1246－1252
07/2011
草 业 科 学
PRATACULTURAL SCIENCE
28 卷 07 期
Vol. 28, No. 07

广州亚运会足球场草坪质量的综合评价

李龙保，林世通，黎瑞君，张巨明
（华南农业大学农学院，广东 广州 510642）

摘要：本研究对广州亚运会 16 块足球场草坪质量运用层次分析法（AHP）和模糊数学综合评判方法进行质量综合评价，评价指标包括平整度、牵引力、滚动摩擦、回弹性、硬度、密度、盖度、高度、质地 9 项指标。基于各评价指标的现场测定结果，运用层次分析法给各指标分别配以权重，然后构建权重矩阵，结合模糊数学综合评判方法，计算出草坪质量的综合评价值，并确定出相应的质量等级。评价结果表明，16 块球场草坪质量总体上良好，其中 3 块达到优秀等级，12 块良好等级，1 块中等等级，与实际情况相符，证明此方法可用于足球场草坪质量的综合评价，具有一定的科学性，结果准确度较高。

关键词：草坪质量；综合评价；权重；层次分析法；模糊数学
中图分类号：　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-0629(2011)07-1246-07

[*1] 草坪质量是草坪在生长期内实用功能的综合体现，它与草坪的品质、所需的功能和使用的目的密切相关[1]。草坪质量评定是对草坪整体性状的评定，用来反映成坪后的草坪是否满足人们对它的期望与要求[2]。然而，草坪质量评价目前还没有形成科学、客观、统一、有效的评价方法，现有的方法在确定评价指标的权重时都是人为分配，主观性很强。近年来，层次分析法和隶属函数数学方法逐渐应用于决策分析[3]、适应性评价[4]、生态效益评价[5-6]及综合评价[7-8]，这两种方法减小了分配指标权重的主观性[9]。本研究以 2010 年第 16 届广州亚运会 16 块运动场草坪为对象，应用层次分析法构建隶属函数，对不同的指标数值赋以不同的隶属度，将各指标的权重和隶属度进行耦合，最后加权作为草坪质量的综合评价值，使草坪质量的综合评价具有客观性与说服力。

1　评价对象与方法

1.1 评价的球场、建植草种及测试时间

1.1.1 评价的球场　全部球场均为第 16 届广州亚运会足球比赛场和训练场，共 16 个，分别是英东体育场、黄埔体育场、人民体育场、花都体育场、工人体育场、燕子岗体育场、番禺体校体育场、仲元中学体育场、执信中学体育场、石楼中学体育场、市桥二中体育场、番禺中学体育场、禺山中学体育场、东涌中学体育场、化龙中学体育场、南村中学体育场。

1.1.2 建植草种　全部测试球场的建植草种均为兰引Ⅲ号结缕草（*Zoysia japonica* cv. Lanyin No. 3），经过十几年的使用，证明该品种是热带亚热带地区优良的运动场草坪草[10]。

1.1.3 测试时间　测试时间为 2010 年 6 月至 9 月。

1.2 评价指标的选择和检测方法

1.2.1 评价指标的选择　本研究根据足球运动对草坪质量的要求特点，选择平整度、牵引力、滚动摩擦、回弹性、硬度、密度、盖度、高度、质地 9 项作为测量指标，来构建草坪质量综合评价体系。

1.2.2 样点选择和各指标的检测方法　每块场地测定样点 5 个，分别是南北小禁区各 1 个、南北大禁区各 1 个、中场圆弧区 1 个。检测方法如下。

密度采用实测法。对每块待测草坪取面积为 10 cm×10 cm 的样方，人工计数样方内的草坪草枝条数。每样点测定 3 次，取平均值。

盖度采用针刺法。将由 100 个小格组成的 10 cm×10 cm 样方放在被测草坪上，针刺每个节点，然后统计接触到草坪草的节点数量，用百分数表示草坪的盖度。每样点测定 3 次，取平均值。

