

北京市农业景观生态与美学质量空间评价*

潘影 肖禾 宇振荣**

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193)

摘 要 选择了重点反映农业景观生态与美学功能的生态系统功能、自然性、开阔与多样性、污染概率和整洁度等 10 个单一空间显性指数, 基于田间调查和专家系统赋予其不同权重, 构建了农业景观质量综合评价指标, 并基于地理信息系统支持下的土地利用数据和利用遥感获得的植被指数, 对北京市农业景观质量及其空间差异进行了评价。结果表明: 北京市农业景观质量的区域差别较大, 城区及小城镇边缘的农业景观质量最差, 近郊外围及远郊区较好; 北京市农业景观的优劣主要与地形和人为压力有关。基于空间信息技术和景观指数, 在大尺度上构建的综合指标体系, 对评价农业景观质量的空间差异具有重要意义。

关键词 都市农业 农业景观 空间评价 遥感 地理信息系统

文章编号 1001-9332(2009)10-2455-06 **中图分类号** Q149 **文献标识码** A

Spatial evaluation on ecological and aesthetic quality of Beijing agricultural landscape. PAN Ying, XIAO He, YU Zhen-rong (College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China). -Chin. J. Appl. Ecol. 2009 20(10): 2455-2460.

Abstract: A total of ten single indices mainly reflecting the ecological and aesthetic quality of agricultural landscape, including ecosystem function, naturalness, openness and diversity, contamination probability, and orderliness were selected, their different weights were given based on field survey and expert system, and an integrated evaluation index system of agricultural landscape quality was constructed. In the meantime, the land use data provided by GIS and the remote sensing data of vegetation index were used to evaluate the Beijing agricultural landscape quality and its spatial variation. There was a great spatial variation in the agricultural landscape quality of Beijing, being worse at the edges of urban area and towns, but better in suburbs. The agricultural landscape quality was mainly related to topography and human activity. To construct a large-scale integrated index system based on remote sensing data and landscape indices would have significance in evaluating the spatial variation of agricultural landscape quality.

Key words: urban agriculture; agricultural landscape; spatial evaluation; remote sensing; geographic information system.

建设都市型现代多功能农业, 除重视农业生产和经济功能外, 还需关注包括生态服务、景观价值、自然资源保护与文化遗产等功能的发挥^[1-5]。北京市把农业作为绿色隔离带和生态走廊纳入综合绿色空间体系建设, 农业景观建设将成为未来北京市农业基础建设的重要任务。针对北京市都市型现代农业发展中农业景观整治和宏观决策的需求, 如何在空间上定量分析不同区县和不同类型农业景观质量是急需解决的问题。北京市农业景观质量好坏的评

价主要涉及其生态系统服务、景观美学等非生产性功能等的量化分析。世界经合组织(OECD)成员国很早就开始了农业非生产性功能的研究, 并在 1998 年首次引入多功能农业的概念^[6]。在此之后的 10 年中, 为了更好地支持农业政策的制定, 提出了大量农业多功能评价指标和评价方法, 并提出了农业景观评价指标(indicators for agricultural landscape), 用以评价农业景观的生态^[7]、美学^[8-9]和社会^[10-11]等多功能性。

国内农业景观的研究涉及农田景观和乡村景观。农田景观主要针对田野或田园, 而乡村景观还包括乡村聚落。目前对农业景观的理解和定义尚不统一, 但都一致认为其是带有不同程度自然景观特色

* 国家科技支撑计划项目(2006BAJ10B05, 2007BAD87B01)和北京市农委和农业局农田景观项目资助。
** 通讯作者。E-mail: yuzhr@cau.edu.cn
2009-03-25 收稿, 2009-08-12 接受。

的人文景观,具有生态、经济和美学价值^[12],其评价应包括生态、美学和社会经济功能。肖笃宁等^[13]在阐述景观分类与评价时认为,农业景观属于人工经营景观,其评价应包括景观独特性、多样性、功效性、宜人性与美学性。刘滨谊等^[14]推荐了一套中国乡村景观评价的指标体系,包括五方面:可居度、可达度、相容度、敏感度和美感度。谢花林^[15]使用乡村景观的社会功能、生态功能和美学功能进行了乡镇水平上的综合评价。

