长株潭城市群都市农业可持续发展综合评价

周子英[1], 向昌盛[2], 米振华[1]

(1. 湖南工程学院 管理学院, 湖南 湘潭 411104; 2. 湖南工程学院 计算机与通信学院, 湖南 湘潭 411104)

摘　要:[目的] 在借鉴国内外有关都市农业可持续发展评价的基础上,全面考虑都市农业的多功能性,构建都市农业可持续发展评价指标体系,对长株潭城市群都市农业可持续发展进行评价,为城市群建设提供理论支撑。[方法] 首先利用层次分析法确定各指标的主观权重,然后利用指标数据的变化情况,求取各指标的熵权,利用主观权重与熵权确定各指标的复合权重,最后利用 TOPSIS 模型对 2010—2017 年长株潭城市群都市农业可持续发展水平进行评价与分析。[结果] ①2010—2017 年间,长株潭城市群都市农业可持续发展水平相对贴近度由 2010 年的 0.306 5 增加到了 2017 年的 0.523 9; ②各分功能的相对贴近度变化趋势各异,但总体呈上升的发展态势。[结论] 长株潭城市群都市农业可持续发展水平呈波动上升的发展态势,可持续水平由"低水平"上升为"中等水平";都市农业的经济功能已呈现出逐步弱化与边缘化的趋势,越来越多地展示出了都市农业的社会功能、生态功能与示范教育功能。为了进一步促进长株潭城市群都市农业的可持续发展水平,在进行长株潭城市群建设规划时,必须保持一定数据与规模的都市农业景观用地,保证都市农业生态系统结构完整,同时需要加大经济功能所占比重,以保持各分功能更为协调。

关键词:都市农业; 多功能; TOPSIS 模型; 长株潭城市群

文献标识码:A　　**文章编号**:1000-288X(2019)05-0278-07　　**中图分类号**:F303.4, F127

文献参数:周子英, 向昌盛, 米振华. 长株潭城市群都市农业可持续发展综合评价[J]. 水土保持通报, 2019,39(5):278-284. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.05.039; Zhou Ziying, Xiang Changsheng, Mi Zhenhua. Comprehensive evaluation of sustainable development of urban agriculture in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019,39(5):278-284.

Comprehensive Evaluation of Sustainable Development of Urban Agriculture in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration

Zhou Ziying[1], Xiang Changsheng[2], Mi Zhenhua[1]

(1. *College of Management*, *Hu'nan Institute of Engineering*, *Xiangtan*, *Hu'nan* 411104, *China*;
2. *College of Computer and Communication*, *Hu'nan Institute of Engineering*, *Xiangtan*, *Hu'nan* 411104, *China*)

Abstract: [Objective] Based on the evaluation of sustainable development of urban agriculture in China and abroad, and considering the multi-function of urban agriculture, an evaluation index system for the sustainable development of urban agriculture was constructed to evaluate the sustainable development of urban agriculture in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration and provide theoretical support for the construction of an urban agglomeration. [Methods] First, the subjective weight of each index was determined using the analytic hierarchy process. Then, using the change of index data, the entropy weight of each index was obtained and the composite weight of each index was determined by subjective weight and entropy weight. Finally, the sustainable development level of urban agriculture in the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration from 2010 to 2017 was evaluated and analyzed based on the TOPSIS model. [Results] ① During 2010—2017, the degree of urban agriculture sustainable development in the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration increased from 0.306 5 to 0.523 9. ② The sustainable development level trend

收稿日期:2019-04-03　　**修回日期**:2019-04-13

资助项目:湖南省哲学社会科学基金项目"基于田园综合体视角的武陵山片区精准扶贫机制研究"(18YBX008);湖南省教育厅项目"一体化背景下长株潭城市群都市农业可持续发展综合评价研究"(15C0346);湖南省自科基金面上项目"湖南省重金属污染地区土地轮作休耕试点模式与效果评价研究"(2019JJ40058);湖南省社会科学评审委员会课题(XSP19YBC036)。

第一作者:周子英(1974—),女(汉族),湖南省辰溪县人,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为农业经济管理与旅游管理。E-mail: mfkm978@163.com。

for each sub-function was different, but it was on the rise overall. [Conclusion] The sustainable development level of urban agriculture in the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration fluctuated and increased from "low level" to "medium level". The economic function of urban agriculture gradually weakened and became marginalized. Increasingly more urban agriculture showed its social function, ecological function, and demonstration education function. To promote the sustainable development level of urban agriculture in the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration, it is necessary to maintain a certain amount of data and scale of the urban agricultural landscape land during the construction planning of the urban agglomeration, ensure the integrity of urban agricultural ecosystem structure, and increase the proportion of economic functions and develop each sub-function in a more coordinated way.

