

基于分形的宁安市土地利用变化及驱动力研究

杨凤海¹, 程光大¹, 王盼盼², 邸延顺¹, 赫轩¹, 吕景峰¹

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030; 2. 东北大学 土地管理研究所, 沈阳 110169)

摘要:以黑龙江省宁安市为研究区,以1991—2010年3期遥感影像为数据源,基于分形理论,在RS、GIS技术支持下,运用空间统计分析和综合因素分析法分析研究区土地利用变化特征及其驱动力,以期揭示土地利用变化规律及其影响因素。结果表明:(1)1991—2010年研究区的土地利用发生了普遍的变化,耕地和建设用地的面积逐年增加,林地和草地的面积逐年减少,水域和其他用地的面积保持相对稳定。耕地面积的增长主要来源于林地;建设用地主要增量来源于耕地,林地转移方向主要为耕地,其增量主要来源于草地。草地面积逐年减少,其主要转移方向是耕地和林地,其增量主要来源于林地。(2)1991—2010年宁安市整体的分维数值处于上升趋势,稳定性是下降态势,水域的空间结构最复杂,耕地和建设用地的空间结构较为简单。水域结构复杂,稳定性强;耕地和林地结构先复杂后趋向稳定;草地和建设用地结构越来越复杂,趋于不稳定;其他用地结构简单,趋向稳定。(3)引起研究区土地利用变化的主要自然因素是灾害与气候特征,社会经济发展、人口因素、居民生活水平和技术进步是研究区土地利用变化的主要人为驱动力,人为因素的驱动力度在逐年加强。

关键词:土地利用分形特征;宁安市;分形理论;驱动力

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)02-0280-07

Study on Land Use Change and Its Driving Forces in Ning'an City Based on Fractal Theory

YANG Fenghai¹, CHENG Guangda¹, WANG Panpan², DI Yanshun¹, HE Xuan¹, LÜ Jingfeng¹

(1. School of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University,

Harbin 150030, China; 2. Institute of Land Management, Northeast University, Shenyang 110169, China)

Abstract: We took Ning'an City in Heilongjiang Province as the study area. Based on the three periods of remote sensing images from 1991 to 2010, we investigated the quantitative and structural changes, land use changes characteristics using the fractal theory of the study area by RS, GIS, spatial statistical analysis and synthesis factor analysis method in order to reveal the pattern of land use change and its influencing factors. The results showed that: (1) during the period from 1991 to 2010 land use in the study area generally changed, farmland and construction land area increased year by year, decrease of the area of woodland and grassland, water was found, and the other land area remained relatively stable, increase of arable land mainly was shifted from woodland; incremental construction land was mainly shifted from farmland, forestland transfer direction was mainly towards farmland, and was mainly shifted from its incremental grassland, grassland decreased year by year, its main transfer direction was towards farmland and woodland, its increment was mainly shifted from woodland; (2) during the period from 1991 to 2010, Ning'an overall value of the fractal dimension rose, the stability presented the downward trend, the spatial structure of waters was the most complex, spatial structures of arable land and the construction land were relatively simple, structure of waters was most stable; farmland and woodland structures tended to be stable after the first complexity; structures of grassland and construction land were more complex, and tended to be unstable; simple structure of other sites tended to be stable; (3) the main natural factors of land use change were the hydrological and climate characteristics, government decisions affecting land use change direction, the socio-economic development, demographic factors and technological progress were the main driving forces on human land use change, human factors driving strength became great year by year.

Keywords: fractal analysis of land use; Ning'an City; fractal theory; drive force

土地利用作为现代地理学主要研究的内容,与“人口—经济—环境”等复杂问题息息相关。土地利用是基于自然条件、人为影响和社会因素共同作用下的在时间和空间意义上最具典型的复杂地理事象,其在结构上具有一定的自相似性,是十分典型的分形结构^[1]。根据分形理论,将土地利用作为复杂系统进行研究,打破传统的统计意义,依据分维数原则从斑块结构的周长和面积推算出其隐含的信息。从而揭示土地利用空间结构变化的过程,可以进一步说明土地利用类型变化的内在复杂程度和稳定程度^[2-4]。基于分形的土地利用变化研究能够弥补传统方法对于其在面积周长等结构属性统计以及景观指数、TOPSIS等方法对土地利用结构表达的不足,已经成为土地利用/覆被变化(LUCC)研究的一个重要内容。目前,国内外关于土地利用时空变化分析研究主要采用的数量指标有动态度、转移矩阵、景观格局指数等^[5-7],对于土地利用类型进行数量、形状、面积及其相互转换等方面的研究^[8-10];关于分形特征的研究,主要集中在土地利用结构分形维数(边界维数、半径维数和信息维数等)的应用研究^[11-13],以期更好地定量表达各土地利用类型的形状特征、分布特征与集聚特征。随着分形理论在土地利用研究中的不断深入,土地利用分形特征研究向着系统化和机制化方向发展。