对农业景观各种功能的评价中,景观生态学理论、空间信息技术和景观格局指数被广泛应用^[12-16]。但如何使用景观格局指数、生态学指标以及解译景观质量、评价农业景观的空间差异仍是一个重要的科学问题。国内研究的指标体系都充分考虑到了农业景观的多功能性,但相关案例研究主要是基于生产和管理单元进行的综合评价,对农业景观空间差异评价的研究不多,而利用景观格局指数在大尺度上评价农业景观质量、解释农业生态和美学质量的研究则更是鲜见。为此,本文在综合以往研究的基础上,构建了一套空间显性综合指标体系,对北京市农业景观的生态功能和美学功能进行了综合评价,进而解译其景观质量及空间差异,以期对农业景观规划和建设、投资等宏观决策提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

北京市(39.4°—41.0°N,115.4°—117.5°E)地处华北平原北端,为蒙古高原向华北平原的过渡地带,总面积约16807.8 km²,其中,山地和平原面积分别占62%和38%。地形自西北向东南从中山、低山、丘陵过渡到冲洪积台地、冲积扇及冲积平原,气候从温带半干旱过渡到暖温带半湿润。复杂多样的地貌使该区土地利用呈现多层次特点,农业景观丰富多样。

1.2 数据来源

本研究所用土地利用数据为1:10000的2006年北京市土地利用图,土地利用类型共分3级,其中第3级分类细分为48种土地利用类型。遥感数据为北京一号小卫星提供的2006年3、6、9和12月的多光谱遥感影像,空间分辨率为32 m,波段包括蓝光、红光与近红外波段。本研究涉及区域主要为北京市的农业区域,包括耕地、果园和设施农业区域。

1.3 评价方法的构建

通过各种单一指数评价北京市农业景观的生态

功能以及美学功能,然后基于调查和专家系统赋予各单一指数以不同的权重,生成一个评价农业景观质量的综合指标体系。计算空间数据中每一个栅格的综合指标值以反映景观质量的空间差异。

归一化植被指数(normalized difference vegetation index, *NDVI*)是最常用的反映生态系统功能的指标^[17],本研究使用研究区2006年4个季度的*NDVI*平均值反映生态系统功能。农业景观的美感多受到自然基础、视野开阔性、景观多样性、垃圾废弃物存在与否和景观整齐程度的影响^[5,18]。拥有较多自然植被包括林地的地方通常被认为较自然,拥有这种自然基础是构成美景的第一要素。本研究中自然性用地丰度表示,主要反映农业景观所在的大环境质量好坏。破碎度和多样性主要代表农业景观斑块结构,良好的景观应具有较小的破碎度和合适的多样性。本研究中破碎度由耕地斑块边缘密度(edge density)、园地斑块边缘密度表示,景观多样性由香农多样性指数(Shannon diversity index, *SHDI*)表示。污染概率指污染和废弃物发生和消纳的可能性,良好的农业景观应较少看到污染和废弃物,一般建设用地和未利用地较多的地区容易产生和聚集污染物与废弃物。本研究使用建设用地和未利用地密度表示污染概率。整洁度指视觉效果的好坏,通常在耕地或果园较集中的地方容易规划和建设成整齐划一的农业景观。本研究使用耕地、果园和设施农业密度表示整洁度。

根据不同人群对不同景观偏好和不同要素喜好程度的前期调研结果^[19],赋予单一权重,构建了综合评价指标体系对北京市农业景观质量进行评价(图1)。

1.4 计算方法

1.4.1 基于遥感信息的植被覆盖度指数 使用遥感图像处理软件ENVI 4.4的波段计算(band math)对经过校正的北京一号遥感数据进行处理,计算*NDVI*值,其算式如下:

$$NDVI = (NIR - red) / (NIR + red)$$

(1)

