

基于波谱与分形特征的北京市 耕地空间结构

宋志军^{1,2}, 刘黎明¹

(1 中国农业大学土地资源管理系, 北京 100094; 2 首都经济贸易大学密云分校, 北京 101500)

摘要: 在城乡协调发展的背景下, 本文以自然属性为基础分析了北京具有不同经济属性的 5 类耕地的空间结构。波谱分析显示, 不同类型耕地的空间分布具有不同的周期, 它们共同形成了距天安门约 23~44km (近郊平原)、44~66km (远郊平原)、66~126km (山区) 的耕地宏观空间结构。通过计算各类耕地的空间维数和 Hurst 指数, 认为景观农田区、美化农田区、近郊山区 22~47km 圈层的耕地不具备分形特征; 规模农田区、景观廊道带、中远郊山区 48~126km 圈层的耕地由于受城市发展、自然条件、距离等因素的影响具有明显的分形特征。总体上, 北京不同类型的耕地处于一种离散、连续和具有共度性、没有公度性的融合状态。

关键词: 耕地; 空间结构; 波谱分析; 分形特征; 北京市

文章编号: 1000-0585(2012)08-1399-12

1 引言

20 世纪末以来, 在北京城乡功能演变的基础上, 北京郊区农业区所承担的功能也相应呈现一定的空间组合及演变过程, 这是整个农业区社会经济演变的基础^[1~3]。而北京郊区农业区这种多功能的演变, 也成为其耕地空间布局、变更的内部动因^[4~7]。本文将通过北京耕地的空间序列 (如波谱、分形) 分析, 以不同耕地类型的空间分布特征及其组合情况为切入点, 着力解释北京郊区农业区城乡功能的空间结构及其演变特征。而明确其城乡功能的空间结构及其演变特征, 将有助于加强对京郊耕地利用的区域背景、产业推移的空间规律、京郊空间复杂性的认识, 从而进一步明确北京郊区农业区发展的空间特点。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文的原始数据的提取主要源于《北京市城市总体规划 (2004~2020)》图件、历年北京统计年鉴、北京市的遥感影像图 (2006)、北京市多年土地利用更新数据、多种专项调查 (如第二次全国农业普查) 等。并在 ARCGIS、MAPGIS 软件支持下, 获取了研究区耕地的属性数据, 并建立了相应的空间数据库。在进一步提取数据时, 本文参考陈彦光

收稿日期: 2011-10-15; 修订日期: 2012-05-02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40971109); 国家科技支撑计划项目 (2008BADA7B01)

作者简介: 宋志军 (1970-), 男, 河南安阳人, 副教授, 博士生, 主要从事经济地理和土地资源管理的教学与研究。E-mail: songzzjj@163.com

通讯作者: 刘黎明 (1966-), 男, 浙江上虞人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地资源管理和乡村景观规划研究。E-mail: liulm@cau.edu.cn

等的分形研究^[8,9]，以天安门作为北京区域的中心从而确定了同心圆环带的中心；并以1km为半径步长，对北京做了126个圈层的划分。其中，京郊耕地出现在6~126km共计121个圈层内。在保证地形影响的最小化（见3.1部分）后，本文将以圈层的宏观递推变化来反映京郊耕地的经济属性的变化，从22万多个耕地斑块中发现其空间规律。

2.2 研究方法

耕地的自然属性是北京郊区农业区社会经济空间分异的基础。对此，关小克等根据耕地自然属性，采用定量与定性相结合的方法对各个因子进行了分级量化，最终得到京郊耕地自然适宜性等级的空间分布图（图1a）^[10]。从图中可以看到，以中心城区为中心，耕地自然适宜性等级的圈层结构比较明显。与耕地的自然属性是发展的基础相比，耕地的经济属性乃是北京郊区农业区发展并产生空间分异的主导^[11~14]。本文以耕地产品产出（或经济产出）为主建立了耕地经济适宜性的指标体系，以此来反映农业生产的平均相对获益程度。同时，京郊不同区位农村的社会经济发展水平的差异明显，对耕地经济适宜性的评价充分考虑了不同耕地的收益、区位、经济要素的投入以及相关农业规划对耕地利用的影响。关小克基于上述指标体系得到京郊耕地经济适宜度等级的空间分布图（图1b）。