Keywords: urban agriculture; multifunction; TOPSIS model; Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration

随着国家社会经济的快速发展，城市化水平的进一步提高，城市人口不断增加，城市规模逐渐外延扩张，大量农用地被不断变更为建设用地，城市绿地的生态功能进一步凸显。20 世纪中期以来，随着农业与城市共生理念的不断深入发展，都市农业被市民所接受与理解，越来越受到国际社会与民众的广泛关注与重视[1]。都市农业景观包括城市范围内的耕地、园地、林地、草地、水域等多种景观镶嵌体，是城市景观的重要组成部分[2]。都市农业与乡村农业的显著区别在于都市农业是城市生态经济系统的重要组成部分，具有多功能性[3]。发展都市农业是实现城乡统筹、乡村振兴、区域协调发展的重要举措，其发展程度与发展水平对于区域农业可持续发展、改善城市生态环境有着十分重要的意义。

近年来，学者们进行了大量都市农业评价研究。Pier 等[4]对意大利的都市农业的多功能性进行了评价，从都市农业景观变化的角度指导城市规划；Rajesh 等[5]利用层次分析法与地理信息系统相结合的方法，对越南河内城郊农业用地进行了评价研究；Alberto 等[6]利用 15 个发展中国家的样本数据，对都市农业在解决贫困和确保国家粮食安全的作用与潜力进行了评价；Miguel 等[7]对古巴的都市农业进行了相关研究，发现古巴的都市农业是城市和郊区人口新鲜农产品的重要来源；齐天真[8]、关海玲等[9]利用 DEA 方法分别对天津市、太原市的都市农业投入产出效率进行了评价；开燕华等[10]从生态、工程、经济和社会 4 个弹性维度对上海都市农业多功能性进行了评价；李梦桃等[11]应用四维评价模型对中国 22 个城市的都市农业生产、经济、社会与生态功能进行了定量评价；邓楚雄等[12]对上海都市农业可持续发展进行了定量综合评价。已有研究较为全面系统地对都市农业相关问题进行了较深入的探讨与研究，但是针对都市农业多功能性构建相应的评价体系，并进行可持续发展评价的相关成果颇为欠缺。

自长株潭城市群在 2007 年获批成为全国"两型"社会建设综合配套改革试验区以来，长株潭城市群通过资源、市场、人才等城市要素的共享，成为湖南省的经济增长极，建成区域逐渐增大，融城速度进一步加快，对长株潭城市群区域内的都市农业生态系统造成了巨大的冲击，使都市农业功能发生了深刻的变化。本文对长株潭城市群的都市农业进行可持续发展评价，以期为长株潭城市群都市农业资源可持续利用、统筹都市农业产业布局与发展，实现区域协调发展提供决策参考。

1　研究方法

1.1　研究思路

都市农业具有社会功能、生态功能、生产功能、示范教育功能等[13]，在构建都市农业可持续发展综合评价指标体系时，需要兼顾都市农业的多重特性权重系数的计算。信息熵只强调信息的差异性与不确定性，可以对各指标的权重进行客观描述[14]。层次分析法(AHP)参考多位专家意见，按照各评价指标的重要性程度，对参评指标进行排序来确定指标的主观权重[15]。在研究中，为了降低评价指标权重的不确定因素，综合了各评价指标的熵权与主观权重，确定评价指标的复合权重。TOPSIS 模型是一种多目标决策分析方法，在评价时，将评价对象与理想化目标的接近程度进行排序，从而得出评价对象之间的相对优劣程度[16]。在进行长株潭城市群都市农业可持续发展评价时，首先利用熵权法与层次分析法确定指标的复合权重，然后利用 TOPSIS 模型求取评价对象与正负理想解之间的欧氏距离值，得到其相对贴近度，最后根据相对贴近度变化情况对长株潭城市群都市农业的发展情况进行分析。

1.2　评价指标体系的构建

在进行都市农业可持续发展评价时，评价指标选取的准确性与科学性直接影响到评价结果，全面考虑到都市农业的多功能性，选取具有代表性与典型性的评价指标，使构建的评价指标体系尽量反映都市农业