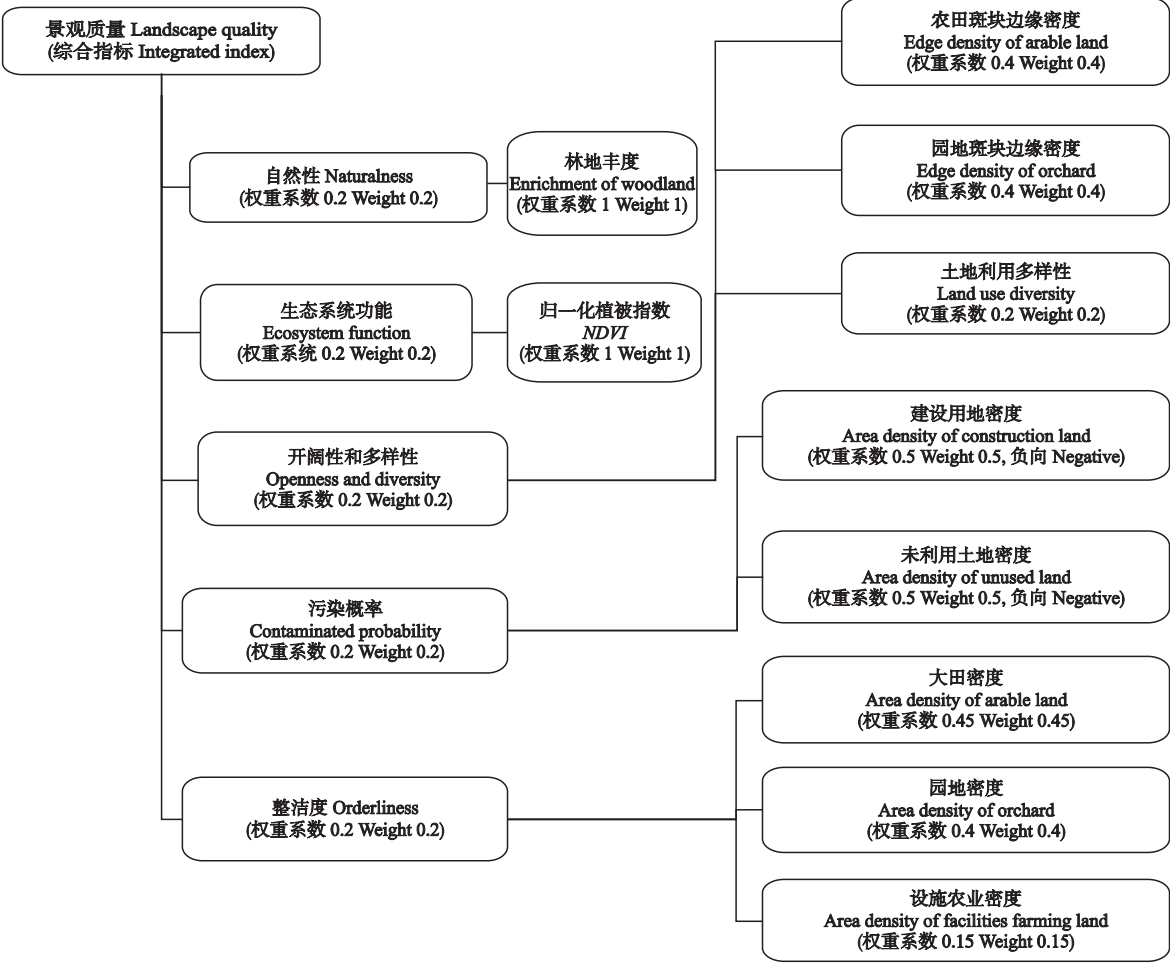
式中:*NIR*为遥感图像中的近红外波段;*red*为遥感图像中的红光波段。

1.4.2 基于土地利用图的植被丰度(enrichment)指数 使用地类丰度指数^[20-21]计算北京市植被丰度。

$$F_{ikd} = \frac{n_{kdi}/n_{di}}{N_k/N}$$

(2)