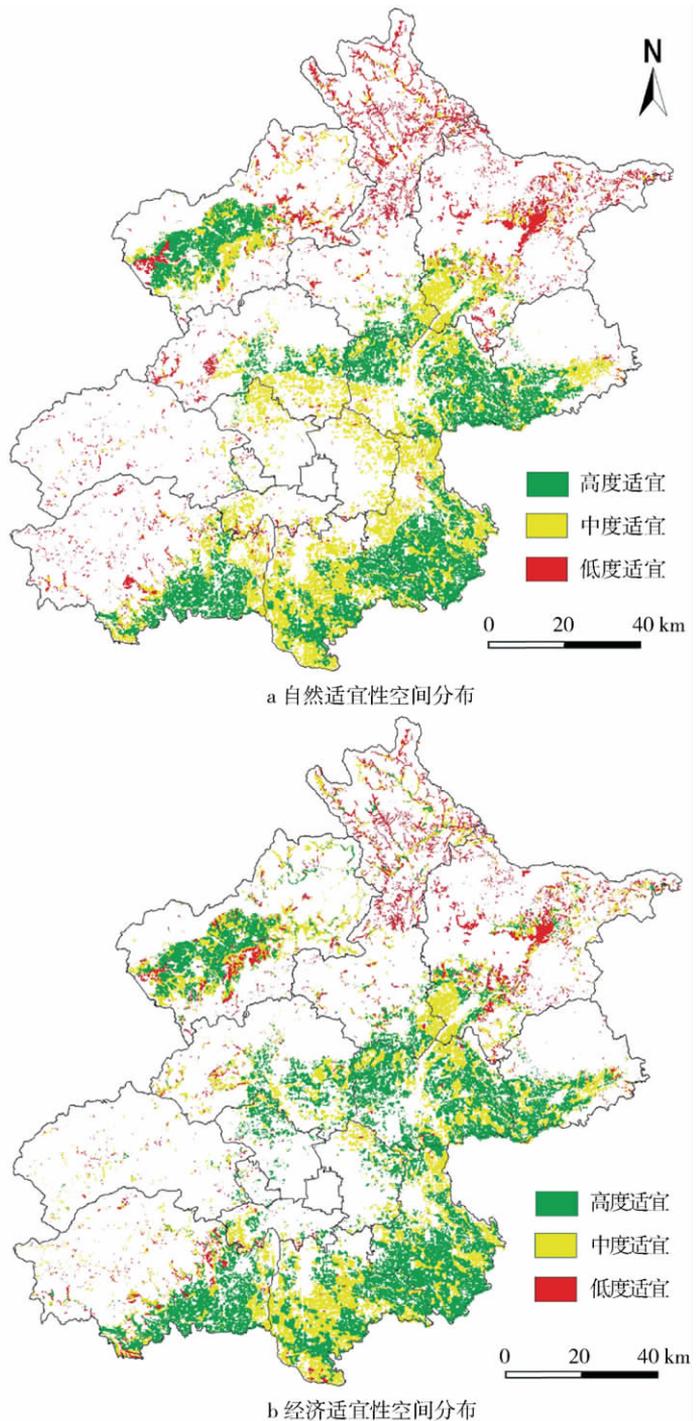


图1 北京市耕地自然适宜性、经济适宜性空间分布（源自文献 [11]）

Fig. 1 Distribution of cultivate land's natural, economic suitability in Beijing suburbs

对比两图,会发现耕地的自然适宜度和经济适宜度虽基本吻合(验证了以自然属性为基础的这一基本特性),但有些耕地的两种适宜度在空间上并不完全吻合。在农业明显处于劣势地位的情况下^[15],造成耕地经济产出与其自然属性出现空间差异的原因,应是城乡社会经济差异所致;而且各种类型耕地受这种差异影响也会产生空间变化、其变化幅度也不尽相同^[16]。于是,本文在该图对应评价数据的基础上,进一步展开了北京郊区农业区不同耕地类型经济属性空间差异的研究。即本文将集中进行中观层次的耕地经济属性的研究,努力把微观的斑块分析(如景观分析、GIS相关分析)与宏观的农业区规划、城乡一体化、城乡功能区规划等衔接起来,从而寻找北京郊区农业区微观运行的城乡功能背景、宏观演变的中观基础。

3 京郊耕地经济属性的空间分异基础

3.1 基于地形的京郊耕地空间分异

本文对京郊处于不同坡度耕地圈层带的递推规律进行了分析,分析表明:(1)以坡度 $<2^\circ$ 为主(83.96%)、包括坡度介于 $2^\circ\sim 5^\circ$ 的耕地面积(7.80%)占京郊耕地总面积的91.77%,它们的分布圈层(23~83km)成为本文重点关注的区域^[17~19]。(2)23~83km圈层数据的非线性函数拟合优度(0.856)相对较高,加上6~22km圈层为城市建成区、84~126km圈层主要为山区这一空间特点,所以本文虽选取6~126km圈层的耕地数据作为基础数据,但以23~83km圈层为中心的圈层带显然可以代表绝大多数京郊耕地的性质。(3)基于前两个结论,可以认为地形对23~83km圈层耕地的经济适宜度的影响相对有限(事实上坡度 $>5^\circ$ 的耕地也主要分布于84km以外的区域)。

3.2 京郊耕地的社会经济分异

借助对北京社会经济空间发展的非线性函数拟合,并参考京郊耕地的自然属性^[4~6,20],可得到以下基本结论:(1)6~22km圈层的耕地为受中心城市深刻影响的区域,属绿化隔离带;(2)23~27km圈层的农业区可以初步理解为京郊城市化的缓冲地带;(3)23~83km圈层是北京耕地主要集中的区域,可以集中反映京郊平原地区农业、农村的发展特点;(4)72~83km为现代农业转向传统农业的过渡带;(5)在84~126km圈层,基本属于传统山区农业。应该说,这一基于自然属性但带有城市化色彩的圈层划分是北京郊区农业区发展的基础。

从产业空间布局来看,在距离北京中心城区23~83km处不仅是北京优质耕地最为集中的区域,而且从其所对应的农业生产门类上也可以看到,该区目前主要从事设施蔬菜、现代粮经作物、现代畜牧业、其他多种经营等的生产,现代农业的特色明显;而6~22km圈层耕地的农业多种经营、园艺、设施蔬菜等受城市化影响较大的行业比较集中;在84~126km圈层,该类耕地主要从事传统旱作粮经作物和副业的生产,明显区别于前两个圈层带。明确京郊农业生产的产业基础有助于进一步明确区域农业的多功能性的经济基础。

同时,家庭联产承包责任制是我国的基本农业制度,它直接形成了农户人均拥有土地的斑块面积变化较小、耕地的空间分布相对均匀的特点。而这一特点减弱了京郊耕地微观类型的多元性及其微观运行的复杂性,为本文在微观基础上寻找中观、宏观空间发展规律提供了便利。所以,本文认为对京郊耕地总体的研究意义并不大,而对不同耕地类型的空间组合和演变规律的研究则更为重要。