质地采用实测法。对每个待测草坪随机取样 30 株，测定生长正常且成熟的叶片最宽处宽度，取平均值。

高度采用实测法。对每个待测草坪随机取样

* 收稿日期：2011-05-02　　接受日期：2011-06-11
基金项目：广东省科技攻关项目（2007A020300009-5）；草地农业系统国家重点实验室（筹）
作者简介：李龙保（1988-），男，安徽安庆人，在读硕士生，主要从事运动场草坪研究。
E-mail：nmgly824@126.com
通信作者：张巨明　E-mail：jimmzh@sina.com

30株,测量高度,取平均值。

回弹性测定,采用自制回弹仪,让气压为70 KPa的标准足球从3 m高度处自由下落,观测其弹起高度。每样点测定3次,取平均值。

$$回弹系数=\frac{回弹高度}{下落高度}\times 100\%。$$

平整度测定。将10根等长带有刻度的细钢钎,间隔20 cm等距离置于2 m长的平整架上,其中钢钎可以自由地上下移动。测定时,将该装置放在足球场上,读取各钢钎顶端至平整架表面的高度,减去钢钎上端长度,得到高差,然后平均。每样点测定3次,取平均值。

硬度用CLEGG草坪硬度计测定。测锤为圆柱形,质量为2.25 kg,直径50 mm,在300 mm的导管中下落,记录草坪硬度计所示数值,单位为重力加速度(m/s^2)。每样点测定3次,取平均值。

滚动摩擦测定。将标准比赛用球从45°斜面的测槽,高1 m处自由滑下,测定球从接触草坪起到滚动停止时的直线距离。在测定中要正反两个方向以及垂直方向各测一次,取平均值。

牵引力测定。将圆盘底部带足球鞋钉、上面负重46 kg的扭矩仪用力水平旋转,读取扭矩峰值,单位为N·m。每样点测定3次,取平均值。

1.3 综合评价体系构建

1.3.1 权重矩阵的构建 利用层次分析法(analytic hierarchy process,简记为AHP)中有关原理,根据Saaty的1-9尺度法[11]来确定各指标对综合评价目标的权重值。该方法采用两两指标相互对比的方法,即采用相对尺度,以判断各指标对草坪质量的相对影响,使评价有统一的参照。设$X_1,X_2,X_3,\cdots,X_9$为平整度、牵引力、滚动摩擦、回弹性、硬度、密度、盖度、高度、质地对草坪质量的影响,每次取两个因素X_i和X_j,用a_{ij}表示X_i和X_j对草坪质量的影响之比。若认为两项指标(X_i,X_j)同等重要,其权重取1,一项比另一项稍重要取3,重要取5,很重要取7,绝对重要取9,介于两者之间的分别取2,4,6,8。将全部比较结果用比较矩阵表示为:

$$A=(a_{ij})_{n\times n}\quad (a_{ij}>0,a_{ii}=1,a_{ji}=1/a_{ij})。$$

1.3.2 权重值的检验 为确定权重向量的可接受性,引入一致性指标$CI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)$(式中,$n$为评价指标个数)和随机性一致指标$RI$,并将$RI$数值列入表1。

表1 随机一致性指标*RI*的数值

n	1	2	3	4	5	6
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24
n	7	8	9	10	11	
RI	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	

当一致性比率CI/RI<0.1时,就可以认为矩阵A具有满意的一致性,表明用其最大特征根λ_{max}所对应的特征向量$W_A=(W_1,W_2,W_3,\cdots,W_9)$作权重向量是可以接受的。

1.3.3 隶属函数的构建 根据模糊数学中评价指标评语集的划分,建立指标数据与其对应的隶属函数[12]。评语集指标的评判划分范围参考英国运动场草坪标准[13]和我国《草坪质量分级标准》(NY/T 634-2002)[14]而制定(表2)。

