

基于熵值法的呼包鄂区域土地利用效益与 城市化水平耦合协调研究

薛建春, 郑海潮, 王雅荣

(内蒙古科技大学 经济与管理学院, 内蒙古 包头 014010)

摘要: [目的] 土地的合理利用与城市化发展存在着耦合协调关系, 研究 2006—2015 年呼包鄂经济区的土地利用效益与城市化水平的耦合协调度与相对发展度, 以及各指标对协调度的影响, 为呼包鄂经济区的土地可持续利用及城市化发展提供决策依据。[方法] 基于耦合协调模型与灰色关联模型, 评价土地利用效益与城市化之间协调关系与影响程度。[结果] ①呼包鄂经济区土地利用效益与城市化水平均稳步上升, 且呼和浩特的增幅最大, 分别为 0.373 8 和 0.362 6; ②呼和浩特的土地利用效益始终滞后于城市化水平, 而包头的土地利用基本同步于城市化发展, 鄂尔多斯在 2010—2014 年城市化水平落后于土地利用效益。③整个经济区处于高水平耦合阶段, 且协调状况由弱到强。[结论] 呼包鄂经济区内土地利用效益与城市化发展整体协调状况良性发展, 但各城市应根据目前的协调类型, 努力加强城市社会化建设与土地利用结构规划, 推进两者进入优质协调。

关键词: 土地利用效益; 城市化水平; 熵值法; 耦合协调度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)03-0256-07

中图分类号: F293.2

文献参数: 薛建春, 郑海潮, 王雅荣. 基于熵值法的呼包鄂区域土地利用效益与城市化水平耦合协调研究[J]. 水土保持通报, 2019, 39(3): 256-262. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.03.042; Xue Jianchun, Zheng Haichao, Wang Yarong. A study on land use benefit and urbanization level in Hohhot-Baotou-Ordos region based on entropy method[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(3): 256-262.

A Study on Land Use Benefit and Urbanization Level in Hohhot-Baotou-Ordos Region Based on Entropy Method

Xue Jianchun, Zheng Haichao, Wang Yarong

(College of Economics and Management, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou, Inner Mongolia 014010, China)

Abstract: [Objective] There is a coupling and coordinating relationship between rational land use and urbanization development. This paper studied the coupling and coordinating degree, the relative development degree and the influence of each index on the coordination degree of land use efficiency and urbanization level in Hohhot-Baotou-Ordos region from 2006 to 2015, in order to provide decision-making basis for sustainable land use and urbanization development in Hohhot-Baotou-Ordos region. [Methods] The coordination relationship and influence degree between land use benefit and urbanization were evaluated based on coupling coordination model and grey correlation model. [Results] ① The land use benefit and urbanization level have steadily increased in Hohhot-Baotou-Ordos region. The biggest increase one was Hohhot, whose value was 0.373 8 and 0.362 6, respectively. ② The benefit of land use efficiency lagged behind the level of urbanization in Hohhot City. The benefit of land use synchronized with the level of urbanization in Baotou City. The level of urbanization lagged behind the benefit of land use in Ordos City during the period from 2010 to 2014. ③ The coupling degree was at a high level, and the coordination degree was from weak to strong in the whole

收稿日期: 2018-09-25

修回日期: 2018-12-26

资助项目: 内蒙古自然科学基金“城市土地利用综合效益与城市化耦合协调分析: 以内蒙古 12 个盟市为例”(2018MS07011), 内蒙古社科基金“呼包银榆经济区土地利用效益和城市化耦合协调发展研究”(2017NDB113)

第一作者: 薛建春(1978—), 女(汉族), 内蒙古自治区呼和浩特市人, 副教授, 博士, 主要从事土地经济与管理研究。E-mail: xuejc19@163.com。

research region. [Conclusion] The overall coordination between land use efficiency and urbanization was developing well in Hohhot-Baotou-Ordos region. However, according to the current condition of coordination, urban socialization construction should be improved and land use should be reasonably planned, so as to promote the quality coordination condition between land use and urbanization.