的可持续发展水平；评价指标体系应具有层次性，上级评价指标支配下级评价指标体系，同时，下级评价指标从属于上级评价指标体系，并对上级评价指标产生一定程度的影响；评价指标体系数据可以直接反映都市农业的特征与多功能性，同时数据在收集和处理过程中应简便、可行；评价指标体系之间应避免重复，分工清晰明确，数据应易获得[17]。在评价时，按照层次关系，将长株潭城市群都市农业可持续发展评价指标体系分为 3 个层次：第一层次为目标层，即都市农业可持续性程度总目标；第二层次为准则层，包括都市农业的经济功能、社会功能、生态功能和示范教育功能 4 大准则；第三层次为指标层，包括都市农业耕地生产率、都市农业劳动生产率、农产品加工增值水平、农民人均纯收入等 21 个评价指标(见表 1)。

表 1 长株潭城市群都市农业可持续发展指标体系

目标层	准则层	指 标	指标效能
都市农业可持续发展水平	经济功能 B_1	都市农业耕地生产率 C_1	正向
		都市农业劳动生产率 C_2	正向
		农产品加工增值水平 C_3	正向
		农民人均纯收入 C_4	正向
		都市农业产值占城市 GDP 比重 C_5	正向
	社会功能 B_2	乡村就业结构水平 C_6	正向
		城乡居民收入比值 C_7	负向
		人均农副产品占有量 C_8	正向
		人均都市农业产值 C_9	正向
		万人科技人员数量 C_{10}	正向
		农村劳动者受教育年限 C_{11}	正向
	生态功能 B_3	耕地覆盖率 C_{12}	正向
		森林覆盖率 C_{13}	正向
		人均都市农业用地面积 C_{14}	正向
		地均生态服务价值 C_{15}	正向
		化肥施用强度 C_{16}	负向
		农村使用清洁能源普及率 C_{17}	正向
	示范教育功能 B_4	农业现代化水平 C_{18}	正向
		都市农业文化价值 C_{19}	正向
		都市农业就业价值 C_{20}	正向
		都市农业旅游观光业生产效率 C_{21}	正向

1.3 评价指标权重的确定

在进行长株潭城市群都市农业可持续发展评价时，需要确定评价指标的权重，步骤如下：

(1) 依据所构建的评价指标体系，建立 2010—2017 年长株潭城市群都市农业可持续发展评价 21 个评价指标的原始数据矩阵 X。矩阵元素用 x_{ij} 表示，则原始数据形成了一个 $m(m=1,2,\cdots,8)$ 行 $n(n=1,2,\cdots,21)$ 列的矩阵 $X=(x_{ij})_{m\times n}$，可表示如下：

$$X=(x_{ij})_{m\times n}=\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \tag{1}$$

(2) 对参评指标进行归一化处理，将各指标归一化到[0，1]区间内，构建标准化决策矩阵 $T_{mn}=[y_{ij}]_{mn}$。对正向指标采用公式(2)，负向指标采用公式(3)进行归一化处理。

$$\text{正向}: y_{ij}=\frac{x_{ij}-x_{\min}(j)}{x_{\max}(j)-\min(j)} \tag{2}$$

$$\text{负向}: y_{ij}=\frac{x_{\max}(j)-x_{ij}}{x_{\max}(j)-\min(j)} \tag{3}$$

式中：y_{ij}——经过归一化处理后的指标值；x_{ij}——第 i 年第 j 个指标的原始值；$x_{\max}(j)$，$x_{\min}(j)$——原始矩阵中第 j 个指标的最大值和最小值。

(3) 计算指标的信息熵[18]：

$$H_j=-k\sum_{j=1}^{n} f_{ij}\ln f_{ij} \tag{4}$$

$$k=\frac{1}{\ln n} \tag{5}$$

$$f_{ij}=y_{ij}/\sum_{j=1}^{n} y_{ij} \tag{6}$$

式中：H_j——第 j 个指标的信息熵，当 $f_{ij}=0$ 时，$\ln f_{ij}=0$

(4) 各评价指标的熵权如下：

$$p_j=(1-H_j)/(m-\sum_{j=1}^{m} H_j) \tag{7}$$

式中：$0\leqslant p_j\leqslant 1$，且 $\sum_{j=1}^{m} p_j=1$。

(5) 求取指标的主观权重[19]。首先根据层次分析法确定都市农业的决策层次之间的关系，然后依据专家经验，构建比较判断矩阵 $A=[a_{ij}]$，$a_{ij}>0$，$a_{ii}=1$，$a_{ji}=1/a_{ij}$，a_{ij} 为目标 i 相对于目标 j 的重要程度，最后计算判断矩阵 A 的最大特征值 $\lambda_{\max}$，并对判断矩阵中的相应特征向量进行归一化处理后，得到相应指标相对于上一层次的贡献度，即为指标的主观权重 q_j。

