预测范围。

参考文献 :

[1] 田麦久.运动训练科学化探索[M].北京:人民体育出版社,1988:7-15.

[2] 黄香伯.体育控制理论[M].长沙:湖南科学技术出版社,1992:242-322.

[3] 范振国.析运动训练过程“层次+关联+协调”数学模型分析方法的综合运用[J].广州体育学院学报,2003,23(3):54-56.

[4] 范振国.灰色系统理论应用于运动训练领域的思考[J].山东体育学院学报,2000,16(1):28-29.