

基于计量地理模型和信息熵的 湖北省土地利用结构地域差异研究

谭术魁，朱祥波，张 路
(华中科技大学 公共管理学院, 武汉 430074)

摘要: 运用计量地理模型、信息熵的方法,分析湖北省17个市(州)土地利用结构的地域差异,研究土地利用信息熵和经济发展水平之间的关系。结果表明:各市州的土地利用多样化差异较大,多样化空间格局整体呈现东部偏高、中部均匀、西部较低的递进结构;耕地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地具有明显的区位意义,林地、草地、其他土地一般,园地不显著;土地利用信息熵的空间格局呈现高信息熵区域主要聚集在东部、中高信息熵区域位于中部、中低和低信息熵区域主要分布在西部的递进规律。土地利用信息熵与地区经济发展水平并无密切关系,与土地利用的多样化具有紧密关系。

关键词: 土地利用结构;计量地理模型;区位意义;信息熵;湖北省
中图分类号: F127.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-2363(2014)01-0088-05

土地是人类生存和发展的物质基础^[1]。土地利用/土地覆盖变化是全球变化的重要组成之一,在全球环境变化和可持续发展中具有重要地位^[2]。当前人类面临的众多问题都与土地利用/土地覆盖有关系^[3],土地利用结构是土地利用/土地覆盖的直观表象,具体包括土地利用的数量结构和空间格局,而土地利用结构的变化是人地长期相互作用的结果。受自然环境、经济水平等因素影响,不同地域的土地利用结构具有较大的差异性。本研究基于全国第二次土地调查数据,以湖北省17个市(州)的土地利用现状为研究对象,探讨湖北省区域土地利用结构的地域差异性,直观地反映各区域土地利用的优劣势,以期对湖北省土地利用结构调整和土地资源的可持续利用提供科学依据。

1 研究区域概况

湖北省位于中国中南部,长江中游,洞庭湖以北。地理位置介于北纬29°05′~33°20′,东经108°21′~116°07′,地处中国地势第二级阶梯向第三级阶梯过渡地带,地貌类型多样,山地、丘陵、岗地和平原兼备,并呈三面高起、中间低平、向南敞开、北有缺口的不完整盆地区域。全省面积18.59万km²,设有武汉、黄石、十堰、荆州、宜昌、襄阳、鄂州、荆门、孝感、黄冈、咸宁、随州12个地级市,仙桃、天门、潜江3个省直管县级市,另有恩施

土家族苗族自治州和神农架林区。

2 土地利用结构差异的计量地理分析

采用全国第二次土地详查数据,对湖北省12个地级市、3个省直管县级市和恩施土家族苗族自治州、神农架林区的耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地8种用地类型进行土地利用结构差异分析,并运用土地利用多样化、土地利用集中度、土地利用区位指数等计量地理模型^[4-8]的研究方法,对湖北省区域土地利用结构和景观格局进行深入研究。

2.1 土地利用结构多样化

土地利用结构的多样化分析是对区域内各种用地类型的齐全程度和多样化状况进行定量描述。采用吉布斯-马丁(Gibbs-Martin)多样化指数,计算公式为: $I_{GM} = 1 - \sum S_i^2 / (\sum S_i)^2$ 。式中: I_{GM} 为多样化指数; S_i 为第*i*种土地利用类型的面积。根据湖北省各市州土地利用现状,计算得出土地利用结构的多样化指数(表1)。然后运用统计软件SPSS的K-Means聚类分析将各区域划分为高多样化、中高多样化、中低多样化、低多样化四类,最后利用地理信息系统软件ArcGIS得到湖北省区域土地利用多样化空间格局(图1)。

由表1和图1可以看出,湖北省土地利用多样化空间格局整体呈现东部偏高、中部均匀、西部较低的递进结构。其中,武汉、黄冈、鄂州、黄石这几个东部城市的多样化程度较高,各用地类型的比例协调、分布均匀,单个土地类型的比例均在40%以下;孝感、襄阳、荆州、随州、咸宁和仙桃的多样化指数为中高,根据土地利用现状得知,这几个市的个别土地利用类型的比例均有超过

收稿日期: 2012-10-08; 修回日期: 2013-10-16
基金项目: 教育部社科研究基金项目(13YJA790101)
作者简介: 谭术魁(1965-),男,土家族,湖北巴东县人,教授,主要从事土地管理和住房研究,(E-mail) tansk@126.com。
通讯作者: 朱祥波(1984-),男,湖北监利县人,博士研究生,主要从事住房政策研究,(E-mail) zhuxiangbo@hotmail.com。