表2 运动场草坪质量的评价指标集

	评语集	不合格	合格	最佳
指标集X	平整度X_1(cm)	$X_1<-3$或$X_1>3$	$-3\leqslant X_1\leqslant -2$或$2\leqslant X_1\leqslant 3$	$-2<X_1<2$
	牵引力X_2(N·m)	$X_2<25$或$X_2>60$	$25\leqslant X_2\leqslant 35$或$50\leqslant X_2\leqslant 60$	$35<X_2<50$
	滚动摩擦X_3(m)	$X_3<2$或$X_3>14$	$2\leqslant X_3\leqslant 4$或$12\leqslant X_3\leqslant 14$	$4<X_3<12$
	回弹性X_4(%)	$X_4<15$或$X_4>55$	$15\leqslant X_4\leqslant 20$或$50\leqslant X_4\leqslant 55$	$20<X_4<50$
	硬度X_5(g)	$X_5<35$或$X_5>120$	$35\leqslant X_5\leqslant 45$或$90\leqslant X_5\leqslant 120$	$45<X_5<90$
	密度X_6(枝/cm^2)	$X_6\leqslant 1$	$1<X_6<4$	$X_6\geqslant 4$
	盖度X_7(%)	$X_7\leqslant 98$	$98<X_7<100$	$X_7\geqslant 100$
	高度X_8(cm)	$X_8\geqslant 4$	$2.5<X_8<4$	$X_8\leqslant 2.5$
	质地X_9(mm)	$X_9<1.5$或$X_9>6$	$1.5\leqslant X_9\leqslant 2$或$4\leqslant X_9\leqslant 6$	$2<X_9<4$

注:牵引力参照英国标准,其余指标参考国标NY/T 634-2002。

由于表 2 中各指标是在评语集内呈线性上升或下降，故可做出评定草坪质量各指标的线性隶属函数 U_{ij}，即为第 j 个球场的第 i 个指标的隶属函数，将各指标模糊化计算后得到模糊关系矩阵 $R=(U_{ij})_{m\times n}$（式中，m 表示球场的个数，n 表示测试的指标数）。

$$U_{1j}(X)=\begin{cases}0 & x<-3 \text{ 或 } x>3\\ x+3 & -3\leqslant x\leqslant -2\\ 1 & -2<x<2\\ 3-x & 2\leqslant x\leqslant 3\end{cases}$$

$$U_{2j}(X)=\begin{cases}0 & x<-25 \text{ 或 } x>60\\ \frac{x}{10}-\frac{5}{2} & 25\leqslant x\leqslant 35\\ 1 & 35<x<50\\ 6-\frac{x}{10} & 50\leqslant x\leqslant 60\end{cases}$$

$$U_{3j}(X)=\begin{cases}0 & x<2 \text{ 或 } x>14\\ \frac{x}{2}-1 & 2\leqslant x\leqslant 4\\ 1 & 4<x<12\\ 7-\frac{x}{2} & 12\leqslant x\leqslant 14\end{cases}$$

$$U_{4j}(X)=\begin{cases}0 & x<15 \text{ 或 } x>55\\ \frac{x}{5}-3 & 15\leqslant x\leqslant 20\\ 1 & 20<x<50\\ 11-\frac{x}{5} & 50\leqslant x\leqslant 55\end{cases}$$

$$U_{5j}(X)=\begin{cases}0 & x<-35 \text{ 或 } x>12\\ \frac{x}{15}-\frac{7}{3} & 35\leqslant x\leqslant 45\\ 1 & 45<x<90\\ 4-\frac{x}{30} & 90\leqslant x\leqslant 120\end{cases}$$

$$U_{6j}(X)=\begin{cases}0 & x\leqslant 1\\ \frac{x}{3}-\frac{1}{3} & 1<x<4\\ 1 & x\geqslant 4\end{cases}$$

$$U_{7j}(X)=\begin{cases}0 & x\leqslant 98\\ \frac{x}{2}-49 & 98<x<100\\ 1 & x\geqslant 100\end{cases}$$

$$U_{8j}(X)=\begin{cases}1 & x\leqslant 2.5\\ \frac{3}{8}-\frac{2x}{3} & 2.5<x<4\\ 0 & x\geqslant 4\end{cases}$$

$$U_{9j}(X)=\begin{cases}0 & x<-1.5 \text{ 或 } x>6\\ 2x-3 & 1.5\leqslant x\leqslant 2\\ 1 & 2<x<4\\ 3-\frac{x}{3} & 4\leqslant x\leqslant 6\end{cases}$$

