

土地利用/ 土地覆被对人地系统的影响分析

——以河南省巩义市 3 个不同类型村为例

乔家君, 李小建

(河南大学黄河文明与可持续发展研究中心 河南大学环境与规划学院, 开封 475001)

摘 要: 运用盒子计数法分别计算了河南省巩义市吴沟村、滹沱村、孝南村三个不同类型村域各土地利用/ 土地覆被及村域所有土地类型的盒子数, 通过建立相应的回归模型, 求出调研村域各土地类型空间分布的分维值, 并讨论了其分形性质。通过各土地类型分维值与村域人地关系系统熵值的相关分析, 得出土地利用/ 土地覆被对人地系统具有较显著的影响。研究结果表明, 吴沟村、滹沱村、孝南村土地类型总体分维值依次增大, 分别为 1. 731 7, 1. 821 4, 1. 844 8。一般情况下, 随着村域社会经济发展水平的提高, 人类改造自然的能力得到显著增强, 土地覆被的破碎化程度也在逐渐加大。村域人地系统的稳定程度与村域土地利用/ 土地覆被的不规则性、破碎化程度呈负相关关系; 与村域中自然系统的土地利用类型呈现多样化的特征; 与村域中人工系统的土地利用类型呈高度负相关。

关键词: 土地利用/ 土地覆被; 人地系统; 巩义市
中图分类号: F 301. 24 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2006) 02-0091-04

Impact of LULC on Human-land Systems: a Micro-study
of Three Villages in Gongyi City, Henan Province

QIAO Jia-jun, LI Xiao-jian

(Key Research Institute of Yellow River Civilization and Sustainable Development, Henan University,
College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China)

Abstract: A micro-level input-output analysis on farming fields is important in understanding the human-land relationship in rural area. A survey was undertaken in the three villages of Wugou, Hutuo and Xiaonan in Gongyi city, Henan Province in April 2003. Data collected include some attributes for each type of land. Fractal dimension values of each type of land use and land cover and total value of the village surveyed are calculated at three villages of Wugou, Hutuo and Xiaonan in Gongyi city, Henan province in the year of 2002. By employing a corresponding regression model and calculating its value of fractal dimension of each types of land, their characteristics are discussed from some angles. By analyzing the correlation of the fractal dimension value and the system entropy of each village, the situation of land use and land cover has a remarkable effect on the human-land system of each village. Fractal dimension is the characteristic parameter which generally shows the information of the land cover and its changes and the threshold of fractal dimension is $0 < D < 2$, its value of the three village of Wugou, Hutuo and Xiaonan is ascending in turn, which is 1. 7317, 1. 8214, 1. 8448. In a general way, the broken degree of land cover declines along the increase in the level of social and economic development and the enhancement in the capacity of rebuild nature. The degree of stabilization of human-land system of village is negatively related with the irregular of land and the degree of broken. Which is also reflected on the relationship of nature system and manual one, but their expression is difference in many aspects.

Key words: land use and land cover; human-land systems; Gongyi city

土地利用/ 土地覆被(Land cover/Land use, LU/LC) 是区域人类活动的具体表现, 是区域承载容量的支撑, 是反映区域人地系统状况与发展的重要衡量指标^[1]。土地利用是人类根据土地的特点, 按一定的经济和社会目的采取一定的生物和技术手段, 对土地进行长期和周期性的经营活动。土地覆被是指自然营造物和人工建筑物所覆盖的地表诸要素的综合体, 包括地表植被、土壤、水体、沼泽湿地及各种建筑物

(如道路、房屋等), 具有特定的时间和空间属性, 其形态和状态可在多种时空尺度上变化^[2, 3]。但已有研究成果多偏向于宏观视角或定性分析。在研究尺度上, 往往侧重于国家^[4]、流域^[5]、城市^[6]等。在研究内容上, 往往侧重于人地关系地域系统的某一(些) 因子(子系统), 如气候变化^[4]、土壤侵蚀^[4]、森林变化^[4]、等自然系统, 人类活动^[4]、城市变迁^[4]、等人工系统。在研究方法上, 多以定性研究为主。本文拟解决如下问