针对我国国情和政策背景,由土地利用的不合理而引发的相关问题主要存在两个方面,一是城镇化发展与耕地保护相冲突引发的粮食安全问题,二是土地资源的过度开发和不合理利用导致的生态环境问题。黑龙江省作为我国的粮食主产区、主要的商品粮基地以及全国生态省,担负着保障国家粮食安全和生态文明建设的重任,因此黑龙江省面临的粮食安全问题和生态环境问题更为严峻。本文以黑龙江省宁安市为例,在研究区三期遥感数据的基础上,计算土地利用类型的分形维数和稳定性指数,从土地利用类型变化、土地利用分形维数和土地利用稳定型指数三个方面进行分析,探讨其基于分形的土地利用变化特征。在此基础上,选取相关因素指标进一步探讨土地利用变化的自然和人为驱动因素,以期揭示区域发展过程中土地利用变化规律,为区域土地合理利用提供理论依据。

1 研究区概况

宁安市位于黑龙江省南端,隶属牡丹江地区,地理坐标 128°7'54"—130°0'44"E,44°27'40"—48°31'24"N,东与穆棱市毗邻,西与海林市交界,南与吉林省汪清县、

敦化市接壤,北与牡丹江市相连。宁安市地势上从西南向东北形成山地、丘陵漫岗、沿江平原三种地形。宁安县境内气候条件良好,有“塞北小江南”之称。年平均气温 3.5~5.5℃,年降水量一般在 400~600 mm 之间,年日照时数 2 600~2 700 h,无霜期 100~135 d。2010 年宁安土地总面积为 72.23 万 hm²,其中耕地 21.1 万 hm²。耕地中旱田占 75%,水田占 25%。境内土地肥沃,物理机械性能好,宜种植各类作物,农业综合开发有很大潜力。草地面积 1.68 万 hm²,林地 44.66 万 hm²,建设用地 1.39 万 hm²,水域及其他用地 3.42 万 hm²。从土地利用布局上看,农林用地比重大,用地结构比较简单,是典型的农林区。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源与处理

本研究采用了 1991 年、2000 年、及 2010 年三期 TM 影像,分辨率 30 m,包含 7 个波段;为保证影像的高度清晰,考虑研究区的物候特点,影像均选择在 6—9 月份,影像云覆盖低于影像面积的 10%。利用 ENVI 软件,将影像进行波段融合、图像裁剪和增强处理。以研究区 1:5 万数字化地形图为准,对三期影像进行几何校正。以土地利用方式和覆盖特征为主要分类依据,采用控制点纠正方式结合研究区地理特征情况,将研究区土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地及其他用地 6 类。咨询专家对目标地物的解译经验,邀请熟悉研究区情况的人员进行核实,在最大程度上确保解译的精度及准确性。利用 ArcGIS 平台,将各时段土地利用类型图进行叠加分析,建立空间转移矩阵,并将其属性转出,导入 Excel 及 Matlab 软件,计算其分形维数和稳定性指数,以此作为分析土地利用变化及分形特征的基础。气候数据来自牡丹江市各气象站点,数据以天计数,少量数据缺失通过空间插值进行修订,精度达到分析标准,数据可信;社会经济数据来源于黑龙江省统计年鉴、牡丹江市统计年鉴及宁安市统计年鉴。

2.2 空间转移矩阵模型

本文通过建立土地利用类型的转移矩阵进而分析其用地情况,转移矩阵来源于系统分析中对系统状态转移的定量描述,其数学形式表达为:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdots & A_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdots & A_{nn} \end{bmatrix}$$