1.3.4 综合评价 草坪质量的综合评价可用公式表示为 $B=R\cdot W_A{}^T$（式中，$W_A{}^T$ 是各指标的权重向量的转置，可视为一行模糊矩阵），$B=(b_j)^T$，$(j=1,2,3,\cdots,16)$ 是模糊综合评价集，b_j $(j=1,2,3,\cdots,16)$ 是模糊综合评价指标。评价集是评判者对评价对象可能做出各种总的评价结果所组成的集合。为进一步使评价集定量化，在综合评价过程中，按照运动场草坪质量五级分级法[15]，建立评价集：$V=\{$Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级、Ⅴ级$\}$及综合质量评价分级标准（表 3）。草坪质量综合评价值 b_j 越大表明该运动场的草坪质量越好，越小草坪质量越差。

表 3 运动场草坪质量标准

等级	运动场草坪综合评价质量(b_j)	质量优劣
Ⅰ级	$b_j\leqslant 0.2$	很差
Ⅱ级	$0.2<b_j\leqslant 0.4$	较差
Ⅲ级	$0.4<b_j\leqslant 0.6$	中等
Ⅳ级	$0.6<b_j\leqslant 0.8$	良好
Ⅴ级	$b_j>0.8$	优秀

2 结果与分析

2.1 权重计算 根据 1.3.1 提及的构建权重矩阵的原则，给足球场草坪质量的 9 个评价指标（平整度、牵引力、滚动摩擦、回弹性、硬度、密度、盖度、高度、质地）构建权重比值矩阵 A(2-1)。利用 MatlabR2009a 软件计算求得矩阵 A 的最大特征值 $\lambda_{max}=9.041\ 7$。对矩阵 A 进行一致性检验，$CI/RI=(\lambda_{max}-n)/(n-1)/RI=0.036<0.1$，表明矩阵 A 具有满意的一致性。故矩阵 A 的最大特征值 $\lambda_{max}=9.041\ 7$ 所对应的特征向量 $W_A=(0.257\ 7, 0.147\ 7, 0.147\ 7, 0.147\ 7, 0.078\ 8, 0.078\ 8, 0.076\ 5, 0.045\ 9, 0.027\ 9)$ 作为球场这 9 个指标的权重是可以接受的。

2.2 足球场草坪质量指标测定结果 16 块球场平整度差异较大，有12块平整度符合±2 cm高

$$A=\begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 4 & 5 & 7 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 5 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 5 \\ \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 5 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 1 & 2 & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{5} & 1 & 2 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \quad (2\text{-}1)$$

差范围,其中有 10 块在±1 cm 范围之内,平整度较好(表 4);牵引力最大的是南村中学体育场,为 69.00 N·m,最小的是黄埔体育场,为 40.67 N·m,其余大都集中在 50～60 N·m;滚动摩擦最大的是东涌中学体育场,为 4.99 m,最小的是市桥二中体育场,为 3.29 m;而回弹性的变化幅度比较大,从执信中学体育场的 17.48%到人民体育场的 35.26%,回弹性在 20%以下的只有执信中学体育场和仲元中学体育场,回弹性在 20%～30%的运动场有 8 个,回弹性在 30%～40%的有 6 个球场;硬度差别较大,分布在 42.44～109.50 m/s^2;密度比较一致,在 1.02 ～1.66 枝/cm^2;盖度最小的是花都体育场,为83.89%,最大的是工人体育场和燕子岗体育场,均为 100%;高度在 2.80～6.80 cm;质地是由草坪草品种决定的,结果比较一致,叶片宽度在 3.72～4.25 mm。