表 1 湖北省土地利用结构地域差异性分析

Tab.1 Analysis of regional differences of land use structure in Hubei Province

行政区域	多样化指数	集中度指数	信息熵
武汉市	0.733	-0.382	1.507
黄石市	0.753	-0.189	1.615
十堰市	0.387	0.030	0.897
宜昌市	0.561	0.052	1.210
襄阳市	0.670	0.121	1.365
鄂州市	0.713	-0.443	1.453
荆门市	0.712	0.047	1.482
孝感市	0.682	0.069	1.452
荆州市	0.646	-0.201	1.265
黄冈市	0.725	-0.003	1.541
咸宁市	0.629	-0.056	1.339
随州市	0.643	0.031	1.346
恩施州	0.484	0.104	1.032
仙桃市	0.627	-0.320	1.170
潜江市	0.552	0.108	1.090
天门市	0.541	0.197	1.104
神农架林区	0.096	0.053	0.275

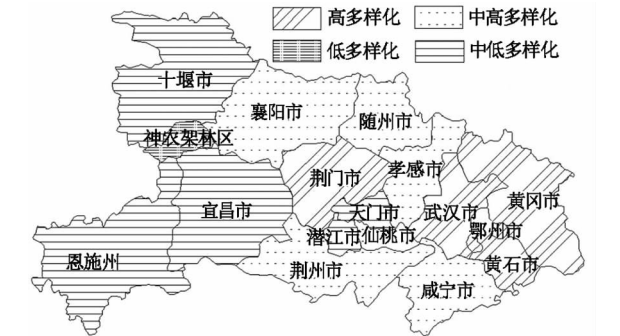


图 1 湖北省土地利用多样化空间格局分布

Fig.1 Spatial distribution of land use diversity in Hubei Province

40% 以上的情况,其中,孝感市耕地比例达 50.4%,襄阳市的林地比例达 43.2%,荆州市的耕地比例达 49.1%,随州市的耕地比例 52.4%,咸宁市的林地比例达 55.9%,仙桃市的耕地比例达 47.9%;潜江、宜昌、天门、恩施和十堰的多样化指数为中低,根据土地利用现状得知,这几个区域的个别土地利用类型的比例均有超过 60%,其中,潜江市的耕地比例达 62.5%,宜昌市的林地比例达 63.4%,天门市的耕地比例达 64.5%,恩施州的林地比例达 69.1%,十堰市的林地比例高达 77.5%;神农架林区的多样化指数最低,这是由其特殊的地质地貌条件所决定的,该区的林地比例高达 95.1%。

2.2 土地利用结构集中化

土地利用结构集中化指数是用来定量描述区域内土地利用结构的集中化程度,常用的计算公式为: $I_i = (A_i - R) / (M - R)$ 。式中: I_i 为第 i 个区域的土地集中化指数; R 为高一层次区域(此处为湖北省)各种土地类型的累计百分比; M 为土地集中分布时累计百分比。经测算,

$R = 800, M = 588.6$ 。根据各区域土地利用现状计算得出湖北省土地利用结构的集中化指数(表 1)。运用 SPSS 的 K-Means 聚类分析将区域分为高集中化、中高集中化、中低集中化、低集中化四类,之后利用 ArcGIS 得到湖北省区域土地利用集中化空间格局(图 2)。

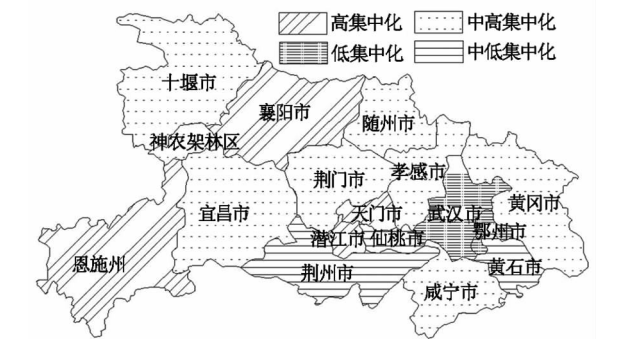


图 2 湖北省土地利用集中化空间格局分布

Fig.2 Spatial distribution of land use centralization in Hubei Province

由表 1 和图 2 可以看出,湖北省的土地利用集中化空间格局并没有呈现类似于多样化空间格局的东中西递进结构。与全省的土地利用集中程度相比较,天门、襄阳、潜江和恩施具有高集中化的特点;孝感、神农架、宜昌、荆门、随州、十堰、黄冈和咸宁具有中高集中化的特点;黄石、荆州和仙桃的土地利用集中化程度为中低;土地利用集中化最低的是武汉和鄂州。