式中: A ——土地利用面积; n ——土地利用类型数量; i , j ——研究初期和研究末期的土地利用类型^[14]。

2.3 分形模型

本文计算土地利用类型分维数时所使用的“周长—面积”公式为:

$$\ln A = \frac{2}{D} \ln P + C$$

式中: A ——某一土地利用类型的图斑面积; P ——该图斑的周长; D ——分维数; C ——截距,由此式建立的周长—面积关系^[15]。

3 结果与分析

3.1 土地利用类型变化分析

借助 ArcGIS 平台对研究区这三个时期的土地利用状况进行分析,分析得出 1991—2010 年宁安市土地利用类型面积及其比例(表 1)和宁安市土地利用转移矩阵(表 2)。数据分析可知,研究区土地利用

类型的总体分布以农用地为主,二十年间林地面积均占总面积的 60% 以上,耕地面积占地总面积的 20% 以上,且耕地面积在 2010 年所占总面积比例已接近 30%。草地面积占总面积 6% 以内,水域面积占总面积比例一直保持在 3.2% 左右,建设用地和其他用地面积占总面积的比例均不超过 2%。

二十年间,耕地面积逐年增加,1991 年耕地面积为 164 627.25 hm²,到 2010 年其面积增至 210 919.18 hm²,所占面积比例由 22.79% 增至 29.20%。耕地面积的增长主要来源于林地,其面积达 34 202.18 hm²,占增加面积的 73.88%。耕地的转出则以转向建设用地为主要方向,转出面积为 3 050.44 hm²,其次向林地转出面积为 3 043.74 hm²,其余转出面积极少。林地向耕地的转移能够带来木材经济和粮食产出的双向收益,是目前耕地增量的普遍现象;而占用建设用地最少也侧面说明了耕地利用转向建设用地的不可逆性,建设用地复垦的难度是极大的。

表 1 1991—2010 年宁安市土地利用类型面积及其比例

土地类型	1991 年		2000 年		2010 年	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
耕地	164627.25	22.79	195456.75	27.06	210919.18	29.20
林地	470643.30	65.16	456264.89	63.17	446583.54	61.82
草地	42643.25	5.90	26673.65	3.69	16777.07	2.32
建设用地	8653.29	1.20	9700.09	1.34	13931.86	1.93
水域	23535.38	3.26	22431.72	3.11	23174.29	3.21
其他用地	12233.01	1.69	11808.39	1.63	10949.55	1.52

表 2 1991—2010 年宁安市土地利用转移矩阵

土地类型	耕地	林地	草地	建设用地	水域	其他用地	2010 年总计
耕地	158178.05	34202.18	17126.55	17.48	295.21	1099.71	210919.18
林地	3043.74	430604.04	12777.89	7.32	137.55	13.00	446583.54
草地	315.04	4453.17	11947.66	11.48	42.67	7.05	16777.07
建设用地	3050.44	1283.78	742.05	8617.01	42.18	196.41	13931.86
水域	35.87	79.24	42.22		23016.95		23174.29
其他用地	4.12	20.88	6.87		0.83	10916.84	10949.55
1991 总计	164627.25	470643.30	42643.25	8653.29	23535.38	12233.01	722335.49

林地面积逐年减少,但一直是宁安市主要的用地面积。1991 年林地面积为 470 643.3 hm²,占总面积 65.16%;2010 年林地面积为 446 583.54 hm²,占地比例缩至 61.82%,年平均减少量约 2 400 hm²。从转移矩阵可知,林地转移方向主要为耕地,转出面积为 34 202.18 hm²,占总转出面积的 85.42%;林地的主要增量是来源于草地,其面积为 12 777.89 hm²,占林地增量面积的 79.96%。从林地在用地类型内部的转移情况看,其利用情况是不合理的,由于宁安市林地存量较大,导致其林地利用的合理性并未受到重视。

草地面积逐年减少,面积减少了 25 866.18 hm²,其面积所占比例从 1991 年的 5.90% 到 2010 年减至

2.32%。草地的主要转移方向是耕地和林地,转移面积分别为 17 126.55 hm² 和 12 777.89 hm²;而其增量主要来源于林地,增量面积为 4 453.17 hm²。由于宁安市的畜牧业不发达,因此草地在研究区所有用地类型中属于边缘过渡型用地,除依据地貌自然形成外,人为利用主要侧重于占用。因此在 1991—2010 年,草地的变化速率是各用地类型中最大的。