(6) 计算复合权重[20]。由上述可知，p_j，q_j 分别为客观权重与主观权重，设 w_j 为复合权重：

$$w_j=ap_j+(1-a)q_j \tag{8}$$

式中：a——权重系数，$0\leqslant a\leqslant 1$，当 $a=0$ 时，则利用主观权重进行评价，当 $a=1$ 时，则利用客观权重进行评价，在本研究中，取 $a=0.5$。

1.4 TOPSIS 都市农业可持续发展评价模型

TOPSIS 模型全称是逼近理想值的排序模型，在对多个评价指标，多个评价方案排序时，TOPSIS 模型可以科学客观地反映各排序方案的动态变化与优

劣情况。利用 TOPSIS 模型进行都市农业可持续发展评价时，评价测量目标靠近正理想解与远离负理想解的程度，来评价长株潭城市群都市农业的可持续发展程度，具体操作步骤如下：

(1) 由 X 构建都市农业可持续发展评价的规范化的矩阵 Z 和加权矩阵 Z'，其元素分别为 Z_{ij} 和 Z_{ij}'，$Z'=\omega Z$；

(2) 利用各评价指标的最优值与最劣值构建都市农业的正理想解矩阵 Z^+ 与负理想解矩阵 Z^-，具体如下：

$$Z^+=[\max Z_{ij}|_{j\in J},\min Z_{ij}|_{j\in J'}]=[Z_1^+,Z_1^+,\cdots,Z_m^+] \tag{9}$$

$$Z^-=[\min Z_{ij}|_{j\in J},\max Z_{ij}|_{j\in J'}]=[Z_1^-,Z_1^-,\cdots,Z_m^-] \tag{10}$$

(3) 分别计算待评价对象与都市农业正理想与负理想解的欧氏距离值：

$$D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(Z_{ij}-Z_j^+)^2} \tag{11}$$

$$D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{m}(Z_{ij}-Z_j^-)^2} \tag{12}$$

式中：D_i^+，D_i^-——评价对象与正理想解、负理想解之间的欧氏距离值。

(4) 根据欧氏距离值计算各评价对象与理想解之间的相对贴近度，即为长株潭城市群都市农业可持续发展水平值。

$$C_i=\frac{D_i^-}{D_i^++D_i^-} \tag{13}$$

式中：C_i——各评价对象与理想解的相对贴近度。

结合本研究以及相关研究[21]成果可知，都市农业相对贴近度越大，可持续发展水平越高，根据计算结果，将长株潭城市群都市农业可持续发展程度分为 5 个等级(见表 2)。

表 2　都市农业可持续发展等级

相对贴近度 C_i	可持续发展等级
[0,0.2)	粗放利用
[0.2,0.4)	低水平可持续
[0.4－0.6)	中等水平可持续
[0.6,0.8)	较高水平可持续
[0.8,1]	高水平可持续

2　长株潭城市群都市农业可持续发展综合评价

2.1　研究区域

长株潭城市群位于湖南省东北部，地理位置为东经 111°53′—1114°15′，北纬 26°31′—28°41′，属亚热带季风性湿润气候，四季分明，雨热同期，适合农作物生长。土地总面积为 2.81×10^4 km^2，2017 年长株潭城市群农作物播种面积为 1.11×10^4 km^2，农业机械总动力为 1.25×10^7 kW，粮食总产量为 5.37×10^9 t，农林牧渔业总产值 9.96×10^{10} 元。

2.2　评价指标体系权重

长株潭城市群都市农业可持续发展评价所需原始数据，主要来自于湖南省统计年鉴以及长沙市、株洲市、湘潭市历年统计公报。首先利用公式(2)与公式(3)对各评价指标值进行归一化处理，然后利用熵权法与层次分析法确定各评价指标客观权重与主观权重，最后利用公式(8)确定各评价指标的复合权重(见表 3)。