表 4 足球场草坪质量检测结果

测试球场	平整度 X_1 (cm)	牵引力 X_2 (N·m)	滚动摩擦 X_3 (m)	回弹性 X_4 (%)	硬度 X_5 (m/s^2)	密度 X_6 (枝/cm^2)	盖度 X_7 (%)	高度 X_8 (cm)	质地 X_9 (mm)
英东	0.31	54.11	4.64	30.98	88.10	1.39	94.40	3.27	3.90
黄埔	−0.70	40.67	4.10	23.04	84.78	1.34	95.00	4.45	3.75
人民	−0.19	54.17	4.94	35.26	96.86	1.19	88.89	2.90	4.05
花都	0.39	51.83	3.91	30.48	91.47	1.02	83.89	3.44	3.95
工人	−0.07	48.00	4.39	22.52	73.58	1.60	100.00	4.50	3.80
燕子岗	−0.85	55.56	4.02	25.78	109.50	1.63	100.00	5.40	3.85
番禺体校	−1.05	48.56	4.75	21.63	58.67	1.66	98.89	3.70	3.80
仲元	−2.15	48.67	3.44	19.56	65.67	1.49	98.90	4.80	4.25
执信	−2.15	43.11	3.72	17.48	42.44	1.26	97.78	5.34	3.85
石楼	−2.33	51.78	3.59	24.41	65.14	1.54	95.56	5.82	3.85
市桥二中	−2.24	59.78	3.29	23.41	75.67	1.38	97.78	6.80	3.80
番禺中学	−1.86	56.22	3.56	21.59	66.86	1.44	91.10	6.31	3.80
禺山	−0.20	63.00	4.34	33.81	87.00	1.23	98.33	3.90	3.72
东涌	−0.90	63.00	4.99	31.74	66.00	1.46	95.00	3.50	4.13
化龙	−0.93	56.56	4.63	24.30	77.47	1.54	98.89	3.33	3.78
南村	−0.80	69.00	4.43	32.96	79.00	1.54	99.11	2.80	3.75

注:质地以叶宽表示。

2.3 足球场草坪质量的综合评判 将表4中的足球场草坪质量指标数据与其对应的隶属函数 $U_{ij}(x)$ 进行模糊化，得到矩阵 R(2-2)。足球场草坪的综合评价集 $B=R\cdot W_A{}^T$，即为 $B^T=\{0.771\ 9, 0.807\ 7, 0.758\ 3, 0.779\ 6, 0.891\ 1, 0.760\ 1, 0.859\ 4, 0.750\ 7, 0.634\ 0, 0.672\ 5, 0.553\ 9, 0.688\ 4, 0.675\ 7, 0.679\ 6, 0.772\ 5, 0.747\ 4\}$。根据表3的分级方法，可将16块足球场草坪进行质量分级(表5)。

$$R=\begin{pmatrix} 1.00 & 0.59 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.13 & 0 & 0.49 & 1.00 \\ 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.11 & 0 & 0 & 1.00 \\ 1.00 & 0.58 & 1.00 & 1.00 & 0.77 & 0.06 & 0 & 0.73 & 0.98 \\ 1.00 & 0.82 & 0.96 & 1.00 & 0.95 & 1.00 & 0.01 & 0 & 0.37 \\ 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.20 & 1.00 & 0 & 1.00 \\ 1.00 & 0.44 & 1.00 & 1.00 & 0.35 & 0.21 & 1.00 & 0 & 1.00 \\ 0.85 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.22 & 0.45 & 0.20 & 1.00 \\ 0.85 & 1.00 & 0.72 & 0.91 & 1.00 & 0.16 & 0.45 & 0 & 0.88 \\ 0.67 & 1.00 & 0.86 & 0.50 & 0.50 & 0.10 & 0 & 0 & 1.00 \\ 0.76 & 0.82 & 0.80 & 1.00 & 1.00 & 0.18 & 0 & 0 & 1.00 \\ 1.00 & 0.02 & 0.65 & 1.00 & 1.00 & 0.13 & 0 & 0 & 1.00 \\ 1.00 & 0.38 & 0.78 & 1.00 & 1.00 & 0.15 & 0 & 0 & 1.00 \\ 1.00 & 0 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.10 & 0.17 & 0.07 & 1.00 \\ 1.00 & 0 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.15 & 0 & 0.33 & 0.94 \\ 1.00 & 0.34 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.18 & 0.45 & 0.45 & 1.00 \\ 1.00 & 0 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.18 & 0.60 & 0.80 & 1.00 \end{pmatrix} \quad (2\text{-}2)$$