建设用地逐年增加,1991 年其面积为 8 653.29 hm²,所占总面积比例为 1.20%,2010 年其面积为 13 931.86 hm²,所占比例达到 1.93%,面积增长量达 61%。建设用地转出量极少,增加占主导趋势,增量来源在各用地类型中均有分布,主要增量来源于耕地,增量面积为

3 050. 44 hm², 其次为林地, 增量面积为 1 283. 78 hm²。这一现象是在加速城镇化建设过程中必然形成的, 随着宁安市社会经济的加速发展, 建设用地面积的增长速度会更快。

3.2 土地利用分形特征分析

本文运用面积周长双对数模型, 得出研究区各地类的分维数值及稳定性指数(表 3), 结果表明, 单个时期内, 各土地利用类型的分维数值横向相比, 1991 年各用地类型的分维数值排序为: 水域>其他用地>

林地>草地>耕地>建设用地; 2000 年各用地类型的分维数值排序为: 水域>草地>其他用地>林地>耕地>建设用地; 2010 年各用地类型的分维数值排序为: 水域>草地>其他用地>林地>建设用地>耕地。结合三个时期的土地利用类型分维数情况对研究区总体分析得知, 1991—2010 年宁安市分维数较大的地类为水域, 耕地及建设用地的分维数较小; 也就是说水域的地类结构较复杂, 而耕地和建设用地的地类结构较为简单。

表 3 1991—2010 年宁安市土地利用分形特征计算

土地利用类型	年份	模型	判决系数 R^2	分维数 D	稳定性指数 SI
耕地	1991	$\ln A = 1.6934 \ln P - 1.2462$	0.8917	1.1811	0.3189
	2000	$\ln A = 1.6457 \ln P - 0.9334$	0.8869	1.2153	0.2847
	2010	$\ln A = 1.6806 \ln P - 1.2152$	0.9105	1.1901	0.3099
林地	1991	$\ln A = 1.4787 \ln P - 0.1538$	0.9090	1.3525	0.1475
	2000	$\ln A = 1.4634 \ln P - 0.0874$	0.9089	1.3667	0.1333
	2010	$\ln A = 1.4964 \ln P - 0.3472$	0.9111	1.3365	0.1635
草地	1991	$\ln A = 1.4957 \ln P - 0.3790$	0.8834	1.3372	0.1628
	2000	$\ln A = 1.3778 \ln P + 0.3181$	0.8707	1.4516	0.0484
	2010	$\ln A = 1.3113 \ln P + 0.6347$	0.8485	1.5252	0.0252
建设用地	1991	$\ln A = 1.7576 \ln P - 1.5145$	0.9080	1.1379	0.3621
	2000	$\ln A = 1.7405 \ln P - 1.4522$	0.8872	1.1491	0.3509
	2010	$\ln A = 1.5832 \ln P - 0.7077$	0.8896	1.2633	0.2367
水域	1991	$\ln A = 1.2097 \ln P + 1.3353$	0.8496	1.6533	0.1533
	2000	$\ln A = 1.1981 \ln P + 1.4244$	0.8474	1.6693	0.1693
	2010	$\ln A = 1.1545 \ln P + 1.7427$	0.8127	1.7324	0.2324
其他用地	1991	$\ln A = 1.4480 \ln P + 0.1343$	0.9379	1.3812	0.1188
	2000	$\ln A = 1.4483 \ln P + 0.1181$	0.9424	1.3809	0.1191
	2010	$\ln A = 1.4849 \ln P - 0.1126$	0.9153	1.3469	0.1531

(1) 耕地的分维数值在 1991 年最低、稳定性指数最高, 2000 年分维数值最高、稳定性指数最低。分维数值是先升后降, 稳定性指数先降后升, 说明其用地形态是先趋向不规则后趋向规则, 结构先复杂后趋向稳定, 但 2010 年仍未及 1991 年水平。由于 1991 至 2000 年期间采伐林地扩充耕地范围使耕地面积的快速增长, 导致耕地图斑大量增多, 破碎度较大, 边界结构不规则, 稳定性有所降低。2000 年以后, 在全国土地整治以及基本农田规范建设的政策背景下, 宁安市对存量的耕地加以科学化的改造和利用。同时, 随着城镇化进程的加快, 大量农民进城务工, 使得小户的农田自主流转集中到一起进行合作经营, 这使得部分破碎化的耕地被整合, 加之为方便大型农机耕作, 耕地边界与图斑大小也通过科学化的整理而变得规则, 从而使得耕地的稳定性有所回升。但至 2010 年, 耕地稳定性情况仍不及 1991 年的理想, 宁安市在对