式中:*F_{ikd}*为地类丰度因子;*i*为栅格位置;*k*为土地利用类型,本研究中为林地;*d*为邻域半径;*n_{di}*为*i*



栅格 d 半径范围内的栅格总数量 $n_{k\ d\ i}$ 为 i 栅格 d 半径范围内林地的栅格个数 N 为研究区栅格总数 N_k 为研究区林地栅格总数。

$F_{i\ k\ d}$ 反映了 i 栅格 d 邻域内林地的相对丰度。当 $F_{i\ k\ d} = 1$ 时,表明此 d 邻域范围内的植被相对丰度与研究区总体植被丰度相同; $F_{i\ k\ d} < 1$ 表明此邻域范围内的植被相对丰度小于研究区总体植被丰度; $F_{i\ k\ d} > 1$ 表明此邻域范围内的植被相对丰度大于研究区总体植被丰度。

将土地利用图 3 级分类中的有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林地、苗圃提取出来,统一为林地斑块,使用 AO + VBA 编程,设定邻域距离 d 为 1,计算北京市所有有效栅格的 $F_{i\ k\ d}$,得到研究区林地斑块丰度的空间图层。

1.4.3 基于土地利用图的景观多样性指数 使用 Fragstat 3.3 帮助文件计算香农多样性指数：

$$SHDI = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \tag{3}$$

式中 $SHDI$ 为香农多样性指数; P_i 为一定范围内某种景观类型的出现几率; n 为景观类型数量。使用 AO + VBA 编程,对图中每一个栅格 Moore 邻域(九宫格)内每种景观类型的栅格数量除以 Moore 邻域总栅格数量,即为 P_i 。

利用北京市土地利用二级分类栅格图,计算北京市所有栅格的 $SHDI$,生成景观多样性指数的空间图层。

1.4.4 基于土地利用图的斑块边缘密度指数 利用单位面积上斑块边缘长度,反映斑块的破碎程度。

$$PED = P_{edge} / A \tag{4}$$

式中 PED 为斑块边缘密度; P_{edge} 为每一个斑块的边缘长度; A 为单位面积。利用北京市土地利用矢量图,采用 ArcGIS 9.2 拓扑插件(Topology)生成每一个斑块的边缘矢量图层,利用 ArcGIS 9.2 空间分析模块(spatial analyst)的密度计算功能(density)计算单位面积边缘长度并带入式(4)计算 PED ,生成斑块边缘密度指数的空间图层。

1.4.5 基于土地利用图的斑块面积密度指数 利用单位面积上的斑块面积,计算斑块面积密度.

$$PAD = P_a / A$$

(5)

式中:PAD 为斑块面积密度; P_a 为每一个斑块的面积.利用北京市土地利用矢量图,计算单位面积上各斑块面积,生成斑块面积密度的空间图层.

2 结果与分析

2.1 北京市农业景观的单一指标评价

对于大田和园地边缘密度指数,使用两类用地斑块为掩模,对于其他指标使用农业用地斑块为掩模.剔除非农用地部分,按照以上方法对北京市农业景观的各项指标进行计算.将计算出的所有指标按照等量分类原理(quantile)分成 5 个等级,使每个等级下的栅格数量相近.其中,建设用地密度和未利用地密度越大,其等级越低,景观质量越差;其余指数值越大,等级越高,景观质量越好.

2.1.1 自然性 北京市山区沟谷中农业景观的自然性好于山前台地,山前台地好于平原地区(图 2a),这主要是由于地形差异所致,山区林地面积整体高于平原区.从与城区距离的远近来看,远郊的自然性最好,近郊其次,城区周围较差.北部平原地区农业景观的自然性好于南部,平原区中顺义区农业景观的自然性最好,通州、大兴稍差.由于北京市城区的快速发展,各区县中心城区周围农田的林地丰度处于较低水平,而且随着城区的扩大,北京市农业景观的自然性从整体上将有不断降低的风险.