表5 足球场草坪质量分级结果

测试球场	综合模糊评价值	等级	质量优劣
英东	0.771 9	Ⅳ级	良好
黄埔	0.807 7	Ⅴ级	优秀
人民	0.758 3	Ⅳ级	良好
花都	0.779 6	Ⅳ级	良好
工人	0.891 1	Ⅴ级	优秀
燕子岗	0.760 1	Ⅳ级	良好
番禺体校	0.859 4	Ⅴ级	优秀
仲元	0.750 7	Ⅳ级	良好
执信	0.634 0	Ⅳ级	良好
石楼	0.672 5	Ⅳ级	良好
市桥二中	0.553 9	Ⅲ级	中等
番禺中学	0.688 4	Ⅳ级	良好
禺山	0.675 7	Ⅳ级	良好
东涌	0.679 6	Ⅳ级	良好
化龙	0.772 5	Ⅳ级	良好
南村	0.747 4	Ⅳ级	良好

从综合评价结果(表5)可以看出，测试的16块足球场草坪质量总体达到良好，质量等级都在中等以上，其中3块优秀等级，12块良好等级，1块中等等级。综合评价值排序：工人体育场(0.891 1)＞番禺体校体育场(0.859 4)＞黄埔体育场(0.807 7)＞花都体育场(0.779 6)＞化龙中学体育场(0.772 5)＞英东球场(0.771 9)＞燕子岗体育场(0.760 1)＞人民体育场(0.758 3)＞仲元中学体育场(0.750 7)＞南村中学体育场(0.747 4)＞番禺中学体育场(0.688 4)＞东涌中学体育场(0.679 6)＞禺山中学体育场(0.675 7)＞石楼中学体育场(0.672 5)＞执信中学体育场(0.634 0)＞市桥二中体育场(0.553 9)。所有场地中工人体育场的评价值最高，达到0.891 1，该球场除高度指标尚不合格和密度指标只达到合格之外，其他7项指标均是最佳值。而综合评价值最低的市桥二中体育场为中等级别，该场地的指标中最佳值虽然有4个，但是不合格指标有2个，而且还有2个指标值在合格范围的下限水平。由此可见，足球场草坪综合质量不是由某些单个指标决定的，而是取决于所有指标的综合表现，只有所有指标均表现优良草坪质量才能达到优良水平，而且草坪质量受权重大的指标影响较权重小的指标大。

3 讨论

3.1 草坪质量综合评价方法的比较 尽管国内外学者从不同角度提出了一些草坪质量综合评价

方法,但在评价理论和实践上仍不是很成熟,尚未形成一套较全面而系统的评定方法。目前,在评价体系上有九分制和五分制;在评价方法上有目测法和测定法;在综合评定时有将各指标评定值通过简单的相加、平均,也有应用复杂的数学方法将各指标评定值进行处理的综合评价方法[16-18]。其中 Robert 的九分法[16]在实践中是应用最广泛的草坪质量评价方法之一,该方法主要是采用密度、颜色、盖度及均一性等少数几个外观指标通过目测打分对草坪质量进行评价,它具有简单易操作的特点,但是由于它的指标过少并完全依靠主观判断获得,特别是缺少能够反映运动场草坪使用质量的指标,所以应用该体系评价运动场草坪不够全面和准确。刘晓静[17]认为 Robert 的九分法在评价过程中数据的获得需要一定的专业知识和技能,不便于在生产中应用,其根据实践经验总结出了更易于操作的综合外观质量法。此方法采用 6 个草坪外观质量指标,将其定量分级,分为 5 个质量等级,以五分制按等级给每个指标打分,然后以各指标得分的总和对草坪质量进行综合评价的评价体系。本研究认为此方法虽然简单易行,但还是属于主观评价的范畴,而且综合评价值只是简单的相加,不能反映各个指标不同的重要性。同样,该体系也缺少能够反映运动场草坪使用质量的指标。