表 3　长株潭城市群都市农业可持续发展评价指标体系权重

子目标层	指标	层次分析法权重		熵权	复合权重
		单权重	总权重		
B_1(0.279 1)	C_1	0.201 7	0.057 6	0.053 4	0.055 5
	C_2	0.201 7	0.057 6	0.050 6	0.054 1
	C_3	0.043 6	0.012 5	0.059 2	0.035 9
	C_4	0.464 1	0.132 6	0.056 0	0.094 3
	C_5	0.088 8	0.025 4	0.053 1	0.039 2
B_2(0.275 5)	C_6	0.131 5	0.037 6	0.048 1	0.042 8
	C_7	0.355 9	0.101 7	0.002 4	0.052 1
	C_8	0.224 0	0.064 0	0.053 3	0.058 7
	C_9	0.159 9	0.045 7	0.057 8	0.051 8
	C_{10}	0.046 5	0.013 3	0.044 6	0.029 0
	C_{11}	0.082 3	0.023 5	0.059 2	0.041 3
B_3(0.269 6)	C_{12}	0.341 5	0.097 6	0.050 4	0.074 0
	C_{13}	0.205 7	0.058 8	0.035 8	0.047 3
	C_{14}	0.122 8	0.035 1	0.054 4	0.044 8
	C_{15}	0.205 7	0.058 8	0.053 4	0.056 1
	C_{16}	0.076 3	0.021 8	0.013 4	0.017 6
	C_{17}	0.048 0	0.013 7	0.046 0	0.029 9
B_4(0.175 8)	C_{18}	0.391 4	0.055 8	0.059 1	0.057 5
	C_{19}	0.144 3	0.020 6	0.050 2	0.035 4
	C_{20}	0.319 9	0.045 7	0.051 5	0.048 6
	C_{21}	0.144 3	0.020 6	0.048 0	0.034 3

2.3　TOPSIS 模型加权排序

将复合权重 w_j 与长株潭城市群都市农业可持续发展评价指标体系的标准化矩阵 Z 按照矩阵相乘的方法进行整合，得到新的加权矩阵 Z'，在 Z' 矩阵中，选取 2010—2017 年长株潭城市群都市农业可持续发展评价各项指标的最大值与最小值，得到正理想解矩阵 Z^+ 和负理想解矩阵 Z^-，具体如下：

$Z^{+}=[0.055\ 5,0.054\ 1,0.035\ 9,0.094\ 3,0.039\ 2,0.042\ 8,0,0.058\ 7,0.051\ 8,0.029\ 0,0.041\ 3,$
$0.074\ 0,0.047\ 3,0.044\ 8,0.056\ 1,0,0.029\ 9,0.057\ 5,0.035\ 4,0.048\ 6,0.034\ 3]$

$Z^{-}=[0,0,0,0,0,0,0.052\ 1,0,0,0,0,0,0,0,0,0.017\ 6,0,0,0,0,0]$

首先依据公式(11)和公式(12)计算得到长株潭城市群都市农业可持续发展水平正理想解的欧氏距离值 D_i^{+} 与负理想解的欧氏距离值 D_i^{-},然后根据欧氏距离值计算各评价对象与理想解之间的相对贴近度 C_i,最后得到长株潭城市群都市农业可持续发展水平值(见表 4)。

表 4 长株潭城市群都市农业可持续发展水平

年份	D_i^{+}	D_i^{-}	C_i
2010	0.169 1	0.074 7	0.306 5
2011	0.156 9	0.082 3	0.344 0
2012	0.145 8	0.094 4	0.393 1
2013	0.148 9	0.088 3	0.372 2
2014	0.136 5	0.108 1	0.441 9
2015	0.130 4	0.117 8	0.474 7
2016	0.125 2	0.128 2	0.505 8
2017	0.126 6	0.139 4	0.523 9

注:D_i^{+} 为正理想解的欧氏距离值;D_i^{-} 为负理想解的欧氏距离值;C_i 为评价对象与理想解之间的相对贴近度。

2.4 评价结果及分析

2.4.1 长株潭城市群都市农业可持续发展水平分析

根据表 4 计算得到的 2010—2017 年长株潭城市群都市农业历年的相对贴近度,对长株潭城市群都市农业可持续发展水平进行排序(见图 1)。

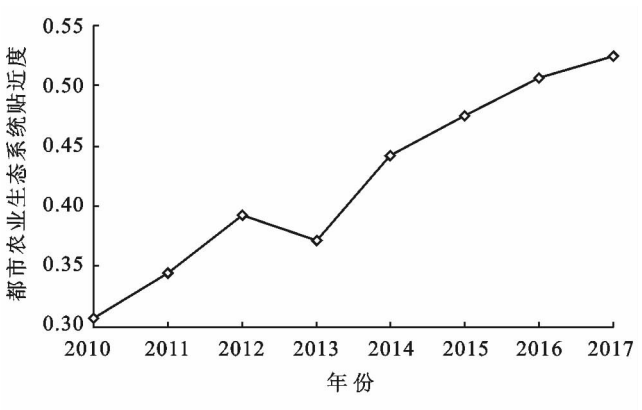

图 1 长株潭城市群都市农业可持续发展水平变化

从长株潭城市群 2010—2017 年间的都市农业可持续发展相对贴近度变化趋势可以看出,长株潭城市群都市农业相对贴近度总体呈波动上升的发展态势,可持续利用水平逐年提升,相对贴近度由 2010 年的 0.306 5 的“低水平可持续”增加到了 2017 年的 0.523 9的“中等水平可持续”,都市农业可持续发展水平经历了快速上升、小幅下降、缓慢上升 3 个发展阶段,根据图 1 曲线变化情况,将 2010—2017 年间长株潭城市群都市农业可持续发展水平划分为 3 个阶段。