¹ 收稿日期: 2005-05-26
基金项目: 国家自然科学基金重点项目“农户与地理环境相互作用下的中部农区社会经济协调发展研究”; 教育部科学技术研究重点项目“欠发达地区可持续发展监测调控机理研究”(02090) 资助
作者简介: 乔家君(1973-), 男, 副教授, 博士; 李小建(1954-), 教授, 博士。

题:(1)从微尺度解释土地利用/土地覆被的分形特点,探寻不同区位条件、不同经济发展水平下,区域土地利用/土地覆被的差异?(2)区域土地利用/土地覆被的不规则性、破碎化程度及其差异,以及这种差异对区域人地系统的影响?(3)区域土地利用/土地覆被的分形特征对区域自然、人工系统的关联程度及其差别?

1 研究区域概况

巩义市位于豫西北部,隶属于河南省郑州市,位于东经 112°49'~113°17'、北纬 34°31'~34°52',东西长 43 km,南北宽 39.5 km,总面积 1 052 km²。为暖温带大陆性季风气候,太阳辐射总量为 4.9×10⁵ J/cm²,积温在 4 300~5 200 ,光热资源丰富,可满足一年两熟作物生长需要;多年平均降水量为 583 mm,年内降水多集中于 7、8、9 三月,雨热同期的气候特点适宜作物生长的需要。自 20 世纪末巩义市连续 3 年被确定为全国百强县之后,2002 年又名列全国县域经济基本竞争力百强县第 55 名,是中西部地区最强的三个县市之一。2001 年巩义市有常住人口 79.32 万,外来人口超过 11 万人,人口密度高达 866 人/km²,人均耕地 0.043 hm²,其中旱地面积占 77.2%。

在本文所调研村域中,孝南村位于巩义市郊区、滹沱村位于地势较平坦的平原丘陵区、而吴沟村则位于该市南部的山区,其社会经济发展状况差异显著。其中孝南村、滹沱村、吴沟村经济发展水平依次降低;在人口增长率中,吴沟村呈负增长态势(年均下降-5.57‰),与当地居民外迁存在一定相关;滹沱村上升幅度居中,为 3.38‰,孝南村增长最快,年均增长 8.42‰。在 1990~2000 年间,吴沟村耕地面积增加 1.04 hm²,主要为农民陡坡开荒所致;滹沱村减少 8.44 hm²,主要是宅基地占用;孝南村减少 36.07 hm²,主要是巩义市城市化进程中非农建设所致。巩义市及所调查村域区位参阅有关文献^[11]。

2 资料来源与模型构建

2.1 资料来源与处理

为了获得调研村域土地利用与土地覆被的有关信息,作者于 2003 年 4 月带领 1 名博士生、1 名硕士生、8 名本科生前往三个调研村开展为期近 10 d 的实地调研工作(包括每户户籍簿、生产队分田记账簿等)以及巩义市国土资源局有关资料(如各乡镇土地利用现状图、国有资源分布图等),清绘了三个调研村 2002 年的土地利用现状图。

2.2 分维的计算

为了从区域总体角度揭示土地利用/土地覆被空间结构的分形特征,确定分维在村域的土地利用/土地覆被研究以及对村域人地系统的影响,本文采用盒子计数法来计算分维,并在此基础上讨论其分形性质。在村域土地利用类型中,村域聚落轮廓线、土地类型轮廓线等面状地物及河流、道路等线状地物均为不规则图形,不可能象规则分形(见冯长根等^[12]的论述)那样具有严格的自相似性。研究表明,对于这类不规则的几何对象,存在着近似的或统计意义上的自相似性,并且这种自相似性只存在于一定的尺度范围内。马建华等^[13]认为,这类无规则几何对象的分形存在着一个无标度区间,并称这类具有统计意义的分形为随机分形或无规分形。分维有多种计算方法,如容积维、关联维、信息维等^[14],其中容积维是最简单的分维计算方法。本文研究采用不断变换测量尺度来寻找无标度区间的办法,在无标度区间内通过建立测量尺度与小盒子数量之间的回归方程来求算容积维的计算方法(即盒子计数法),步骤如下:

第一步,将调研村域 2002 年土地利用类型图分割为 r

边长为的方格网,数出包含每一种土地利用类型图斑的方格个数 $N(r)$ 。

第二步,改变值,按照上述方法再数出包含每一种土地利用类型图斑的方格个数。依此类推,我们共选用了 10 种尺度的 r 值,并得到相应的 $N(r)$ 。

第三步,将序列值和相应的 $N(r)$ 值点绘到对数坐标图上,寻找每一种土地利用类型分布的无标度区间(即直线段对应的 r 值范围)。

第四步,在无标度区间内,根据各点之分布趋势,借助于 Excel 7.0 建立如下回归方程:

$$\ln N(r) = \ln c - D \ln r$$
式中: c ——表征各被测对象自相似性有关的一个常数,称自相似结构系数; D ——所要求算的分维。

2.3 不同测量尺度的盒子计算

按照以上所述步骤,我们得到调研村域 2002 年土地利用覆被图的各个测量尺度值以及小盒子数目值(表 1、2、3)。可以看出,各土地类型、各尺度的盒子数与土地覆被面积、形态等之间存在着一定关系。

表 1 吴沟村 2002 年各土地类型 $N(r)$ 表										
土地类型	测量尺度/63 m									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.5
旱地	16746	4528	2143	1297	878	627	490	389	262	140
有林地	4053	1136	553	324	230	174	132	108	81	46
灌木林地	3291	1574	444	262	187	135	108	92	68	37
未成林造林地	13290	3533	1671	998	680	494	377	306	228	112
居民点	1181	351	183	123	86	68	59	56	42	26
荒草地	2513	699	342	207	142	106	83	66	54	28
合计	41074	11821	5336	3211	2203	1604	1249	1017	735	389

表 2 滹沱村 2002 年各土地类型 $N(r)$ 表										
土地类型	测量尺度/63 m									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.5
旱地	3534	957	444	284	195	148	123	95	69	46
有林地	2483	697	358	227	156	118	93	73	55	35
居民点	11026	2883	1308	774	515	359	276	218	146	76
水浇地	45632	11366	5253	3035	1975	1396	1052	825	544	274
菜地	664	169	88	46	36	28	20	15	11	10
果园	2708	730	374	245	173	132	104	82	66	38
独立工矿	2337	652	327	188	124	101	81	56	47	27
特殊用地	354	74	36	19	12	13	11	8	7	2
其它未利用地	462	130	66	43	29	24	20	15	12	8
合计	69200	17658	8254	4861	3215	2319	1780	1387	957	516

注:表中数据下划线者为非标度区间以外的数据。

表 3 孝南村 2002 年各土地类型 $N(r)$ 表										
土地类型	测量尺度/63 m									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1.5
旱地	1618	378	195	120	82	54	42	34	27	15
居民点	38772	10115	4440	2596	1654	1111	874	686	481	234
荒草地	574	145	73	47	34	23	19	18	11	8
水浇地	26348	6892	3279	1861	1198	856	637	483	337	160
菜地	5579	1634	768	462	306	217	171	125	90	49
独立工矿	6042	1821	802	495	345	245	189	153	116	63
特殊用地	2286	552	274	164	105	73	59	44	34	19
水面	5531	1454	657	384	276	194	148	119	85	45
滩涂	1662	469	238	154	112	86	65	58	44	26
水工建筑物	90	27	16	14	6	8	4	6	4	2
公路用地	67	20	10	8	8	6	3	6	4	4
合计	88569	23507	10752	6305	4126	2873	2211	1732	1233	625

注:表中数据下划线者为非标度区间以外的数据。

3 不同土地类型回归模型

利用量算的土地类型格子数, 建立相应的回归模型, 求出调研村域 2002 年各容积维值(表 4、5、6)。

在吴沟村, 土地覆被类型的分维自大到小排序为: 旱地 (1.773 0)> 未成林造林地(1.758 0)> 灌木林地(1.740 7)> 有林地(1.666 8)> 荒草地(1.661 8)> 居民点(1.394 2)。说明, 吴沟村旱地分布最不规则、最复杂、覆盖度最高, 林地、草地规模及不规则形态次于旱地, 居民点的分布虽较零散, 但地形条件的限制, 使得其分布形态也呈现一定的规则特征, 导致其分维值较低(表 4)。