2.3 土地利用结构区位意义分析

土地利用结构的区位意义是指区域内各种类型的土地相对于高一层区域空间的相对聚集程度。通常用区位指数来表示: $Q_i = (s_i / \sum s_i) / (S_i / \sum S_i)$ 。式中: Q_i 为区位指数; s_i 为区域内第 i 种土地类型的面积; S_i 为高层次区域内第 i 种土地的面积。如果区位指数 $Q_i > 1$,则表示该种土地类型在该区域具有区位意义;相反,如果 $Q_i < 1$,则表示该种土地类型不具有区位意义。根据湖北省各区域土地利用现状,计算出土地利用结构的区位指数(表 2)。

由表 2 可知,湖北省共有 10 个市(州)的耕地区位指数大于 1,而且潜江市和天门市的耕地区位指数大于 2,黄石市和随州市的耕地区位指数均在 0.9 以上。这表明,湖北省的耕地资源分布广,各地区分布均匀,聚集程度高,耕地资源在全省具有明显的区位意义;园地区位中,只有宜昌市和黄冈市的区位指数大于 1,这表明园地湖北省土地利用类型中的区位意义不显著,但宜昌市较其他地市具有较为显著的区位意义;林地区位中,共有 6 个地市的区位指数大于 1,最为明显的是神农架林区的林地区位指数大于 2,这与该地的特殊地理环境有关,据测算,神农架林区的林地占土地总面积的 95.1%;草地区位中,共有 8 个地市的区位指数大于 1,其中黄石市和咸宁市的区位指数大于 2,根据土地利用现状得知,

表 2 湖北省各市州土地利用区位指数

Tab. 2 Regional index on the land utilization of cities in Hubei Province

行政区域	耕地	园地	林地	草地	城镇村及工矿用地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地
湖北省	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
武汉市	1.308	0.360	0.245	0.293	2.422	1.978	2.669	1.132
黄石市	0.922	0.582	0.802	2.996	1.632	0.966	1.362	1.885
十堰市	0.361	0.940	1.662	1.377	0.383	0.409	0.275	0.884
宜昌市	0.571	2.858	1.360	0.365	0.658	0.822	0.492	0.778
襄阳市	1.273	0.482	0.927	0.828	0.994	1.273	0.683	1.250
鄂州市	1.297	0.215	0.200	1.067	2.107	1.297	3.125	0.788
荆门市	1.424	0.606	0.668	1.396	1.176	1.183	1.203	1.073
孝感市	1.760	0.821	0.349	1.002	1.603	1.182	1.452	0.981
荆州市	1.713	0.408	0.132	0.078	1.546	1.465	2.820	0.160
黄冈市	1.080	1.755	0.852	1.235	1.189	1.071	1.031	1.346
咸宁市	0.712	0.821	1.201	2.128	0.753	0.871	0.987	0.676
随州市	0.929	0.558	1.125	1.546	0.948	0.883	0.694	1.267
恩施州	0.658	0.872	1.484	1.055	0.484	0.592	0.146	1.528
仙桃市	1.672	0.111	0.038	0.170	1.765	1.703	3.234	0.094
潜江市	2.184	0.163	0.069	0.021	1.436	2.132	1.938	0.038
天门市	2.252	0.132	0.081	0.229	1.817	2.032	1.487	0.073
神农架林区	0.081	0.288	2.040	0.157	0.071	0.218	0.053	0.152

黄石市和咸宁市的草地面积分别为 1 442. 63 万和 2 188. 62 万 hm^2 , 远远小于十堰市的 3 437. 27 万 hm^2 , 但十堰市的草地面积占土地总面积的比例仅为 2. 18%, 因此, 草地的区位意义不明显; 城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地这 3 个区位中, 均有 10 个地市的区位指数大于 1, 表明湖北省的城镇村及工矿用地区位、交通运输用地区位、水域及水利设施用地区位均呈现各地区分布均匀、聚集程度高等特点, 这 3 种用地类型在全省的土地利用结构中的区位意义都比较显著; 其他土地中, 共有 7 个地市的区位指数大于 1, 其中仙桃、天门、潜江的区位指数均在 0. 1 以下, 根据土地利用现状得知, 这 3 个市的其他土地面积总量均比较小, 分别为 25. 95 万, 20. 78 万, 8. 38 万 hm^2 , 它们占各区域土地类型总面积的比例分别为 0. 15%, 0. 19%, 0. 06%, 所以这 3 个市的其他用地区位意义极其不明显。