第一阶段为 2010—2012 年,长株潭城市群都市农业可持续发展水平呈快速上升,相对贴近度由 0.306 5快速上升到 0.393 1,年均增长率达 13.25%。在此期间,耕地生产率由 2010 年的 23 718.3 元/hm^2 增长到 2012 年的 29 920.0 元/hm^2,年均增长率达到了 12.32%;都市农业耕地生产率由 2010 年的 12 110.14元/人增长到 2012 年的 16 055.75 元/人,年均增长率为 15.14%;农民人均纯收入由 2010 年的 8 665 元增长到 2012 的 12 112 元,年均增长速度达到了 18.23%,而在此期间,都市农业旅游观光业生产效率的增长速度更快,年均增长率更是达到了 22.63%。

第二阶段为 2012—2013 年,长株潭城市群都市农业可持续发展水平呈小幅下降,相对贴近度由 0.393 1下降到 0.372 2,年均下降率为 5.62%。在此期间,都市农业劳动生产率由 2012 年的 16 055.75 元/人下降到 2013 年的 14 304.99 元/人,下降率为 10.90%;农林牧渔业增加值由 6.80×10^7 元下降到 6.40×10^7 元,下降率为 5.69%;农村居民人均纯收入由12 112元下降到 11 296 元,下降率为 6.74%。

第三阶段为 2013—2017 年,长株潭城市群都市农业可持续发展水平呈缓慢上升发展态势,相对贴近度由 2013 年的 0.372 2 缓慢上升到 2017 年的 0.523 9,年均增长率为 8.92%。在此期间,都市农业耕地生产率由 2013 年的 32 036.3 元/hm^2 增长到 2017 年的 50 927.2 元/hm^2,年均增长率达到了 12.29%;都市农业劳动生产率由 2013 年的 14 304.99 元/人增长到 2017 年的 18 546.66 元/人,年均增长率为 6.71%;农民人均纯收入由 2013 年的 11 296 元增长到 2017 的 21 195 元,年均增长速度为 17.04%。

2.4.2 准则层因子变化

利用依据公式(13)计算得到 2010—2017 年长株潭城都市农业各功能系统的相对贴近度(见图 2)。

从图 2 可知,准则层功能变化情况可以从数值大小与变化趋势两方面进行区分。从数值上看:准则层 4 个指标的相对贴近度大小差别较大,其中,社会功能、生态功能与示范教育功能交化幅度较大,互有交替,而经济功能相对贴近度数值最小,远远小于社会功能、生态功能与示范教育功能,由此可知,长株潭城

市群都市农业的经济功能已呈现出一定程度的弱化与边缘化的状态；从变化趋势上看，长株潭城市群都市农业的各功能变化趋势各异，但均有不同程度的增加，从而使得都市农业的可持续发展水平上升。

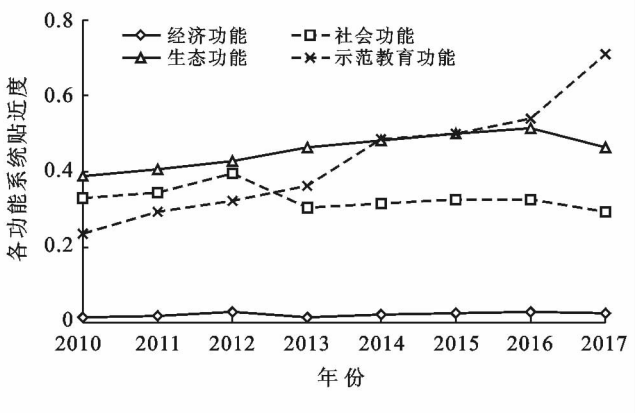

图 2　准则层功能变化

（1）经济功能变化。经济功能尽管变化幅度不大，但是整个变化过程则较为复杂，经历了增加—减少—增加—减少的变化趋势，具体为：在 2010—2012 年间，相对贴近度由 0.016 2 增加到 0.030 0；然后在 2013 年，又快速下降到 0.015 1，相对贴近度差不多减少了一半；2013—2016 年间，相对贴近度由 0.015 1 增长到 0.029 3；2017 年，又有小幅下降，为 0.025 9。