存量耕地的利用上应进一步重视农田规模和集中整治, 从利用结构入手提高耕地质量。

(2) 林地的分维数值在 2010 年最低、稳定性指数最高, 2000 年分维数值最高、稳定性指数最低。林地的分形特征与耕地相类似, 其用地形态是先趋向不规则后趋向规则, 结构先复杂后趋向稳定。宁安市地域没有处在三北防护林带上, 林地资源充裕, 一直处于被利用的状态, 这使得林地面积逐年减少。林地的主要转出方向是耕地, 林地与耕地临界的边缘形状是相似的, 在对耕地用地结构进行整治发生变化的时候也会对林地的边缘结构造成一定的影响。1991—2000 年林地被开采耕作, 使得原有成片的林地被肢解利用变得破碎, 分维数有所升高, 稳定性下降; 2000 年后在耕地整治过程中, 会在原有不规则耕地边缘处设立防护林带, 这些增加的林带边界形状十分规则, 在一定程度上增加了林地的稳定性指数。

(3) 草地的分维数值逐年递增,稳定性指数逐年递减,这说明草地的用地形态是趋向不规则和不稳定,结构越来越复杂。宁安市的草地分布多在南部山区地带,不利于发展畜牧业,经过人为利用后的存量草地也主要以各地类之间的边缘过渡用地类型形式存在。这导致草地的在利用过程中不仅面积缩减,结构也越来越零散。

(4) 建设用地的分维数值逐年递增,稳定性指数逐年递减,建设用地的用地形态是趋向不规则和不稳定,结构越来越复杂。建设用地作为人为影响最大的地类之一,其分维数值在 1991 年及 2000 年都是各地类中最低的。但其分维数值在时空上的变化是逐年递增的,稳定性指数则是逐年递减,说明建设用地虽然主要在人为影响的作用下形成,但人为利用中并不科学。除图斑急剧增加导致分维数值变化明显以外,城镇建设用地扩张速度快,但未能有效地形成分区和集约利用,图斑零散破碎;新增建设用地结构复杂,实际建设中未能很好地按照规划进行建设;农业设施用地增多,其分布也较零散,未能集中建设。

(5) 水域的分维数值在时空上也呈现逐年递增的态势,但其稳定性指数并未逐年递减反而呈递增趋势,这说明水域的用地形态和结构复杂程度较高,分维数值处在布朗运动临界值之上,这是很多主要通过自然成因而形成的地类的分维特点,结构复杂,但稳定性较强。水域在利用过程中,人为影响较小,且变化甚微。

(6) 其他用地的分维数值在 1991—2000 年变化不明显只有微量减少,至 2010 年下降较明显,稳定性指数逐年递增,用地形态是趋向规则和稳定,结构由复杂趋向简单。

3.3 土地利用变化驱动力定性分析

在区域尺度上土地利用变化的自然驱动力,包括了以相关区域降水、温度、热量等为特征的气候变化过程以及地表径流引起的水文变化过程的作用,在宁安市的自然地理背景下,引起土地利用变化的自然驱动力直接受制于上述要素的作用。

(1) 热量、温度及降水变化。据气象站统计数据(见图 1)反映 1991—2010 年宁安市年光照时长变化,整体变化并不明显,说明光照时长对土地利用格局的影响较小。宁安市年平均气温在 1991—2010 年波动较大,但整体趋势只是略有提升,全球温室效应对宁安市的影响不大,说明大量林地的存在对气温及生态环境的稳定效果显著,而气温对土地利用的驱动是有一定作用的。正是热量与温度的这种分布规律与演变过程,形成了宁安市资源环境对其适应性特征,在较长时期上制约了农业、林业以及相关产业的