3 土地利用结构差异的信息熵分析

熵最初是一个物理学概念, 表示大量分子的无序运动, 后来 C. E. Shannon 将这种物理熵引入信息论中^[9]。信息熵是对系统平均信息量的度量, 只有当系统不断地受到外部干扰并与外界不断交互能量时系统的信息熵才能产生。一般认为, 信息熵越小, 系统就越有序, 结构性就越强; 反之, 信息熵越大, 系统就越无序, 结构性就越差^[10]。土地利用结构的变化是人地相互作用的结果, 要受政治、经济、文化等因素的影响, 所以土地利用结构的信息熵描述了土地利用系统与外界交换能量不断演替和变化的过程, 通过熵值的大小可以判断土地利用结构变化的混乱度和有序度。结合已有的研究方法^[11-14], 本研究对湖北省的土地利用信息熵进行研究。

3.1 湖北省土地利用信息熵分析

假设某一区域的土地类型总面积为 A , 依据不同地

类将其分为 n 类, 每一地类的面积记做 $A_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 设各种土地利用类型的面积占区域土地总面积的比例为 P , 则有: $P_i = A_i/A$ 。依照 C. E. Shannon 的信息熵原理定义土地利用结构的信息熵 $H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$ 。信息熵的高低反映城市土地利用的均衡程度, 该值越高, 表明土地利用的职能类越多, 各职能类的面积相差越小。

根据湖北省各区域土地利用现状, 计算得出土地利用结构的信息熵(表 1), 运用 SPSS 的 K-Means 聚类分析将各区域分为高信息熵、中高信息熵、中低信息熵、低信息熵四类, 之后利用 ArcGIS 得到湖北省区域土地利用信息熵空间格局(图 3)。

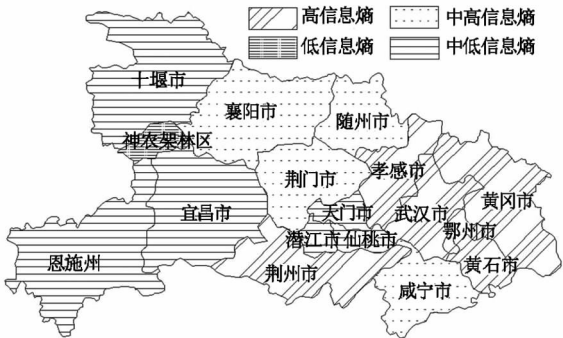


图 3 湖北省土地利用信息熵空间格局分布

Fig. 3 Spatial distribution of land use information entropy in Hubei Province

由表 1 和图 3 可以看出, 湖北省土地利用高信息熵区域有武汉、黄冈、黄石、孝感、鄂州和荆州; 中高信息熵区域有随州、荆门、咸宁、襄阳; 中低信息熵区域有十堰、恩施、宜昌、天门、仙桃、潜江; 低信息熵区域只有神农架林区。

将土地利用信息熵的空间格局分布图与土地利用多样化空间格局分布图进行比较发现, 土地利用信息熵

的空间格局同样呈现高信息熵区域大都聚集在东部、中高信息熵大都在中部、中低和低信息熵主要聚集在西部的分布规律。通过深入分析发现,土地利用高多样化的 5 个城市中,除荆州以外,其余的 4 个城市都分布在高信息熵区域;土地利用中高多样化的 6 个城市中,有 3 个分布在中高信息熵区域;土地利用中低多样化的 5 个城市全部分布在中低信息熵区域;土地利用低多样化城市和低信息熵城市都是神农架林区。由此得出,土地利用的多样化与土地利用的信息熵之间具有紧密的关系,即区域土地的多样化程度越高、土地类型越齐全,土地利用结构受人类活动的影响机率就越大、影响程度就越高,土地利用结构系统就越趋向无序状态;相反,土地多样化程度越低,土地类型越单一,土地利用系统就越能保持一个有序状态。