2.1.2 生态系统功能 NDVI 主要计算农田本身与农田边界的植被覆盖,反映了农田的生态系统功能.由图 2b 可以看出,北京市山区沟谷地和山前地带的 NDVI 高于平原,这主要是由于山区沟谷和山前地带主要种植果树,而平原区主要为耕地.在平原区的房山、大兴、通州、顺义这几个区县中,植被指数的高低与距城区距离的远近有直接联系,主城区边缘和几个区县中心城区周边的植被指数最低,越向远郊,植被指数越高.

2.1.3 开阔性与多样性 图 2c 中的绿色表示耕地边缘密度低,即开阔性得分较高,红色则表示耕地破碎.在北京市山区沟谷地带,田块大小受地形限制,其耕地的斑块较小,较破碎;其次是山前台地,而平原区耕地的开阔性明显好于山区,大田田块较大,且较整齐,近郊和远郊区耕地的开阔性好于城区边缘.园地分布有较强的地带性,在山前与山区能形成较大面积的园地,平原等地势平坦区域虽也有园地分

布,但受高土地利用成本等压力,其分布较破碎,不能形成像山区和台地地区的园地规模.农业景观多样性高的地区主要集中在平原向山区过渡的台地部分,地形单一(如平原或山区沟谷)地区农业景观的多样性较低(图 2d).

2.1.4 污染概率 图 2e 中的红色部分表示建筑用地密度高,污染概率大,景观质量得分较低,绿色部分则表示污染概率较小.北京市建筑用地密度分布以主城区为主中心,周边区县城区为副中心,密度由高向低向外辐射(图 2e).在城区周围的农业景观受污染概率最大,距城区越远,污染概率越小.山区沟谷中及靠近山区的农田周围有较多的未利用地,如房山西南部、延庆盆地和从密云西部到平谷东部的带状区域中,平原区农田尤其是耕地利用较充分,未利用地较少.

2.1.5 整洁度 图 2f 中的绿色表示区域内耕地大田密度较高,为主要用地类型,红色则表示耕地大田密度较低,有许多其他用地干扰,景观美学效果上不整洁.北京市大田集中分布于东南部平原及延庆盆地;平原区中,远郊大田的密度较高,近郊密度较低.大田密度较高的区域可形成整洁的农业景观.园地高密度区域多分布在怀柔、密云、平谷的山前地带,其余山区及平原地区有低密度的分布.设施农业整体面积较小,呈零星点状分布,未形成大面积的集中分布,主要处于城区周边的近郊地带,在延庆、大兴、通州、顺义、平谷各自的城区四周也有少量设施农业分布.

2.2 北京市农业景观的综合指标体系评价

利用 ArcGIS 9.2 的栅格计算功能(Raster calculator),对以上单一指标结果按照各自权重进行北京市农业景观的综合指标评价,结果表明综合指标值在 1.42~4.32.按照栅格等量分类原理将综合指标数值分成 4 个等级,1(1.42~2.55)代表景观质量差,2(2.56~2.86)代表一般,3(2.87~3.18)代表较好,4(3.19~4.32)代表最好(图 3).北京市农业景观质量的区域差别较大,其中,农业景观质量最好的为怀柔、平谷和密云 3 个区县,最差的为丰台和朝阳区(图 4).由于门头沟和石景山区农业用地较少,故不做考虑.

北京市主城区边缘以及各区县城区周围的农业景观质量综合评价表现较差.这部分农田受城区和小城镇建设用地发展的压力,面临着土地利用方式被改变的危险,加之农业景观基础不好,平时的农田管理和景观建设也较缺乏.