（2）社会功能变化。社会功能的相对贴近度变化经历了增加—减少—增加—减少—增加的变化趋势，具体为：在 2010—2012 年间，相对贴近度由 0.327 7增加到 0.395 6；在 2013 年，下降为 0.304 9；在 2013—2015 年间，由 0.304 9 增加到 0.327 4；2016 年，小幅下降为 0.326 5；在 2017 年，相对贴近度上升为 0.293 2，达到了研究期间的最大值。

（3）生态功能变化。生态功能相对贴近度经历了增加—减少的变化趋势，在 2010—2016 年间，相对贴近度均呈增加的态势，由 2010 年的 0.386 6 增加到 2016 年的 0.515 5，年均增长率为 4.91%；2017 年，相对贴近度下降到 0.465 1，下降幅度为 0.050 4。

（4）示范教育功能。在研究期间，长株潭城市群的示范教育功能呈现出快速增加的态势，其相对贴近度由 2010 年的 0.234 2 快速增长到 2017 年的 0.707 7，研究期间共增长了 0.473 5，年均增长率达到了 20.24%，增长速度惊人。

2.4.3　*评价指标对都市农业可持续发展水平的影响分析*　由表 3 可知，各评价指标对长株潭城市群都市农业可持续发展水平的影响程度均不相同，按照复合权重的大小对各指标进行排序，前 5 名分别为农民人均纯收入、耕地覆盖率、人均农副产品占有量、农业现代化水平和地均生态服务价值。由此可见，为了进一步提升长株潭城市群都市农业的可持续发展水平，需要大力提升农民人均纯收入，减小城乡差距；增加长株潭城市群内的耕地覆盖率，将一些闲置用地复垦为耕地，增加都市农业景观用地面积；改善人民的生活习惯，提高人均农副产品占有量，培养健康的生活习惯；大力提高农业现代化水平，提升都市农业的科技水平；加大城市内景观用地的生态服务价值，更好地促进城市生态系统的良性循环等。

3　结论

（1）利用复合权重的 TOPSIS 模型对 2010—2017 年长株潭城市群的都市农业进行可持续发展评价，研究结果表明，长株潭城市群都市农业可持续发展水平呈波动上升的发展态势，相对贴近度由 0.306 5 增加到了 2017 年的 0.523 9，都市农业可持续发展水平经历了快速上升、小幅下降、缓慢上升 3 个发展阶段，主要原因在于耕地生产率、都市农业生产率、农民人均纯收入、都市农业旅游观光生产效率在此期间都得到了较快速的增长。

（2）从准则层因子功能来看，各功能对长株潭城市群都市农业可持续发展水平影响各异。经济功能经历了增加—减少—增加—减少的趋势，由于经济功能数值所占比重很小，对长株潭可持续发展水平贡献被逐渐弱化与边缘化；社会功能经历了增加—减少—增加—减少—增加的变化趋势，在 2010—2012 年间，社会功能相对贴近度只稍小于生态功能，屈居第 2 位，但是 2013 年之后，由于生态功能与示范教育功能的相对贴近度上升，社会功能则下降到了第 3 位；生态功能经历了增加—减少的变化趋势，但总体呈增长的发展态势，在 2010—2014 年间，生态功能的相对贴近度居各分功能之首，而在 2015—2017 年间，由于其增长速度减缓，则下降为第 2 位；示范教育功能在研究期间呈现出快速增长的态势，在 2015—2017 年间，其居于各分功能之首，由此可见，未来示范教育功能将对长株潭城市群都市农业可持续发展水平起决定性的作用。

（3）现阶段长株潭城市都市农业只是处于“中等水平可持续”阶段，其可持续发展水平程度不高，对来自外界的刺激敏感，系统稳定性有待增强。从长株潭城市群都市农业可持续发展水平与准则层各功能变化趋势来看，未来长株潭城市群都市农业的可持续发展将面临着严峻的考验：一方面，城市建设将挤占大量的都市农业用地，都市农业用地将越来越破碎化，从而影响都市农业生态系统的稳定性与系统功能；另