3.2 区域土地利用信息熵与经济发展关系分析

由于各区域的土地利用方式和利用程度不同,土地利用信息熵也表现出明显的地区差异性。现有研究大都认为土地利用信息熵与地区经济发展水平有密切关系。如蔡进等^[15]对重庆市荣昌县土地利用结构的变化与分布进行研究,认为信息熵的大小与经济发展水平密切相关,信息熵越大,经济发展越好;王时东等^[16]对宿迁

市 5 个区县的土地利用结构信息熵动态变化进行研究,认为经济较发达的、城镇化水平较高的地区信息熵大;刘耀彬等^[17]对武汉市土地利用空间结构变动进行分析,认为信息熵与城市建设水平密切相关;刘一苏等^[18]对新建县的土地利用结构信息熵分异规律进行研究,认为在经济发展较快的地区,土地利用结构变化较快,土地利用结构的无序性较大。通过查阅《湖北省统计年鉴(2013)》,对其所辖的 17 个市(州)的 GDP 进行排名,然后与各市州的土地利用信息熵排名、土地利用多样化排名进行比较(表 3)。从各市(州)GDP 排名与土地信息熵排名比较可以看出,武汉、宜昌、襄阳三市 2012 年的 GDP 分别以 8 003.82 亿元,2 509.61 亿元,2 501.96 亿元位居前三,其中武汉市的 GDP 是宜昌市的 3 倍以上,但武汉市的土地利用信息熵却排名第 3,宜昌市的排名更加靠后,为第 11 名,襄阳市也排到第 7 位;黄石、十堰、鄂州的 GDP 排名分别是第 8,9,12 位,黄石市的土地利用信息熵却位居第 1,十堰市却排倒数第 2 名,鄂州市同样如此,GDP 排名第 12 位,土地利用信息熵排名第 5 位,形成极大反差。相反,通过对土地利用信息熵和土地利用结构多样化排名进行比较,发现二者排名非常相似,排名误差最大为 1。

表 3 湖北省各市州 GDP、土地利用信息熵、土地利用多样化排名

Tab. 3 Ranks of GDP, land use diversity and land use information entropy of cities in Hubei Province								
行政区域	GDP/亿元	排名	行政区域	信息熵	排名	行政区域	多样化	排名
武汉市	8 003.82	1	黄石市	1.615	1	黄石市	0.753	1
宜昌市	2 508.89	2	黄冈市	1.541	2	武汉市	0.733	2
襄阳市	2 501.96	3	武汉市	1.507	3	黄冈市	0.725	3
荆州市	1 196.02	4	荆门市	1.482	4	鄂州市	0.713	4
黄冈市	1 192.88	5	鄂州市	1.453	5	荆门市	0.712	5
孝感市	1 105.16	6	孝感市	1.452	6	孝感市	0.682	6
荆门市	1 085.26	7	襄阳市	1.365	7	襄阳市	0.670	7
黄石市	1 040.95	8	随州市	1.346	8	荆州市	0.646	8
十堰市	955.68	9	咸宁市	1.339	9	随州市	0.643	9
咸宁市	760.99	10	荆州市	1.265	10	咸宁市	0.629	10
随州市	590.52	11	宜昌市	1.210	11	仙桃市	0.627	11
鄂州市	560.39	12	仙桃市	1.170	12	宜昌市	0.561	12
恩施州	482.19	13	天门市	1.104	13	潜江市	0.552	13
仙桃市	444.20	14	潜江市	1.090	14	天门市	0.541	14
潜江市	441.76	15	恩施州	1.032	15	恩施州	0.484	15
天门市	321.22	16	十堰市	0.897	16	十堰市	0.387	16
神农架林区	16.80	17	神农架林区	0.275	17	神农架林区	0.096	17

湖北省各市(州)土地利用信息熵与地区经济发展并无密切关系,经济发达的地区并不绝对意味着土地利用结构的变化越快,相反,经济欠发达地区的土地利用结构有可能变化很快,这与各地的自然资源、地理环境、区域政策等因素有密切联系。同时,研究也表明,土地利用信息熵与土地利用的多样化具有紧密的关系。