4 分析过程

4.1 空间自相关分析

按照耕地整理规划，京郊的耕地斑块分布区可分为规模农田区、景观廊道带、景观绿化区、美化农田区和山区五种类别。首先本文对五种耕地类型各圈层的经济适宜评价值进行了数据标准化（表 1 中 Z 列，以规模农田区为例），在时滞（表 1 中 LAG 列）一定的条件下计算了其自相关系数（表 1 中 ACF 列），并得到相应的 Q 统计量（表 1 中 $BOX-LJUNG$ 列）。另外在表中， N 为该圈层的斑块数量， SE 为二倍标准差的约略估计值。在上述分析的基础上，得到四种耕地类型自相关系数的柱状图（图 2，美化农田区除外）。

表 1 规模农田区的空间自相关分析（局部）

Tah 1 The spatial autocorrelation analysis of scale farmland area (part)

圈层	评价值	N	Z	LAG	ACF	SE	$BOX-LJUNG$	卡方值
18	0.9325626	9	-2.60312	1	0.808505	0.237356	48.40038	3.841459
19	0.9498755	28	-1.73327	2	0.671949	0.237356	33.91596	5.991465
20	0.9699213	46	-0.72612	3	0.558037	0.237356	23.73549	7.814728
21	0.9837474	83	-0.03146	4	0.46434	0.237356	16.67933	9.487729
22	0.9886564	181	0.21518	5	0.442375	0.237356	15.36803	11.0705
23	1.0033455	375	0.953199	6	0.415174	0.237356	13.74446	12.59159
24	0.9972939	532	0.649153	7	0.359925	0.237356	10.49123	14.06714

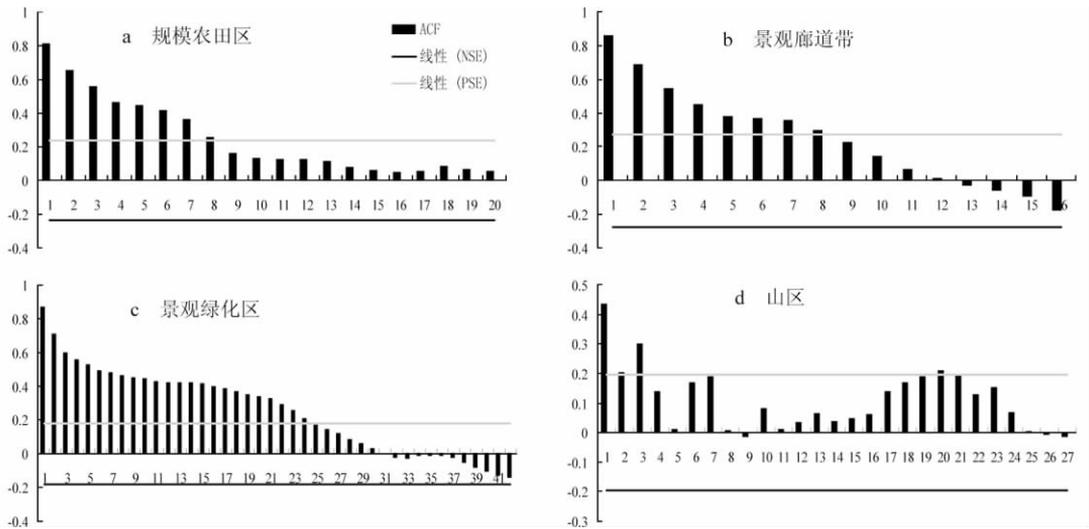


图 2 四种耕地类型的空间自相关系数的柱状图

Fig. 2 The spatial autocorrelation coefficient histogram of 4 cultivate land types

4.2 波谱分析

本文对五种耕地类型的数据进行了中心化处理（表 2 “中心化 X_i ” 一列，非 3.1.1 的标准化），并对中心化后的数据进行了波谱分析的程序化处理，得到了五种耕地类型各圈

层的波谱（表 2 的波谱 $I(f_i)$ 一列，以规模农田区为例）及其波谱图（图 3，美化农田区除外）。

表 2 规模农田区的波谱分析（局部）

Tah 2 The spectrum analysis of scale farmland area (part)

圈层	评价值	中心化 X_i	序号 i	频率 f_i	波谱 $I(f_i)$
23	1.0033455	0.016427	1	0	1.14E-29
24	0.9972939	0.010375	2	0.015625	0.008434
25	0.989459	0.00254	3	0.03125	0.002436
26	0.9957003	0.008782	4	0.046875	0.002831
27	0.9948247	0.007906	5	0.0625	0.0017
28	0.9994555	0.012537	6	0.078125	0.000227