灰色关联度分析法是一种比较先进的运动场草坪质量综合评价方法,它是用量化指标来评判草坪质量的高低,也避免了一定程度的人为评价的主观性。张鹤山等[18]将各指标性状作为一个灰色系统对草坪质量进行了综合评价,但是此方法的综合评价值只与灰色关联度即指标的理想值相关,而本研究运用的层次分析法和模糊数学综合评判方法,其综合评价值是在指标评价集内与指标值呈线性相关的,评价结果的代表性比灰色关联度分析法更广泛,并且在草坪质量评价过程中,将各评价指标具有的不同单位的指标特征值转化为反映指标优劣的隶属度,也实现了评价由定性向定量的转化。

3.2 草坪质量综合评价指标的选取及其权重分配 衡量草坪质量的指标很多,选取具有代表性能反映足球场草坪质量的指标是正确合理地评价的前提。本研究既考虑了草坪的外观质量指标,又考虑了使用质量指标。在外观质量上选取了高度、盖度、密度等指标,而在使用质量上按照国际足联和英国国家运动委员会的推荐标准选取了回弹性、滚动摩擦、硬度、牵引力、平整度等指标[19]。因此,本研究的足球场草坪质量综合评价体系较为完善,从而使评价结果更具代表性。

由于各指标在不同类型的草坪质量评价中的重要性并不相同,因此科学合理地确定评价指标的权重值是进行草坪质量评价的关键。本研究运用层次分析法,通过构造权重比值矩阵,计算该矩阵最大特征值所对应的特征向量,通过一致性检验后,获得了较客观而科学的评价指标权重值,克服了前人[1,20]凭经验主观评估的不足。

3.3 草坪质量综合评价指标数据的精确性 提高测定数据的精确性,是准确评价运动场草坪质量的基础。本研究评价体系中的所有指标都是现场测定的结果,如密度、盖度、高度、质地等外观质量指标均在现场借助常规工具及方法直接测定,硬度、回弹性、滚动摩擦、牵引力、平整度等使用质量指标的测定仪器及方法均符合国际标准,这使得本评价体系数据来源可靠,也提高了数据精度,从而为准确评价足球场草坪质量奠定了基础。

3.4 广州亚运会草坪质量综合评价结果的评定 按照本研究草坪质量综合评价体系,本次广州亚运会的足球场草坪质量基本达到了比赛要求,大部分指标达到了国际推荐标准[20]或亚运会标准。如回弹性国际推荐标准是 20%~50%,本研究的 16 块足球场草坪有 14 块运动场草坪均符合国际推荐标准,平整度有 12 块符合亚运会要求,滚动摩擦尽管距离较短,但均符合国际推荐标准,硬度指标有 12 个场地达到了亚运会标准。值得指出的是,本研究是在亚运会开幕前一个月进行的,由于许多球场建植时间较短,导致外观质量指标并不理想,如盖度有 9 块球场、高度有 8 块球场尚未达标,密度虽然都达到了标准,但属于标准的下限,尚不理想。而这些指标通过养护在亚运会开幕时得到了明显改善,均达到了要求。

本研究构建的足球场草坪质量综合评价体系评价结果表明,该体系综合评价数学模型具有灵敏度高、数学处理运算过程简单的优点,能直接客观的反映出足球场草坪的质量等级,可用于运动场草坪等不同类型草坪质量的数量化综合评价。然而,本评价体系还存在一定缺陷,在构建权重矩阵时主观信度虽然通过了一致性检验,但为了更准确客观地确

定指标权重,尚需进一步研究探讨使权重矩阵CI/RI值尽可能减小的相对尺度,或者另寻他法找到更准确地确定指标权重的科学方法。

参考文献

[1] 闫磊,杨德江.草坪质量的模糊综合评判法研究[J].草业科学,2003,20(5):54-56.