4 结论

基于第二次土地调查数据和社会统计数据,采用计量地理模型和信息熵的研究方法对湖北省 17 个市(州)的土地利用结构以及土地利用结构与经济发展的关系

进行分析,得出如下结论。

- (1)湖北省各市(州)的土地利用多样化差异较大,其多样化空间格局整体呈现东部偏高、中部均匀、西部较低的递进结构。其中,武汉等东部城市的多样化程度较高,各类用地比例协调;孝感等中部城市的多样化程度次之;神农架林区的多样化程度最低。天门、襄阳、潜江和恩施的土地利用集中程度较高,孝感、神农架、宜昌、荆门、随州、十堰、黄冈、咸宁、黄石、荆州和仙桃的土地利用集中程度次之;武汉和鄂州的土地利用集中化程度最低。
- (2)耕地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域

及水利设施用地在湖北全省分布广,各地区分布均匀,聚集程度较高,在全省具有明显的区位意义;林地、草地、其他土地在湖北省的区位意义一般,其中,神农架林区在全省的林地区位意义非常显著,黄石和咸宁的草地区位意义在全省比较显著;园地区位意义不显著。

(3)湖北省各市(州)的土地利用信息熵的空间格局呈现高信息熵区域主要聚集在东部、中高信息熵位于中部、中低和低信息熵主要分布在西部的变化规律。同时,湖北各市州土地利用信息熵与地区经济发展并无密切关系,土地利用信息熵与土地利用的多样化具有紧密的关系。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6):553-558.
- [3] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究,2002,21(3):324-330.
- [4] 杨杰,王印传,许皞,等. 河北省土地利用结构的计量地理分析[J]. 中国农学通报,2008,24(6):429-435.
- [5] 朱凤武,彭补拙,丁建中,等. 温州市土地利用空间格局研究[J]. 经济地理,2001,21(1):101-104.
- [6] 潘竞虎,任皓晨,赵军. 甘肃省土地利用状况的计量地理分析[J]. 农业系统科学与综合研究,2007,23(3):377-384.
- [7] 王红梅,王小雨,李宏. 基于计量地理模型的黑龙江省土地利用状况分析[J]. 农业工程学报,2006,22(7):70-74.
- [8] 敖红. 对信息熵的探讨[J]. 辽宁高等专科学校学报(自然科学版),2001,3(1):59-61.
- [9] Shannon C E. A Mathematical Theory of Communication[J]. Bell System Technical Journal, 1948,27(3):379-423.
- [10] 杨勇. 开放条件下重庆地区城镇化对土地利用效率的影响及区位差异[J]. 地域研究与开发,2011,30(3):112-116.
- [11] 赵京,杨钢桥. 基于信息熵的土地利用结构演变分析——以湖北省为例[J]. 湖北农业科学,2010,49(4):1017-1019.
- [12] 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.
- [13] 谭永忠,吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. 自然资源学报,2003,18(1):12-117.
- [14] 陈彦光,刘明华. 城市土地利用的熵值规律[J]. 人文地理,2001,16(4):20-24.
- [15] 蔡进,刘秀华,丁恩俊. 基于信息熵的县域土地利用结构变化与分布研究[J]. 安徽农业科学,2007,35(21):6539-6541.
- [16] 王时东,袁水涛,马新亚. 欠发达地区土地利用结构信息熵动态变化研究——以江苏省宿迁市为例[J]. 江西农业学报,2009,21(9):187-189.
- [17] 刘耀彬,陈志,杨益明. 基于信息熵的武汉城市土地利用空间结构变动分析[J]. 资源开发与市场,2004,20(5):335-337.
- [18] 刘一苏,刘朝晖. 新建县土地利用结构信息熵分异规律研究[J]. 资源与产业,2007,9(4):105-108.

Study on the Regional Difference of Land Use Structure in Hubei Province Based on Quantitative Geography Model and Information Entropy

Tan Shukui, Zhu Xiangbo, Zhang Lu

(Collage of Public Administration, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: The purpose of this study was to explore the land utilization structure in 17 cities of Hubei Province and the relationship between the entropy of land use and the level of economic development. The quantitative geography models and information entropy were employed. The results showed as follows: (1) There were obvious differences in the land use diversity among the cities, which showing a progressive structure like high diversity in eastern, uniformly in central and lower in western; (2) Arable land, urban village and industrial land, transportation land, water and conservancy facilities land had obvious location significance, woodland, grassland and other land in general, garden not significant; (3) There was a spatial distribution law for the information entropy of land use, which showed progressively decreased from the east to west. It is concluded that the entropy of land use and the level of economic development is not closely related, but there is a close relationship between the entropy of land use and the land use diversity.

Key words: land use structure; quantitative geography model; location significance; information entropy; Hubei Province