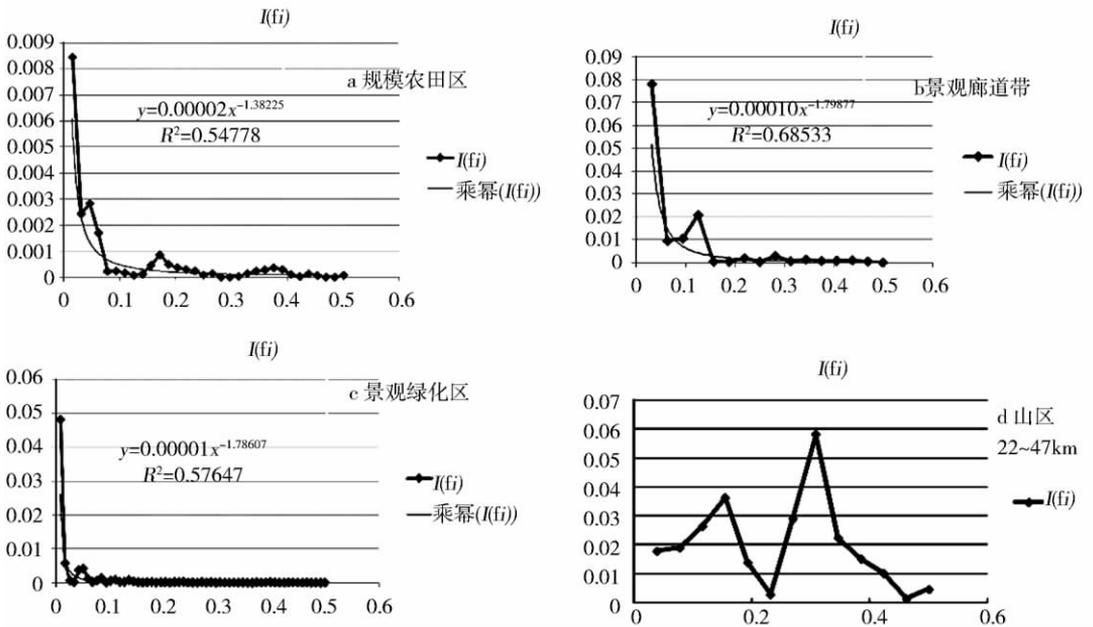


图 3 四种耕地类型圈层的波谱图

Fig. 3 The spectrogram of 4 cultivate land types

4.3 分形及 Hurst 指数的分析

空间分形是需要一定基础条件和具体研究方法的^[21~24]。在一些分析软件的参数设置不明确、机械地使用分形方法进行分析的情况下，往往容易得出错误的结论。对于北京郊区农业区的耕地，其各圈层的经济评价值（突出表现为经济产出）实际是单位面积耕地（二维）上的一维经济产出的评价值数据，所以不用进行开二次方处理。在明确这一点后，本文对五种耕地类型的频率、波谱数据进行幂函数拟合（见图 3 中检验函数及其拟合曲线，山区的检验函数略），并进行了空间维数和 Hurst 指数的计算，其计算公式^①如下：

$$\beta = 5 - 2D \tag{1}$$

$$D = 2 - H \tag{2}$$

①陈彦光. 地理数学方法及其应用 (2008). 北京大学内部讲义, 487.

式中 β 、 D 、 H 分别表示波谱指数、自仿射记录维数以及 Hurst 指数。从结果看, 只有规模农田区和景观廊道带的拟合函数通过了数学检验, 但仍需进一步验证。

5 结果分析

5.1 规模农田区

5.1.1 空间自相关分析 该类型耕地包括 18~88km 共计 71 个圈层的原始数据, 斑块数量超过 10.4 万个, 占京郊耕地总斑块数的 46.0%; 面积超过 218000 万 hm^2 , 占总面积的 51.7%, 是京郊耕地经济产出的主力。与 DEM 图以及北京农业规划布局的有关研究相对应^[17,25], 这类耕地主要从事着粮、菜、畜牧、油等主要农产品的生产, 其农业生产功能突出。它很大程度上可反映京郊耕地经济属性的总体特点。本文首先对这类耕地进行了空间自相关分析, 分析显示规模农田区从近郊到远郊具有空间相关性, 可以进行波谱分析乃至进行分形研究。

从表 1 中及其自相关系数柱状图 (图 2a) 可看出, 在 95% 置信度水平上可以相信, 这是一个平稳性序列, 即京郊规模农田区是一个相对均匀的区域。这决定了本文可进行周期图 (空间上的波谱) 的分析 (周期性即广义平稳性, 且图上具有较小的正弦波动)。分析还显示, 该类型耕地具有一个为 6 的时滞 (见表 1 中 *BOX-LJUNG* 列与卡方值列的数值比较), 即第 i 圈层的农业生产的经济属性可影响到第 $i+6$ 圈层。从图 2a 可看出, 整体上这是一个倾向于非线性序列 (耕地的经济属性本身就是一个非线性系统) 和正弦函数叠加的结果^[26]。

5.1.2 23~86km 圈层的波谱分析 本分析剔除了位于近中心城区端的 18~22km 圈层 (受城市化影响比较明显, 完全处于城市化影响圈层)、87~88km 圈层 (属于山区, 斑块数量只有 26 和 5 个, 处于传统农业影响的圈层) 的该类耕地, 而以斑块数量大、圈层比例高的 23~86km 圈层作为其整体的替代。

通过表 2 和图 3a, 可得出结论: (1) 在规模农田区 23~86km 的区域出现了两个频点尖峰, 其中第一个尖峰形成一个 21.33 的周期, 其 Fisher 统计量为 0.22426, 通过检验; 第二个尖峰处的 Fisher 统计量为 0.08769, 没有通过检验。需说明的是, 第 1 个频点的周期为 79, 等于数据长度, 给予忽略 (后面类似数据都如此处理, 不再赘述)。基于以上分析, 可认为规模农田区的经济产出是一个单周期序列; 在该区域约每隔 21.33km, 规模农田的经济产出会发生一个周期性的波动。由于规模农田区从第 23km 圈层起, 所以认为范围约在 23~44km、44~66km、66~86km 三个圈层带的该类耕地的经济属性有一定差别。(2) 规模农田区主频出现一个 21.33km 的现象, 也一定程度表明自相关系数的柱状图 (图 2-a) 上较小的正弦波动的存在, 得出了北京郊区耕地宏观上存在着 23~44km (基本相当于近郊平原地带), 44~66km (远郊平原地带), 66~86km (山区地带) 三个主产区的初步结论。(3) 自相关系数柱状图总体呈较强稳定性的特点, 说明在京郊规模农田区内并没有产生较大的经济产出差异。(4) 京郊规模农田区耕地经济产出的空间差异, 是在与北京城乡功能的空间布局的互动过程中产生的, 否则不会产生耕地的自然适宜度和经济适宜度不完全吻合的现象。

5.1.3 分形及 Hurst 指数的分析 由公式 (1)、公式 (2), 京郊规模农田区的 β (1.38225) 数值由拟合幂函数给出, 进而得到其自仿射记录维数 (1.8083) 和 Hurst 指数 (0.1911)。而这些指数都处于产生分形所需的范围之内^[8]。所以本文认为, 单就京郊