Keywords: land use benefit; urbanization level; entropy method; coupling coordination

在城市化建设过程中,传统的外延式土地利用方式可以导致农地流失、生态恶化,并降低了城市土地利用的效益,给高质量的城市化建设带来巨大压力^[1]。城市化水平与土地利用综合效益之间存在直接的互动关系,土地利用综合效益将成为城市高质量发展的关键,同时二者之间的耦合与协调程度对探究城市土地利用效益和城市化建设水平之间的影响关系具有重要意义^[2]。

国外关于土地利用效益和城市化的相关性研究较少,且多是在城市化背景下探索土地结构变化对城市的影响,Ullah K. M.等^[3]对孟加拉首都 Dhaka 市土地利用效益进行合理性分析后,给出了城市各类土地使用面积的最佳比例。Nobel Mallick 等^[4]通过对城市经济增长驱动因素的分析,发现城市街道模式对城市土地利用变化具有显著影响。相比而言,国内的相关性研究较多,内容方面,以城市土地利用的经济效益、结构变化等与城市化之间的关系研究居多。蔚霖^[5]以河南省 17 个地级市为研究对象从理论上构建了‘建设用地集约利用—城市化’耦合协调模型,分析城市建设用地集约利用与城市化的协调程度。李佳佳等^[6]在测算城市土地利用效率的基础上分析了城市化对土地利用效率的双门槛影响效应。李平光等^[7]分析了新疆地区土地集约利用与城市化耦合协调交互作用,发现二者并非同步发展的。陈永林等^[8]定量分析了长沙市土地利用变化状况,并探讨了土地利用变化与城市化水平的关系。评价方法方面主要有层次分析法 AHP、主成分分析法、灰色关联度等^[9-10]。研究地域方面,主要集中在东南沿海经济发展较好省或市,西部地区的省、市研究较少。本文研究 2006—2015 年呼包鄂经济区的土地利用效益与城市化水平的耦合协调度与相对发展度,分析各指标对协调度的影响,以期对呼包鄂经济区的土地可持续利用与城市化发展提供决策依据。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

内蒙古自治区于 2000 年决定设立以呼和浩特市、包头市和鄂尔多斯市为中心的区域发展经济区

(下称呼包鄂经济区),经济区地处河套平原,矿产资源丰富,交通便利,是一带一路连接京津冀的重要区域。经济区位于内蒙古自治区的中部,地处蒙古高原南部土默川平原和鄂尔多斯高原,位于黄河中上游,毗邻蒙古国,是国家向北出口的重要节点,因地理位置呈现三角形被誉为内蒙古的“金三角”,呼包鄂经济区土地面积约占整个自治区的 11%,人口约占全区的 27%,但创造了全区近一半的 GDP,并且汇集了全区约一半的固定资产投资和约 66%的科技人才。作为内蒙地区的核心城市,呼包鄂经济区已经发展为内蒙地区最具活力和潜力的城市经济区^[11]。本研究通过定量分析研究区域的土地利用效益与城市化水平的耦合协调度,探索呼包鄂经济区城市建设与土地可持续利用的协调发展方式。

1.2 数据来源与计算工具

本文依据科学性与可获得性选取 2006—2015 年作为研究区间,数据主要来源于《呼和浩特统计年鉴》《包头统计年鉴》《鄂尔多斯统计年鉴》和《内蒙古统计年鉴》中各年的数据与国家统计局的统计资料;文中所有计算都采用 R 语言实现。

2 指标体系构建与研究方法

2.1 指标体系的构建

根据土地利用与城市化的内涵,在前人评价研究的基础上,依据科学性、代表性等原则,构建呼包鄂经济区土地利用效益与城市化水平评价指标体系。其中,土地利用效益反映因土地资源投入而得到的产出,土地资源投入除了在经济和社会上的产出效益外,还可以在生态环境和城市土地结构方面带来效益,因此采用土地资源在经济、社会、生态和结构 4 个维度的产出效益来反映土地利用的综合效益。城市化方面,不仅包含农村人口的城市化,还包含城市建设过程对城市的经济、社会和生态的变化,因此用人口、经济、社会和生态 4 个维度来反映城市化水平。通过整理相关文献,并对各维度进行细分,采用地均或人均来体现相关指标与土地或人口的关联性,以此构建土地利用效益与城市化水平评价指标体系(详见表 1)。