一方面，由于城市规模的扩大，城市人口的增加，会进一步加大都市农业生态系统的压力，从而影响都市农业的可持续发展水平。因此，为了进一步促进长株潭城市群都市农业的可持续发展，相关部门在进行城市规划、建设时，必须保有一定数量与规模的都市农业景观用地，以保证都市农业生态系统结构完整，功能齐全，同时，加大都市农业的高科技投入，提升农民的受教育水平，增加其经济收益，缩小城乡差距，增大都市农业的经济功能所占比重，确保各分功能更为协调发展，从而确保长株潭城市群都市农业可持续发展。

(4) 都市农业可持续发展是一个多因素决策的复杂巨系统，在研究中，限于指标的易获得性与指标数据的完整性，构建的评价指标的科学性还需要进一步的完善与论证；为了避免主观权重与客观权重对评价结果的片面影响，应用复合权重作为各评价指标的最后权重，但是，在各权重的具体取值时，认为主观权重与客观权重所起作用是相同的，亦存在一定的主观性，这些问题将有待于在后继研究中进行补充与完善。

[参 考 文 献]

[1] Christopher R B, Thomas R R J. Agriculture in the City's Countryside[M]. London: Belhaven Press, 1992.

[2] 任国平，刘黎明，管青春，等. 基于变结构协整检验的都市农业景观演变阶段分析[J]. 农业工程学报，2017，33(24)：249-260.

[3] 王岱，蔺雪芹，刘旭，等. 北京市县域都市农业可持续发展水平动态分异与提升路径[J]. 地理研究，2014，33(9)：1706-1715.

[4] Paolillo P L, Rossati M, Rudini M A. Multivariate applications in the evaluation of the discipline of agriculture: extra-urban spaces and the resistivity index[M]// Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013: 53-65.

[5] Thapa R B, Murayama Y. Land evaluation for peri-urban agriculture using analytical hierarchical process and geographic information system techniques: A case study of Hanoi[J]. Land Use Policy, 2008, 25(2): 225-239.

[6] Zezza A, Tasciotti L. Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries[J]. Food Policy, 2010, 35(4): 265-273.

[7] Altieri M A, Companioni N, Cañizares K, et al. The greening of the "barrios": Urban agriculture for food security in Cuba[J]. Agriculture and Human Values, 1999, 16(2): 131-140.

[8] 齐天真. 基于供给侧的都市农业投入产出效率评价与实证[J]. 统计与决策，2017(17)：64-66.

[9] 关海玲，宋世琼. 基于DEA方法的都市型现代农业发展水平综合评价：以山西为例[J]. 生产力研究，2013(6)：33-36，96.

[10] 开燕华，王霞. 弹性城市指向下的都市农业多功能动态评价：基于上海市1993—2014年的实证[J]. 经济体制改革，2017(1)：81-88.

[11] 李梦桃，周忠学. 基于多维评价模型的都市农业多功能发展模式探究[J]. 中国生态农业学报，2016，24(9)：1275-1284.

[12] 邓楚雄，谢炳庚，吴永兴，等. 上海都市农业可持续发展的定量综合评价[J]. 自然资源学报，2010，25(9)：1577-1588.

[13] 张莉侠，马莹，谈平. 都市农业发展水平评价研究综述[J]. 中国农业资源与区划，2015，36(1)：44-49.

[14] 李满，李世峰，欧阳映鸿. 基于熵权法的涿鹿县现代农业发展水平评价分析[J]. 中国农业大学学报，2014，19(5)：236-243.

[15] 李玉平，朱琛，张璐璇，等. 基于改进层次分析法的水环境生态安全评价与对策：以邢台市为例[J]. 北京大学学报：自然科学版，2019，55(2)：310-316.

[16] 郭国平，周超林，吴兵，等. 基于DEA-TOPSIS模型的水上应急资源配置效率评价[J]. 安全与环境学报，2019，19(1)：134-139.

[17] 王云，周忠学. 多功能性的都市农业用地效率评价：以西安市为例[J]. 经济地理，2014，34(7)：129-134.

[18] 周子英，张群，张维梅. 熵变视角的城市生态系统可持续发展能力评价：以长沙市为例[J]. 湖南工程学院学报：社会科学版，2016，26(4)：8-15.

[19] 孙金辉，谢忠胜，陈欢，等. 基于层次分析法的北川县环境地质承载力评价[J]. 水土保持通报，2018，38(4)：125-128，2.

[20] 武家辉，王维庆，王海云，等. 基于综合权重理论和Fuzzy-TOPSIS综合评价的电网静态电压稳定性分析[J]. 电力系统保护与控制，2018，46(23)：77-85.

[21] 姜秋香，董玉洁，王子龙，等. 基于改进TOPSIS模型的黑龙江省水资源短缺风险评价[J]. 东北农业大学学报，2018，49(9)：61-68.