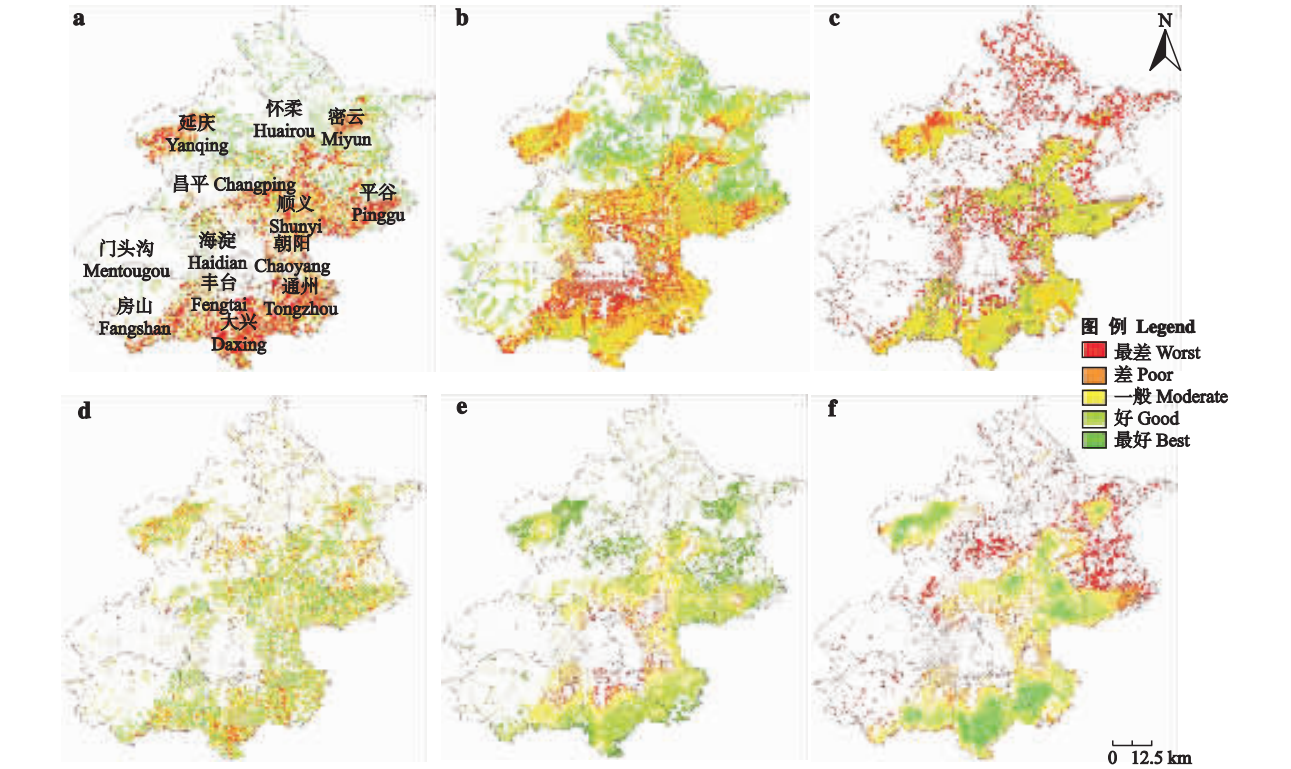


图 2 北京市农业景观的单一指标评价

Fig. 2 Evaluation of Beijing agricultural landscape using single indices.

a)林地丰度 Enrichment of forestland; b)归一化植被指数 *NDVI*; c)耕地边缘密度 Edge density of arable land; d)土地多样性 Diversity of land use; e)建设用地密度 Area density of construction land; f)耕地密度 Area density of arable land.