表 4 吴沟村 2002 年各土地类型分维表

土地覆被类型	回归方程	相关指数(R^2)	分维(D)
旱地	$\ln V(r)=5.5730-1.7730\ln r$	0.9991	1.7730
有林地	$\ln V(r)=4.3472-1.6668\ln r$	0.9961	1.6668
灌木林地	$\ln V(r)=4.1359-1.7407\ln r$	0.9832	1.7407
未成林造林地	$\ln V(r)=5.3492-1.7580\ln r$	0.9981	1.7580
居民点	$\ln V(r)=3.6397-1.3942\ln r$	0.9854	1.3942
荒草地	$\ln V(r)=5.8781-1.6618\ln r$	0.9958	1.6618
所有地类	$\ln V(r)=6.5521-1.7317\ln r$	0.9978	1.7317

在滹沱村, 土地覆被类型的分维自大到小排序为: 水浇地(1.896 1)> 居民点(1.850 0)> 菜地(1.703 8)> 独立工矿(1.669 6)> 旱地(1.626 9)> 有林地(1.596 2)> 果园(1.569 5)> 其它未利用地(1.513 0)> 特殊用地(1.461 0)。说明, 滹沱村的耕地属性也表现出与吴沟村相似的特征。而其它未利用地、特殊用地的形状比较规则, 使得其分维值较低(表 5)。

表 5 滹沱村 2002 年各土地类型分维表

土地覆被类型	回归方程	相关指数	分维
旱地	$\ln V(r)=4.2421-1.6269\ln r$	0.9916	1.6269
有林地	$\ln V(r)=4.0047-1.5962\ln r$	0.9949	1.5962
居民点	$\ln V(r)=4.9840-1.8500\ln r$	0.9990	1.8500
水浇地	$\ln V(r)=6.3015-1.8961\ln r$	0.9994	1.8961
菜地	$\ln V(r)=2.3824-1.7038\ln r$	0.9957	1.7038
果园	$\ln V(r)=4.1206-1.5695\ln r$	0.9944	1.5695
独立工矿	$\ln V(r)=3.7891-1.6696\ln r$	0.9941	1.6696
特殊用地	$\ln V(r)=1.7812-1.4610\ln r$	0.9561	1.4610
其它未利用地	$\ln V(r)=2.4555-1.5130\ln r$	0.9896	1.5130
合计	$\ln V(r)=6.8587-1.8214\ln r$	0.9983	1.8214

在孝南村, 土地覆被类型的分维自大到小排序为(表 6): 居民点(1.902 9)> 水浇地(1.893 1)> 特殊用地(1.788 7)> 水面(1.783 0)> 菜地(1.777 4)> 旱地(1.737 9)> 独立工矿(1.707 7) 滩涂(1.531 0)> 水工建筑物(1.349 0) 公路用地(0.974 6)> 荒草地(0.329 5)。

这主要因为孝南村紧邻市区, 居民住宅面积较大, 且较分散的特点, 而公路用地、水工建筑物、荒草地的分布比较简单, 且规模较小。

4 土地覆被的分形性质与村域人地系统

在调研村域土地覆被的总体分维值比较中, 吴沟村(1.731 7)< 滹沱村(1.821 4)< 孝南村(1.844 8)。随着社会经济 发展水平的提高, 人类改造自然的能力在逐渐增强, 一般情况下, 土地覆被的破碎化程度也在逐渐加大, 导致村域的人地关系亦变得复杂起来。就本文所比较的这三个调研村域而言, 村域土地覆被的分维值与村域经济总体发展水平(以工农业总产值表示)、村域经济平均水平(以人均纯收入表示)、村域消费水平(以户均生活性消费额表示)之间的相