定位与布局,影响了土地利用变化的过程与特征。

在宁安市的自然地理背景下,降水月变化分明,总量较充沛。在 1991—2010 年内,宁安市年降水量最高为 1991 年的 669 mm,最低年降水量为 1999 年的 364.9 mm,至 2010 年总体趋势下降达 502.9 mm。年蒸发量与这种降水特征结合作用植被,在长期的演变过程中,形成了一种协同进化的机制,构成了宁安市植被覆盖特征,也必然形成了土地利用的特定模式。

(2) 旱涝灾害。宁安市主要的自然灾害有旱、涝、寒、风等,以 1998—2004 年为例,2004 年宁安市总成灾土地面积 30 136 hm^2 ,受灾情况较为严重,其中旱灾成灾土地面积 21 464 hm^2 ,水灾成灾土地面积为 87 hm^2 。2000 年宁安市总成灾土地面积为 7 181 hm^2 ,受灾情况较轻,其中旱灾成灾土地面积 2 083 hm^2 ,水灾成灾面积为 4 372 hm^2 。除 2002 年和 2003 年,旱涝灾害成灾面积占总成灾面积均在 60% 以上。

旱涝灾害对于各用地类型均有不同程度的影响,宁安市境内各干支流会根据当年的旱涝情况有不同的面积变化,草地与灌木林地之间也会受到旱涝情况而互相转变。根据旱涝灾情,人们会利用防护设施及技术手段来控制受灾程度,比如兴修农田水利、灌溉设施来调节旱涝灾情,种植防护林抵御大风灾害,这都是自然灾害在土地利用变化上影响的体现。宁安市以旱涝灾害为代表的孕灾环境与机理,以及灾害发生的过程与特征,无一例外地影响了土地利用变化的过程与特征,也自然成为制约土地利用变化的重要因素。

3.4 土地利用变化驱动力定量分析

本文利用主成分分析原理对宁安市土地利用变化的人口、技术及经济三方面驱动因素进行定量分析,结合宁安市实际情况共选取 16 个驱动力变量因子: X_1 人口总数(万人)、 X_2 非农业人口(万人)、 X_3 人口密度(人/ km^2)、 X_4 GDP(万元)、 X_5 人均 GDP(元)、 X_6 社会固定资产投资(万元)、 X_7 第一产业增加值(万元)、 X_8 第二产业增加值(万元)、 X_9 第三产业增加值(万元)、 X_{10} 城乡居民储蓄存款余额(万元)、 X_{11} 农民人均纯收入(元)、 X_{12} 城镇居民人均可支配收入(元)、 X_{13} 农业机械总动力(万 kW)、 X_{14} 农用化肥施用折纯量(t)、 X_{15} 粮食总产量(万 t)及 X_{16} 人均粮食占有量(kg)。

通过 SPSS 软件对所选取指标的数据进行主成份分析后得出旋转成份矩阵(表 4)、因子得分系数矩阵(表 5)和土地利用变化驱动力综合得分变化图(图 2),本文采用方差最大旋转的方法对初始载荷矩阵进行旋转得到旋转后载荷矩阵。由表 4 可以看出,第 1 主成分与变量 X_1 和 X_3 呈负相关,与 X_2 相关性较低