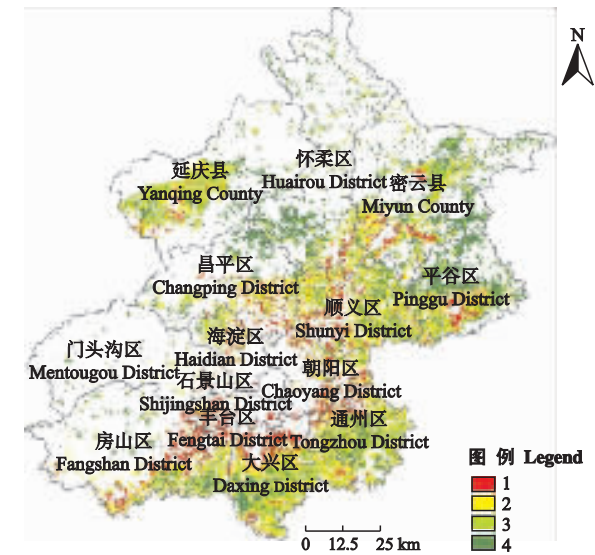


图 3 北京市农业景观的质量等级

Fig. 3 Quality level of Beijing agricultural landscape.

1~4:景观质量分级 Landscape quality level.

西北部盆地区域农业景观的综合水平一般,这部分区域主要受自然条件限制.盆地边缘区域农田较破碎,整体植被覆盖率也较低.

分布在近郊与远郊地带的农业景观大多较好.其中,南部平原区的平原农业景观与东北部半山区

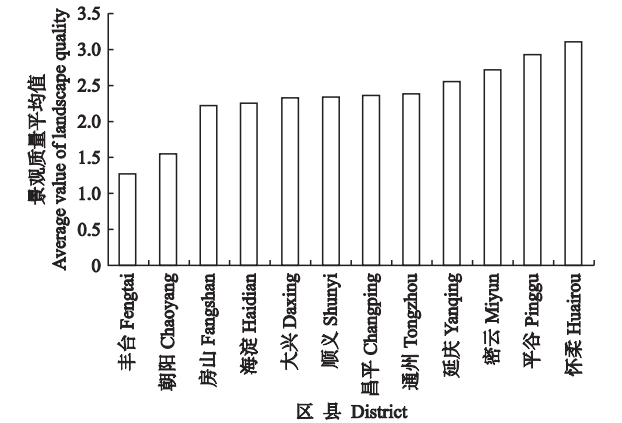


图 4 北京市各区县景观质量平均值

Fig. 4 Average value of landscape quality of each district in Beijing City.

的山前台地农业景观综合评价在整个区域表现最好,与城区边缘相比,这部分区域农田建设较有规模,部分区域又是市民郊区旅游的目的地,因此,整体自然环境和农业景观建设都较受重视.

3 结 语

以往以区县或乡镇为评价单元的景观评价在反映整个北京景观特征时显得精度不够,不易反映出

空间规律,而基于空间显性综合指数的北京市农业景观质量评价能更直观和定量地表现出区域差别与规律.单一指标的计算与分析也能辅助反映各地区农业景观的具体弱项,使以后的农业景观建设更具针对性.本研究选取的指标适合大尺度的功能和质量评价,益于决策者整体把握,可为重点区域重点项目的治理提供科学支持.

北京市农业景观质量的优劣主要取决于地形和人为压力.综合景观质量较差的部分也是北京市民较易抵达的区域.对近郊区、城镇集中地附近区域的农业景观应该集中加强规划建设与修复,并且防止人为活动的负面影响,如修补农田防护林体系、增加农田边界植被、进行破碎地块整理等.对于远郊农业景观较好的区域,要加强对现状的保护,同时采取一些专项治理措施,针对引起不同地域农业景观质量不佳的原因进行治理.建设优美的远郊景观,同时配合近郊农业景观改造与治理工作,对改善整个北京农业景观的自然生态基础、发挥其绿色空间功能至关重要.