关系数依次为 0.678, 0.998, 0.996。是否可以认为, 村域土地覆盖分布的复杂程度与其经济社会发展水平呈一定的正相关关系。

表 6 孝南村 2002 年各土地类型分维表

土地覆被类型	回归方程	相关指数	分维
旱地	$\ln N(r)=3.2169-1.7379\ln r$	0.9937	1.7379
居民点	$\ln N(r)=6.1305-1.9029\ln r$	0.9987	1.9029
荒草地	$\ln N(r)=5.3203-0.3295\ln r$	0.9643	0.3295
水浇地	$\ln N(r)=5.7985-1.8931\ln r$	0.9997	1.8931
菜地	$\ln N(r)=4.5089-1.7774\ln r$	0.9989	1.7774
独立工矿	$\ln N(r)=4.6964-1.7077\ln r$	0.9969	1.7077
特殊用地	$\ln N(r)=3.4783-1.7887\ln r$	0.9954	1.7887
水面	$\ln N(r)=4.4040-1.7830\ln r$	0.9975	1.7830
滩涂	$\ln N(r)=3.7180-1.5310\ln r$	0.9934	1.5310
水工建筑物	$\ln N(r)=1.2339-1.3490\ln r$	0.9600	1.3490
公路用地	$\ln N(r)=1.2690-0.9746\ln r$	0.8099	0.9746
所有地类	$\ln N(r)=7.0819-1.8448\ln r$	0.9987	1.8448

土地覆被的分维客观反映了其空间分布状况, 与其空间分布的不规则性和破碎性有关。那么, 土地覆被的面积大小、斑块数量是否可以反映土地覆被空间分布的这种属性呢? 为此, 笔者列出 2002 年各调研村域土地覆被类型的分维、总面积、斑块数量和平均斑块面积(表 7、8、9)。

表 7 吴沟村分维与面积和斑块数量之间的关系

土地覆被类型	分维(D)	面积/ hm^2	斑块数量	平均斑块面积/ hm^2
旱地	1.7730	59.98	1	59.98
有林地	1.6668	13.62	5	2.72
灌木林地	1.7407	11.02	3	3.67
未成林造林地	1.7580	44.27	4	11.07
居民点	1.3942	3.52	8	0.44
荒草地	1.6618	8.59	2	4.30
所有地类	1.7317	141.00	23	6.13

进一步分析可知, 三个调研村域土地覆被总体分维值与村域面积、平均斑块面积呈正相关关系, 相关系数分别为 0.97, 0.81。但三个调研村域各土地覆被的分维值与上述两因子关系并不十分明显。土地覆被分维的大小与其面积、斑块数量以及平均斑块面积等单项指标并没有直接联系, 它是三者有机结合的综合表现。

表 8 滹沱村分维与面积和斑块数量之间的关系

土地覆被类型	分维(D)	面积/ hm^2	斑块数量	平均斑块面积/ hm^2
旱地	1.6269	16.63	5	3.33
有林地	1.5962	7.49	3	2.50
居民点	1.8500	36.18	3	12.06
水浇地	1.8961	146.04	2	73.02
菜地	1.7038	1.96	1	1.96
果园	1.5695	6.92	7	0.99
独立工矿	1.6696	7.77	5	1.55
特殊用地	1.4610	0.71	1	0.71
其它未利用地	1.5130	1.34	1	1.34
合计	1.8214	225.04	28	8.04

根据有关学者研究成果^[15], 吴沟村、滹沱村、孝南村人地系统和谐程度(以系统熵表示, 熵值越小, 系统越稳定)有着明显的差异, 2002 年依次为- 0.017, - 0.256, 0.073。其中, 滹沱村人地关系系统相对和谐, 系统熵值为- 0.256, 居三个调研村中最低。这主要得益于该村域人地关系系统内部、外部共同影响的结果。该村内占地近 15 hm^2 的宏发养猪场及其它小型养猪场, 拥有固定资产超过 200 万元, 不但为本村带来直接的经济效益, 而且也产生丰厚的有机肥, 对环