仅为 29.5%;与其余的变量相关性均较高,说明第 1 公因子更能代表剩余的这些变量; X_2 在第 2 主成分在上载荷较高,说明第 2 公因子更适合代表这个变

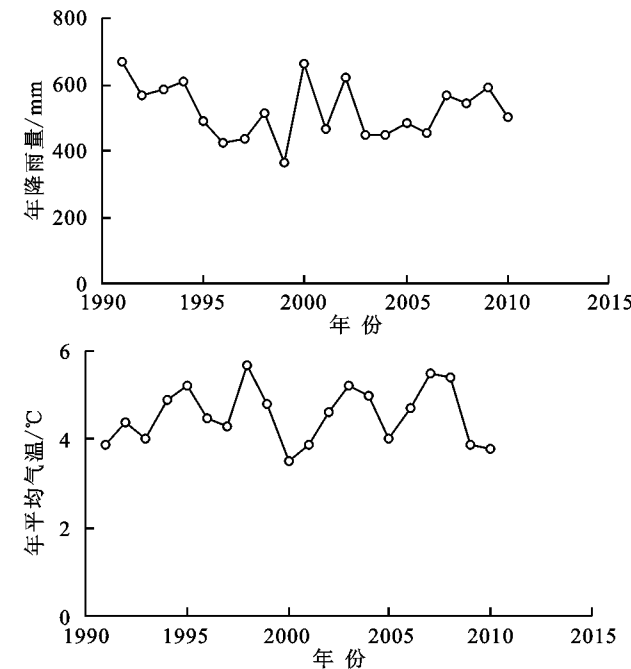


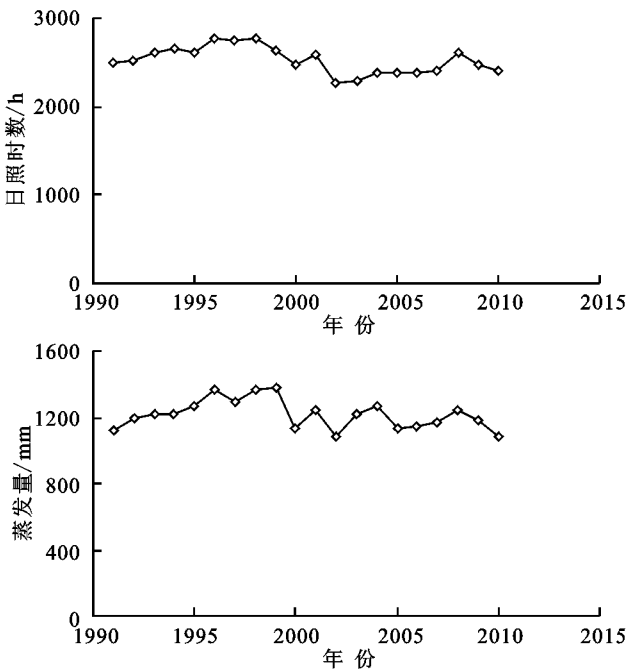
图 1 宁安市年降水量、年日照时长、年平均气温、年蒸发量变化

表 4 旋转后成份因子矩阵

因子	主成分 1	主成分 2
X_1	-0.109	0.969
X_2	0.295	0.705
X_3	-0.109	0.969
X_4	0.995	0.079
X_5	0.996	0.062
X_6	0.927	0.098
X_7	0.989	0.030
X_8	0.988	0.075
X_9	0.985	0.121
X_{10}	0.974	0.022
X_{11}	0.994	0.016
X_{12}	0.986	0.110
X_{13}	0.903	0.091
X_{14}	0.779	-0.187
X_{15}	0.974	-0.089
X_{16}	0.970	-0.131

由图 2 可知宁安市 1991—2010 年土地利用变化的驱动力综合得分呈不断提升的趋势,且 2005 年以后增幅较大,这表明影响宁安市土地利用变化的驱动力在大幅度增强,人类活动对宁安市土地利用变化的影响不断加强。综合以上分析及主成分载荷,可以得出,经济因素、人口因素、生活水平和技术进步均是宁

量。进一步分析,根据各个变量的特点,可以把第一主成份解释为经济发展、生活水平和技术进步因素,第二主成份解释为人口因素。



安市土地利用变化的主要人为驱动力。从第一和第二主成份的旋转矩阵能看出人口因素中的人口总数和城市人口密度,居民生活水平的所有指标因子,社会经济中 GDP 与第一、第二及第三产业产值的发展以及技术进步中的粮食总产量在土地利用驱动力中占主导地位。

表 5 主成分得分系数矩阵

因子	主成分 1	主成分 2
X_1	-0.019	0.391
X_2	0.017	0.280
X_3	-0.019	0.391
X_4	0.082	0.021
X_5	0.082	0.014
X_6	0.076	0.030
X_7	0.082	0.002
X_8	0.081	0.019
X_9	0.080	0.038
X_{10}	0.081	-0.002
X_{11}	0.082	-0.004
X_{12}	0.081	0.034
X_{13}	0.074	0.027
X_{14}	0.067	-0.084
X_{15}	0.082	-0.046
X_{16}	0.082	-0.063