规模农田区的粮、菜、畜牧业耕地的空间分布来看，它已经具有了分形特征。这是由于大都市的发展使该类耕地在土地结构配置上产生了空间复杂性所致，也表明其经济产出的空间差异是符合杜能农业区位论的^[27~28]。Hurst 指数显示该类耕地具有一定的空间长程负相关，即在高经济产出的规模农田区圈层附近，相邻圈层该类耕地的经济产出减弱，从而产生一定的经济产出波动区。

5.2 景观廊道带

景观廊道带耕地包括 18~70km 共计 53 个圈层的原始数据，斑块数量超过 2.3 万个，占京郊耕地总数的 10.2%；面积超过 51000 万 hm^2 ，占总面积的 12.1%。它有生态廊道、廊道农业、观光/设施农业、花卉苗木、果生产等多种形式，是生态、景观、经济功能并重的耕地类型。

5.2.1 空间自相关及 39~70km 圈层的波谱分析： 本文对这一区域进行了空间自相关的分析，分析显示景观廊道带的耕地具有空间相关性（具体过程如 3.1.1，略；以下仅提供空间自相关系数的柱状图，图 2b），可进行波谱分析。

本文首先对全部 53 个圈层做了波谱分析，并进一步根据非线性曲线的拟合情况、实际状况选择 39~70km 共 32 个圈层作为主要研究对象。53 个圈层的分析显示存在着一个 7.4km 的波谱，而 32 个圈层的分析则显示存在着一个 8.0km 的波谱，两者基本接近。不妨把 18~38km 景观廊道带内的该类耕地看作一个整体进行定性分析，而 39~70km 圈层则主要进行量化的波谱分析。

在 18~38km 的景观廊道带内，该类耕地斑块的数量和面积由内向外明显增加；计算其经济适宜性，由内向外其经济功能也是逐渐增强的。究其原因，是因为这类耕地不同程度参与了北京多种规划，使之受城市规划等的影响较强，其自身经济产出的特性并没有完全显现出来，相反它的景观功能、生态功能却得到很大程度的发展^[7~9,13]。正是因为 39~70km 的圈层存在一个 8.0km 的波谱（其 Fisher 统计量为 0.39832，通过检验；第二个尖峰的 Fisher 统计量没有通过检验），说明这是一个单周期序列。从而产生了 39~47km、48~55km、56~63km、64~70km 四个景观廊道的子带。而且由于景观廊道承担城乡功能的任务比较大，所以其空间演变很大程度上可以反映城乡功能的空间组合和演变规律。5 个子带（加上 18~38km 圈层带）的划分将为后面总结北京郊区农业区的多功能演变、京郊农业的空间演变提供直接的证据，并将加强对北京郊区农业区社会经济属性的空间分布、组合的进一步认识。

5.2.2 分形及 Hurst 指数的分析 本文采取了对 39~70km 圈层的频率、波谱数据进行拟合（图 3-b），幂函数的拟合优度为 0.6853。考虑到以下原因，不妨先计算其相应的分形维数：（1）降低置信度水平或许可能出现分形特点；（2）即使都市农业区（景观廊道带属于该类型）具有分形性质，其复杂程度也不应大于城市体系，在拟合过程中出现拟合优度偏低的现象也属正常；（3）由于目前针对农业区进行基于严格数理分析的分形研究（非机械操作 GIS、景观等软件）还较少，可供参考的资料还不多；（4）景观廊道带作为城市规划的一部分，有可能具有分形特征。

分析结果显示，景观廊道带经济产出的自仿射记录维数为 1.6006，具有一定的空间复杂性，这应是受中心城市发展影响所致。Hurst 指数为 0.3994，具有一定的空间长程负相关，但与规模农田区相比，该负作用相对较小、局域性更强。放在宏观的城乡多功能协调发展的背景看，该类耕地（廊道农业、设施农业等）并非单一追求产品的经济产出，

其景观、生态功能的局部改善,将极大地促进区域生态—经济—社会综合效益的提高。本文认为,这源于北京发展过程中景观改造、生态建设与农业发展、城市扩张引起的矛盾同时作用于景观廊道带的耕地上所致,其必然产生空间结构的分形特点。

5.3 景观绿化区

景观绿化区是跨圈层最多(6~126km 圈层)的一类耕地,也是北京在进行农业生产的同时营造景观、改善生态环境的重要区域。景观绿化区的斑块数量超过 7.3 万个,占京郊耕地总数的 32.3%;面积超过 115000 万 hm^2 , 占总面积的 27.3%。仅次于规模农田区而成为规模居于第二位的耕地类型,是形成京郊耕地空间特点的重要力量。该类耕地包括苗圃设施农业、生态公园、大农业绿色产业、绿色畜牧业等形式。

剔除 6~8km 圈层数量极少的耕地斑块(7 块),本文选择了 9~126km 圈层范围内的该类耕地作为研究对象。从图 2c、图 3c 可看出,该类耕地所跨圈层没有周期可言,即本类型耕地的经济产出没有周期性波动。既然这是一个匀质化的区域,也就不会产生分形了。

5.4 美化农田区

美化农田区的耕地只分布在 6~18km 的圈层内,数量较少(只约有 1000 个斑块),属于深受城市影响的绿化隔离带,实际就是镶嵌在“水泥丛林”中的人造景观。就目前看来,美化农田区主要以城市绿化带、公园等形式存在,主要是起美化环境、增强自然景观、改善城市生态环境的作用,所以其经济产出非常小。鉴于它不具备典型农用地经济产出的特点、只分布于城市建成区、主要受城市规划影响和数据太少的原因,本文不做相应的分析。

5.5 山区

山区的耕地跨 22~126km 共 105 个圈层,是北京城市功能区规划中很重要的一个区域,它分布于各级城镇的最外围,是比较典型的农业区。山区的斑块数量超过 2.4 万个,占京郊耕地总数的 10.9%;面积超过 35400 万 hm^2 , 占总面积的 8.4%。这一类型耕地包括生态公园、绿色畜牧业区、农业示范区等,它侧重生态功能的建设和经济收入的提高。