境的负面影响相对较小。本村内, 有全国重点保护文物, 由此形成的良好的村域文化氛围, 对促进该村经济发展起到一定的积极影响, 对村域社会的发展也起到一定的带动作用。大多数村民外出跑运输、搞建筑、打工等为本村域人地关系系统输入大量资金。村域内几乎没有工业企业, 附近也相对较少, 对本村环境有着积极的贡献。吴沟村人地关系系统也较协调, 村域人类活动无序程度小于村域的承载容量。该村西、南、东三面紧邻面积较大的巩义市林场, 对调节局部地域气候条件起到一定的积极影响, 对提高村域承载能力起到一定的积极贡献。同时, 该村域人口密度较低, 造成村域内人类活动强度相对较小。但本村石料资源的开采, 在很大程度上破坏了原有的生态平衡, 使得比较脆弱的人地关系将趋于紧张。2002 年, 孝南村人地关系系统熵值为 0. 073, 人地关系系统相对失调。该村人类活动无序程度已超过村域承载容量的 7. 57%。

表 9 孝南村分维与面积和斑块数量之间的关系				
土地覆被类型	分维(D)	面积/hm ²	斑块数量	平均斑块面积/hm ²
旱地	1. 7379	4. 99	1	4. 99
居民点	1. 9029	122. 73	2	61. 37
荒草地	0. 3295	1. 69	1	1. 69
水浇地	1. 8931	83. 66	2	41. 83
菜地	1. 7774	19. 56	1	19. 56
独立工矿	1. 7077	22. 54	8	2. 82
特殊用地	1. 7887	6. 72	1	6. 72
水面	1. 7830	17. 08	1	17. 08
滩涂	1. 5310	4. 57	1	4. 57
水工建筑物	1. 3490	0. 27	1	0. 27
公路用地	0. 9746	0. 19	1	0. 19
所有地类	1. 8448	284. 00	20	14. 20

我们把不同土地覆被类型的分维值与村域人地系统熵做相关分析, 得出如下结论: (1) 村域人地系统的稳定程度与村域土地利用/ 土地覆被的不规则性、破碎化程度呈负相关关系, 也就是说, 随着村域社会经济的发展, 一般而言, 村域

参考文献:

[1] Miller R B. Interactions and collaboration in global change across the social and national sciences[J]. Ambio, 1994, 23 (1): 19– 24.

[2] 史培军, 宫鹏, 李晓兵, 等. 土地利用/ 土地覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 2– 39.

[3] Bouman B A M, Jansen H G P, Schipper R A, et al. A framework for integrated biophysical and economic land use analysis at different scales[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 1999, 75(1): 55– 73.

[4] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1– 12.

[5] 卢金发. 土地覆被对黄河中游流域泥沙产生的影响[J]. 地理研究, 2003, 22(5): 571– 578.

[6] 赵晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究, 2004, 23(2): 137– 146.

[7] Dale V H. The relationship between land– use and climate change[J]. Ecological Application, 1997, 7(3): 753– 769.

[8] 朱连奇, 许叔明, 陈沛云. 山区土地利用/ 覆被变化对土壤侵蚀的影响研究[J]. 地理研究, 2003, 22(4): 432– 438.

[9] 马克明, 祖元刚. 植被格局的分形特征[J]. 植物生态学报, 2000, 24(1): 111– 117.

[10] Bilborrow R E, Okoth– Ogendo H W O. Population driving change in land use in developing countries[J]. Ambio, 1992, 21(1): 37– 45.

[11] 乔家君, 丁鹏飞. 村域农田系统能量投入产出特征比较研究——以河南省巩义市 3 个不同类型村为例[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 139– 146.

[12] 冯长根, 李后强, 祖元刚. 非线性科学的理论, 方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 1997.

[13] 马建华, 赵庆良, 韩晋仙, 等. 河南省洛宁县森林覆被及其变化的分形分析[J]. 资源科学, 2002, 25(2): 14– 19.

[14] 黄润生. 混沌及其应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2000. 90– 112.

[15] 乔家君. 典型农区村域人地系统定量研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005. 87.