[2] 刘及东,陈秋全,焦念智.草坪质量评定方法的研究[J].内蒙古农牧学院学报,1999(2):49-53.

[3] 李文龙,苏敏,李自珍.甘南高寒草地放牧系统生态风险的AHP决策分析及管理对策[J].草业学报,2010,19(3):22-28.

[4] 胡建忠.多年生香豌豆在黄土高原地区引种适宜性评价[J].草业学报,2003,12(6):93-98.

[5] Yang W R,Li F,Wang R S, *et al*. Ecological benefits assessment and spatial modeling of urban ecosystem for controlling urban sprawl in Eastern Beijing,China [J]. Ecological Complexity,2011,8(2):153-160.

[6] Li X M,Min M T,Chuan F. The functional assessment of agricultural ecosystems in Hubei Province, China [J]. Ecological Modeling,2005,187(2/3):352-360.

[7] 宋淑明.甘肃省紫花苜蓿地方类型抗旱性的综合评判[J].草业学报,1998,7(2):74-80.

[8] 张耿,高洪文,王赞,等.偃麦草属植物苗期耐盐性指标筛选及综合评价[J].草业学报,2007,16(4):55-61.

[9] 王莲芬.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990:160-174.

[10] 席嘉宾,张惠霞,张振霞,等.南亚热带地区兰引Ⅲ号结缕草运动场草坪的冬绿技术[J].中山大学学报(自然科学版),2005(4):92-95.

[11] Rotshtein A,Shnaider E,Schneider M,*et al*. Fuzzy multicriteria selection of alternatives:The worst-case method[J]. International Journal of Intelligent System,2010,25(9):948-957.

[12] 冯德益.模糊数学方法与应用[M].北京:地震出版社,1983:72-78.

[13] Baker S W. The playing quality of sporting surfaces [A]. In:Aldous D E. The International Turf Management Handbook [C]. Oxford: Butterworth-Heinemann,1999:231-244.

[14] 周禾,刘自学,韩建国,等.NY/T 634—2002 草坪质量分级[S].北京:中国标准出版社,2003.

[15] 王钦,谢源芳.草坪质量评定方法[J].草业科学,1993,10(4):69-73.

[16] 孙吉雄.草坪学[M].北京:中国农业出版社,2003:355-369.

[17] 刘晓静.草坪质量评价新方法——综合外观质量法[J].甘肃农业大学学报,2004(6):651-655.

[18] 张鹤山,张德罡,刘晓静,等.灰色关联度分析法对不同处理下草坪质量的综合评判[J].草业科学,2007,24(11):73-76.

[19] 韩烈保.运动场草坪[M].北京:中国农业出版社,2004:235-237.

[20] 张巨明,张小虎,刘照辉.暖季型草坪草的引种与评价[J].草业科学,1996,13(6):35-41.

Evaluation of football turf quality in the Guangzhou Asian Games

LI Long-bao, LIN Shi-tong, LI Rui-jun, ZHANG Ju-ming

(College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangdong Guangzhou 510642, China)

Abstract: The analytic hierarchy process (AHP) and fuzzy mathematics were used to evaluate the turf quality of 16 football fields in the Guangzhou Asian Games by measuring the evenness, traction, rolling friction, ball rebounce, hardness, density, coverage, grass height, and texture of turf. Based on the site conditions, the weight of each index was determined, and weight matrix for each index was constructed by AHP method. And then the fuzzy mathematics was applied to calculate the comprehensive evaluation value which determined the turf quality grade. This study showed that the turf quality of the 16 football turfs were suitable for football games, and three fields of which fell into excellent grade; 12 fields and 1 field fell into good grade and intermediate grade, respectively. This study implied that AHP and fuzzy mathematics could be successfully and accurately used to comprehensively evaluate the turf quality of football field.

Key words: turf quality; comprehensive evaluation; weight; analytic hierarchy process; fuzzy mathematics