5.5.1 空间自相关分析 从空间自相关分析中可以看出(图 2d),远郊山区的经济产出是一个周期性比较明显的序列,其正弦波动特征也比较明显。而且本序列具有 1 阶时滞,只对邻近的耕地斑块有影响,而对其他圈层的本类型耕地没有影响。这说明它很可能处于一种离散的耕地空间状态,而不具备分形的特征。在进一步的曲线拟合过程中,发现它还可以地分为 22~47km(近郊)、48~126km(中远郊)两个次级环带。

5.5.2 22~47km 圈层的波谱分析与分形及 Hurst 指数 在以近郊为主的 22~47km 的圈层范围内,波谱分析显示它出现了两个主频(3.25km、6.5km),其 Fisher 统计量(0.2251、0.1815)都通过了检验(图 3d)。两者叠加在一起共同形成这一圈层的空间特征,于是形成了 22~32km、32~42km、42~47km 三个子带。分形计算中发现它不具备分形特征,也就是说,近郊该类耕地的经济产出处于离散状态。两种分析相结合,本文认为三个子环带也是互相独立的。参考笔者以前的研究,本文认为 32~42km 是北京第二个非农产业集中分布区,这或许是影响这一子带农业投入、农业产业布局等因素的重要原因,也明显区别于其它两个子带。但总体来看,22~47km 圈层是北京农业生产的主产区,城市化影响明显(如出现 3.25km 周期),使之在经济投入—产出方面出现了一些短程的波动。只不过由于距离各级城镇较远、农田保护较好,从而没有呈现分形特征。

5.5.3 48~126km 圈层的波谱分析

与分形及 Hurst 指数 中远郊 48~126km 的圈层范围环带内出现了若干尖峰频点 (图 4), 其中第一、二尖峰频点对应的 Fisher 统计量 (0.3504、0.1437) 通过检验, 周期存在。从而证明这是一个双主频 (12.9km 和 21.0km) 的空间序列, 并形成了 48~75km、76~102km (本文把其扩展到 76~126km) 两个子带。在分形研究中, 发现后者的 48~87km 圈层具有分形特征 (自仿射记录维数为 1.7277)。对照北京地形图, 发现这

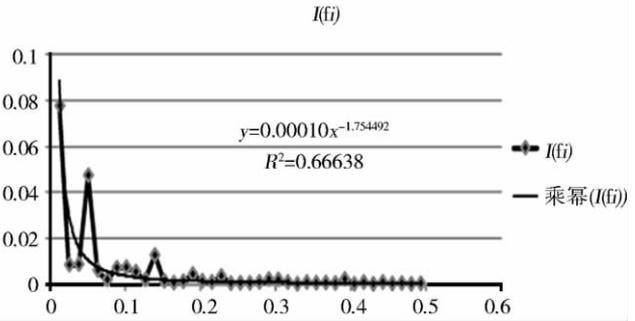


图 4 中远郊山区 48~126 圈层空间自相关系数的柱状图
Fig 4 The spatial autocorrelation coefficient histogram of 48~126 km circle of central suburbs and mountainous area

可能是耕地随散乱的丘陵、呈南北走向的山地及因此而产生的水系的分布而照成的。自然科学已经证明, 地形、水系是具有分形特点的。而 Hurst 指数 (0.2723) 显示该环带的该类耕地具有较强的空间长程负相关, 这倒是可用耕地之间为丘陵、山地从而造成了这一区域的经济产出较低来解释。

6 结论

6.1 各类耕地圈层间的功能组合

在上述北京郊区农业区空间结构分析的基础上, 本文把五种耕地类型的空间分布进行了对比 (图 5)。从各类耕地所跨的圈层分布来看, 作为生态建设、景观营造的重要形式, 景观绿化区 (6~126km) 纵贯所有耕地圈层, 不仅是京郊重要的广义农业区, 还实现着一项重要的城乡功能——营造舒适的城市景观、田园景观。从 18km 开始, 真正具有经济生产功能的规模农田区 (18~88km)、景观廊道带 (18~70km) 才开始出现, 而且后者的跨度小于前者, 并与城乡规划中的山区生态涵养发展区连成了一体。京郊山区的耕地 (22~126km) 跨越所有狭义上的农业区圈层, 它在实现着耕地农产品经济产出的同时, 还承担着北京郊城乡职能——保障北京这一人口超过 1800 万人的国际大都市农业区的重要市的生态安全。美化农业区 (6~18km) 完全分布于城市建成区, 实际属于城市绿化隔离带中的一部分; 它具有美化城市、净化环境、调节居民生活方式的重要作用, 同时对于缓解城市发展与土地规划之间的矛盾具有一定的协调作用。

另外, 图中用不同的颜色表示了各耕地类型内部的子带, 以此进一步对照不同圈层耕地子带的分布情况。山区耕地的后退, 表明其经济产出弱于同圈层的规模农田区。由于经济利益和城市规划的作用, 规模农田区、景观廊道带都向城市建成区有一定的渗透 (由理论分析的第 22km 或 23km 圈层推进到实际的第 18km 圈层)。

6.2 各圈层城乡功能的组合

从农业生产、生态建设、景观营造等城乡功能综合考虑, 本文认为京郊基本的农业圈层应是景观绿化区, 这是京郊生态建设的需要。而农业生产功能是弱于生态功能而居第二位的功能, 所以规模农田区必然要以生态功能为基础, 努力实现农业生产功能的最大化 (图 5)。生态涵养是北京进行生态建设的另外一个重要形式, 它附着于山区、景观绿化