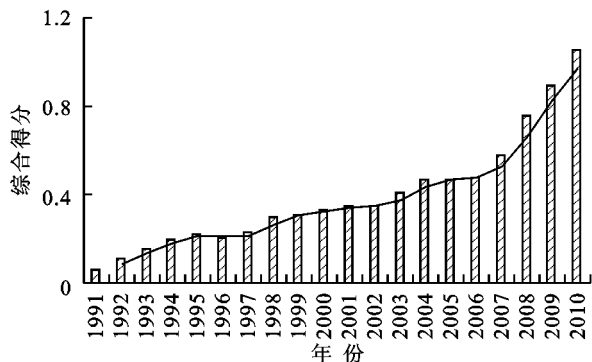


图2 宁安市土地利用变化驱动力综合得分变化

4 结论

(1) 1991—2010年研究区耕地和建设用地的面积逐年增加,耕地面积的增长主要来源于林地,建设用地面积的增长主要来源于耕地;林地和草地的面积逐年减少,林地转移方向主要为耕地,草地主要转移方向是耕地和林地;水域和其他用地的面积保持相对稳定。

(2) 1991—2010年宁安市整体的分维数值处于上升趋势,稳定性是下降态势,水域的空间结构最复杂,耕地和建设用地的空间结构较为简单。耕地和林地结构先复杂后趋向稳定;草地和建设用地结构越来越复杂,趋于不稳定;水域结构及稳定性变化不明显;其他用地结构简单,趋向稳定。

(3) 根据定性分析,1991—2010年宁安市土地利用变化的自然驱动因素为灾害与气候特征,根据定量分析,1991—2010年宁安市土地利用变化的驱动因素主要为人口、社会经济、居民生活水平及技术进步,人口总数、城市人口密度、城乡居民储蓄存款余额、农民人均纯收入、城镇居民人均可支配收入、GDP与三次产业产值的发展以及粮食总产量在土地利用驱动力因子中占主导地位。人为因素的驱动力是逐年加强的,且在2005年后表现更为明显。

本文研究方法合理得当,研究成果对于指导解决区域土地利用合理优化发展过程中的问题具有重要意义,但在分析土地利用变化时未对其空间分布规律和分形特征的驱动因素进行分析,需要在以后的研究中进一步完善。

参考文献:

- [1] 朱晓华,王建. 分形理论在地理学中的应用现状和前景展望[J]. 大自然探索, 1999, 18(3): 42-46.
- [2] Mandelbrot B B. How long is the coast of Britain[J]. Science, 1967, 156(3775): 636-638.
- [3] Mandelbort B B. The Fractals Geometry of Nature[M]. New York: W. H. Freeman, 1982.
- [4] 叶长盛,董玉祥. 珠江三角洲土地利用分形特征及其影响机制[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 330-331.
- [5] 范科红,李阳兵. 1986—2007年重庆主城区土地利用变化及其驱动因素研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(1): 168-173.
- [6] 刘瑞,朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学, 2010, 32(8): 1544-1550.
- [7] 王婷婷,侯淑涛,唐军利,等. 七台河市土地利用景观格局动态变化分析[J]. 水土保持研究, 2012, 19(3): 90-93.
- [8] 荆玉平,张树文,李颖. 城乡交错带景观格局及多样性空间结构特征:以长春净月开发区为例. [J]. 资源科学, 2007, 29(5): 43-49.
- [9] 匡文慧,张树文. 1900年以来长春市土地利用空间扩张机理分析[J]. 地理学报, 2005, 60(5): 841-850.
- [10] 陈倩,马泽忠,郑丽,等. 重庆山地城市区 1985—2010年土地利用变化特征研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(4): 194-198.
- [11] Batty M, Longley P A. The morphology of urban land use[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1988, 15(4): 461-488.
- [12] White R, Engelen G. Cellular automata and fractal urban form: a cellular modelling approach to the evolution of urban land-use patterns[J]. Environment and Planning A, 1993, 25(8): 1175-1199.
- [13] 陈彦光,刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述:从信息熵到分数维[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146-152.
- [14] 张文帅,王飞,穆兴民,等. 近 25 a 延河流域土地利用/覆盖变化的时空特征[J]. 水土保持研究, 2012, 19(5): 148-152.
- [15] 孙栋元,赵成义,魏恒,等. 基于分维模型的台兰河流域土地利用变化研究[J]. 水土保持学报, 2010, 24(2): 218-222.