参考文献

- [1] Yu Z-R (宇振荣), Hu D-X (胡敦孝), Wang J-W (王建武). Landscape ecological functions of the field boundary. *Chinese Journal of Ecology* (生态学杂志), 1998, **17**(3): 53–58 (in Chinese)
- [2] Chen L-D (陈利顶), Fu B-J (傅伯杰), Zhang S-R (张淑荣), *et al.* Comparative study on the dynamics of non-point source pollution in a heterogeneous landscape. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2002, **22**(6): 808–816 (in Chinese)
- [3] Wang XH, Yin CQ, Shan BQ. The role of diversified landscape buffer structures for water quality improvement in an agricultural watershed, North China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2005, **107**: 381–396
- [4] Milne RJ, Bennett LP. Biodiversity and ecological value of conservation lands in agricultural landscapes of southern Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, 2007, **22**: 657–670
- [5] Antrop M. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, **77**: 17–18
- [6] Organisation for Economic Co-operation and Development. Multifunctionality: Towards An Analytical Framework [EB/OL]. (2001-04-01) [2009-08-03]. <http://www.oecd.org/dataoecd/43/31/1894469.pdf>
- [7] Hawkins V, Selman P. Landscape scale planning: Exploring alternative land use scenarios. *Landscape and Urban Planning*, 2002, **60**: 211–224
- [8] Dramstad WE, Fry G, Fjellstad WJ, *et al.* Integrating landscape-based values – Norwegian monitoring of agricultural landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 2001, **57**: 257–268
- [9] Dramstad WE, Sundli Tveit M, Fjellstad WJ, *et al.* Relationships between visual landscape preferences and map-based indicators of landscape structure. *Landscape and Urban Planning*, 2006, **78**: 465–474
- [10] Iiyama N, Kamada M, Nakagoshi N. Ecological and social evaluation of landscape in a rural area with terraced paddies in southwestern Japan. *Landscape and Urban Planning*, 2005, **73**: 60–71
- [11] Wiggering H, Dalchow C, Glemnitz M. Indicators for multifunctional land use – Linking socio-economic requirements with landscape potentials. *Ecological Indicators*, 2006, **6**: 238–249
- [12] Zhou X-Q (周心琴), Chen L (陈丽), Zhang X-L (张小林). Progress of rural landscape research in China. *Geography and Geo-Information Science* (地理与地理信息科学), 2005, **21**(2): 77–81 (in Chinese)
- [13] Xiao D-N (肖笃宁), Zhong L-S (钟林生). Ecological principles of landscape classification and assessment. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 1998, **9**(2): 217–221 (in Chinese)
- [14] Liu B-Y (刘滨谊), Wang Y-C (王云才). Theoretical base and evaluating indicator system of rural landscape assessment in China. *Chinese Landscape Architecture* (中国园林), 2002, **18**(5): 76–79 (in Chinese)
- [15] Xie H-L (谢花林). Preliminary researches on the functional evaluation of rural landscape. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2004, **24**(9): 1988–1993 (in Chinese)
- [16] Wang B-Z (王保忠), Wang B-M (王保明), He P (何平). Aesthetics theory and method of landscape resource assessment. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2006, **17**(9): 1733–1739 (in Chinese)
- [17] Paruelo JM, Burke IC, Lauenroth WK. Land-use impact on ecosystem functioning in eastern Colorado, USA. *Global Change Biology*, 2001, **7**: 631–639
- [18] Xie H-L (谢花林), Liu L-M (刘黎明), Xu W (徐为). Research on the esthetic evaluation of rural landscape. *Economic Geography* (经济地理), 2003, **23**(3): 423–426 (in Chinese)
- [19] Zhang X-T (张晓彤), Yu Z-R (宇振荣), Wang X-J (王晓军). Local farmer demand for multifunctional agriculture along Jing-Cheng freeway. *Chinese Journal of Eco-Agriculture* (中国生态农业学报), 2009, **17**(4): 782–788 (in Chinese)
- [20] Verburg PH, de Nijs Ton CM, van Eck JR, *et al.* A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2004, **28**: 667–690
- [21] Duan Z-Q (段增强), Verburg PH, Zhang F-R (张凤荣), *et al.* Construction of a land-use change simulation model and its application in Haidian District, Beijing. *Acta Geographica Sinica* (地理学报), 2004, **59**(6): 1037–1047 (in Chinese)

作者简介 潘影,男,1983年生,博士研究生.主要从事土地利用与景观生态研究,发表论文2篇. E-mail: alanpan1224@gmail.com

责任编辑 杨弘