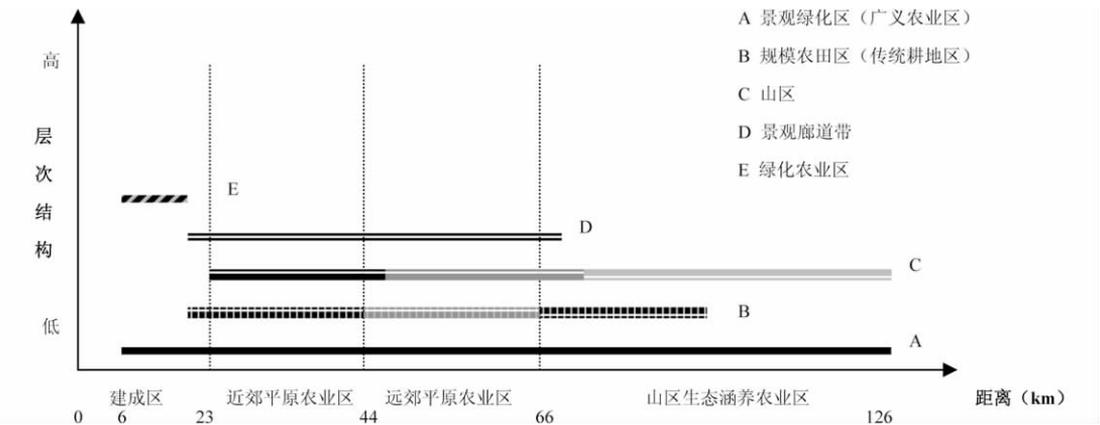


图 5 北京郊区农业区 5 类耕地的圈层分布示意图

Fig 5 The spheres' distribution of 5 types of cultivated land in Beijing suburbs

区、规模农田区耕地的圈层之上。绿化农业区、景观廊道带则带有明显的景观功能，它附着于前三种耕地的圈层之上。

基于经济产出而得出的京郊耕地圈层结构实际是区域城乡发展功能的空间反映，已经超出了单纯的农业生产的范畴。它是非农业生产功能、现代农业生产功能、景观与休闲功能、生态服务功能、社会服务与保障功能的综合反映。这种反映并不是被动的，其自身的经济产出也影响着北京郊区农业区的社会经济基础。于是本文在原有研究的基础上，希望通过以上分析进一步明确北京郊区农业区城乡功能辐射范围的具体位置，以为各种规划、研究提供较为详细的北京郊区农业区城乡功能推移路线图。文献 [3] 中的图 3 是作

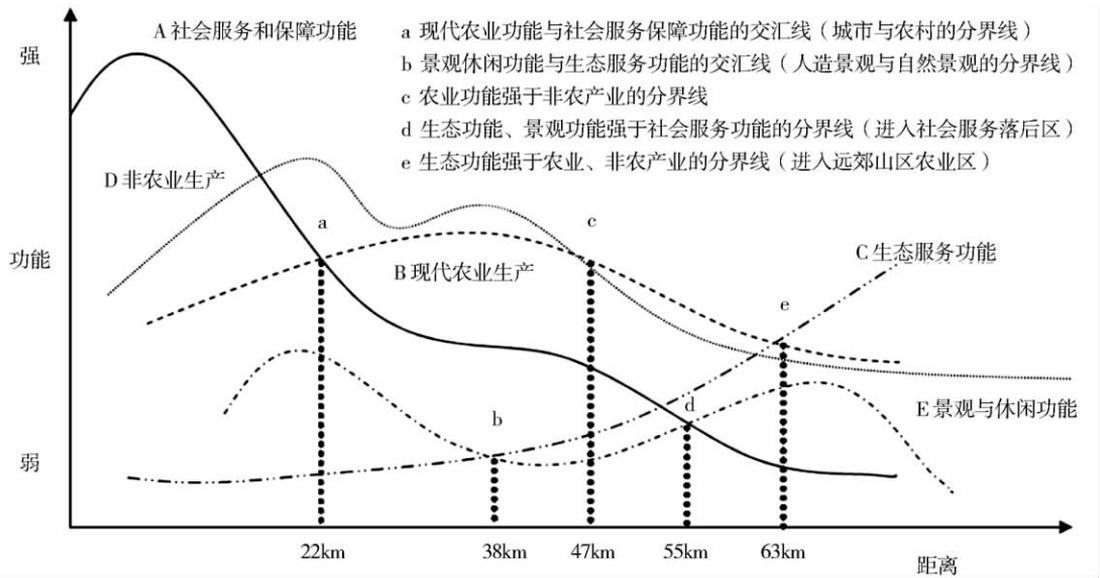


图 6 北京郊区农业区多功能推移及空间界线示意图

Fig 6 The multifunctional transition pathway and the space boundaries of suburban agricultural areas in Beijing

者根据已有研究,分别把总结出来的单一城乡功能按照其空间变化趋势、多种功能的关系叠置在一起绘制出来的。现在可以进一步用图6来表示2007年前后北京郊区农业区多功能推移及其空间界线。

6.3 京郊农业区耕地的分形讨论

本文尝试分析北京郊区农业区的分形特征。本文基于经典(传统)数理分析方法所计算的结果显示,京郊不同类型耕地的经济产出的分形特征并不相同(本结论不针对其自然、生态空间特征):(1)规模农田区、景观廊道带、中远郊山区的耕地(斑块数量约占总数量的67.1%,面积约占总面积的72.2%)具有明显的空间分形特点,这主要是由于受城市发展、自然条件、距离等因素的影响而引起的。(2)景观绿化区、美化农田区的耕地(斑块数量占总数量的32.9%,面积占总面积的27.8%)及其经济产出没有形成自组织临界性(SOC)及有序的发展状态,整体不具备分形所拥有的公度性。(3)京郊耕地整体处于一种离散、连续和具有共度性、没有公度性的融合状态;这说明其复杂程度没有北京中心城市及城镇体系复杂,北京郊区的城乡功能结构(图6)和空间结构(图5)相对来说也是比较清晰的。(4)经典(传统)数理分析方法仍然是适用于北京郊区农业区研究的重要手段,所以简单利用既有GIS、景观类软件中分形功能的默认参数所计算的有关结果并不完全可靠,还需要进一步明确其内部结构和空间分布规律。

参考文献:

- [1] 刘彦随,刘玉,翟荣新.中国农村空心化的地理学研究与整治实践.地理学报,2009,64(10):1193~1202.
- [2] 王鹏飞.大城市地区农村改革的政治生态学分析.地理研究,2005,24(3):453~463.
- [3] 宋志军,刘黎明.北京市城郊农业区多功能演变的空间特征分析.地理科学,2011,31(4):427~433
- [4] 杨志新,郑大玮,文化.北京郊区农田生态系统服务功能价值的评估研究.自然资源学报,2005,20(4):564~571.
- [5] 邱化蛟.北京市都市农业的可持续性分析与评价.北京:中国农业大学博士学位论文,2005.43~127.
- [6] 齐永华,张凤荣,吕昌河.大城市郊区农户要素投入特征及差异分析.资源科学,2007,29(4):13~17.
- [7] 宋志军,刘黎明.我国现代城郊农业区的功能演变及规划方法研究.中国农业大学学报,2010,15(6):120~126.
- [8] Chen Yanguang. Exploring fractal parameters of urban growth and form with wave-spectrum analysis. Discrete Dynamics in Nature and Society, 2010, doi:10.1155/2010/974917.
- [9] 姜世国,周一星.北京城市形态的分形集聚特征及其实践意义.地理研究,2006,25(2):204~213.
- [10] 关小克,张凤荣,郭力娜.北京市耕地多目标适宜性评价及空间布局研究.资源科学,2010,32(3):580~587.
- [11] 刘春霞,朱青,李月臣.基于距离的北京制造业空间集聚.地理学报,2006,61(12):1247~1258.
- [12] 谈明洪,朱会义,刘林山.北京周围建设用地空间分布格局及解释.地理学报,2007,62(8):861~869.
- [13] 梁进社,楚波.北京的城市扩展和空间依存发展—基于劳瑞模型的分析.城市规划,2005,29(6):9~14.
- [14] 郭馨梅,李佳.加速转型期北京居民收入差距实证分析.北京工商大学学报:社会科学版,2007,22(2):81~87.
- [15] 温铁军,温厉.中国的“城镇化”与发展中国家城市化的教训.中国软科学,2007,12(7):23~29.
- [16] Zhao Pengjun. Managing urban growth in a transforming China: Evidence from Beijing. Land Use Policy, 2011, 28: 96~109.
- [17] 张凤荣,赵华甫,陈阜.都市型现代农业产业布局.北京:中国石油大学出版社,2007.
- [18] 文化,王爱玲,陈俊红.聚焦都市农业.北京:中国经济出版社,2005.
- [19] 钱静,律江.北京市城郊生态—循环—立体型都市现代农业.北京:农业科学技术出版社,2008:5~58.
- [20] 王鹏飞,鲁奇,傅桦.1980年以来北京农用地时空演变与驱动力.地理学报,2005,60(6):953~964.
- [21] Chen Yanguang, Lin Jingyi. Modeling the self-affine structure and optimization conditions of city systems using the idea from fractals. Contemporary Physics, 2009,41: 615~629.
- [22] Chen Yanguang. Derivation of the functional relations between fractal dimension of and shape indices of urban

form. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2011, 35(6):442~450.

- [23] 刘继生,陈彦光. 作为 CAS 的复杂城市地理系统的 SOC 性质. *地理科学*, 2007, 27(2):129~135.
- [24] 陈彦光,刘继生. 城市形态分维测算和分析的若干问题. *人文地理*, 2007, 22(3):98~103.
- [25] 李红. 北京平原区都市农业发展战略规划与分析. *生态经济:学术版*, 2009, (2):322~326.
- [26] 陈彦光. 基于 Excel 的地理数据分析. 北京:科学出版社, 2010.
- [27] 朱晓华,蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制. *地理科学*, 2005, 25(6): 671~677.
- [28] 张有全,宫辉力,赵文吉. 北京市 1990~2000 年土地利用变化机制分析. *资源科学*, 2007, 29(3):206~213.

Study on the spatial structure of cultivated land in Beijing based on the spectrum and fractal characteristics

SONG Zhi-jun^{1,2}, LIU Li-ming¹

- (1. Department of Land Resources Management, China Agricultural University, Beijing 100094, China;
- 2. Miyun Campus of Capital University of Economics and Business, Beijing 101500, China)

Abstract: The spatial structures of five types of cultivated land with various economic attributes in Beijing are analyzed in this paper based on natural attributes in the context of harmonious development of urban and rural functions. The spectrum analysis shows that the layout of different types cultivated land has different periodicity, and that they together form the spatial structure of macroscopic suburban agriculture, about 23-44 km (suburban plain), 44-66 km (exurb plain), 66-126 km (mountain) from Tian'anmen. Based on this analysis, the paper calculates the spatial dimension and Hurst index of four cultivated land types, and argues that the cultivated lands of landscape greening area, beautified farmland area and the 22-47 km circle of suburban mountainous areas do not have fractal characteristics. The development of scale farmland area is affected by distance, and landscape corridor belt is impacted by urban development, and the 48-126 km circle of central suburbs and mountainous areas is affected by natural conditions. The fractal characteristics of the cultivated lands of the three are obvious. On the whole, cultivated land in Beijing is in a discrete-continuous and commensurability - incommensurability integration status.

Key words: cultivated land; spatial structure; spectrum analysis; fractal characteristics; Beijing