表 1 呼包鄂地区土地利用效益与城市化水平评价指标体系

准则	权重	指标	权重	准则	权重	指标	权重	
土地利用效益	经济效益	地均 GDP	0.082 7	人口城市化	0.261 4	非农人口比例	0.099 1	
		地均工业总产值	0.135 5			非农人口增长率	0.058 1	
		地均固定资产投资额	0.074 6			第三产业从业人员比重	0.108 8	
	社会效益	0.383 7	人口密度	0.131 2	经济城市化	0.272 8	人均 GDP	0.087 2
			地均用水量	0.080 1			城镇居民人均消费性支出	0.065 7
			人均居住用地面积	0.172 4			第三产业 GDP 比重	0.124 6
	生态效益	0.193 2	绿地面积比例	0.074 7	社会城市化	0.266 6	人均病床数	0.064 4
			公园绿地面积比例	0.061 7			人均出租车数	0.068 6
			建成区绿化覆盖率	0.056 8			全年人均供水量	0.120 8
结构效益	0.130 3	市区建成区面积比例	0.038 9	生态城市化	0.199 2	人均年乘公共汽车次数	0.105 6	
		建设用地比例	0.066 2			人均生活垃圾无害化处理率	0.032 2	
		道路面积比例	0.025 3			用气人口比例	0.064 9	

2.2 研究方法

2.2.1 熵权法确定权重 为了防止主观赋权法带来的人为偏差,本文采用熵值法确定各类指标的权重,具体步骤如下^[12]。

(1) 数据标准化。

① 正向指标:

$$x_{ij}' = \frac{x_{ij} - \min(x_{1j}, \dots, x_{nj})}{\max(x_{1j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, \dots, x_{nj})} \quad (1)$$

② 负向指标:

$$x_{ij}' = \frac{\max(x_{1j}, \dots, x_{nj}) - x_{ij}}{\max(x_{1j}, \dots, x_{nj}) - \min(x_{1j}, \dots, x_{nj})} \quad (2)$$

式中: x_{ij} ——第 i 个样本的第 j 个指标的数值 ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$), x_{ij}' 为标准化后的 x_{ij} 。本文中的指标均为正向指标。

(2) 计算第 j 个指标下第 i 个样本数据占该指标的比重 p_{ij} :

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}'}{\sum_{i=1}^n x_{ij}'} \quad (3)$$

(3) 计算第 j 项指标的熵值 e_j :

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (4)$$

式中: $k=1/\ln(n)>0$, 满足 $e_j \geq 0$ 。

(4) 计算信息熵冗余度 d_j :

$$d_j = 1 - e_j \quad (5)$$

(5) 计算第 j 项指标的权重 w_j :

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (6)$$

利用求出的权重分别计算第 i 个样本的土地利用综合效益与城市化的综合评价指数,计算公式如下^[13]。

$$U_i = \sum_{j=1}^m x_{ij}' w_j \quad (7)$$

式中: U_i ——土地利用综合效益或城市化水平综合评价指数; x_{ij}' ——标准化后的每个样本的指标值; w_j ——第 j 个指标的权重。

2.2.2 相对发展度模型 相对发展度用来反映土地利用系统与城市化水平系统之间相对于对方的发展水平。

$$\text{相对发展度 } E = U_T / U_C \quad (8)$$

式中: U_T ——土地利用综合效益; U_C ——城市化水平,本文采用相对发展度来表示土地利用综合效益与城市化水平相对发展程度,当 $E > 1$ 时,土地利用系统发展超前于城市化发展,当 $E \approx 1$ 时,土地利用系统发展同步于城市化发展,当 $E < 1$ 时,土地利用系统发展滞后于城市化发展。

2.2.3 耦合协调度模型 借鉴物理学中的耦合概念,用耦合度反映土地利用综合效益与城市化两个系统之间的影响程度,耦合度越强,说明两系统之间的相互作用强度越大。但这种相互作用无法体现两个系统之间的协调水平,因此再引入协调度来反映二者之间相互配合,良性互动水平。根据已有研究成果,参考席娟等耦合协调模型计算公式,构建耦合协调度模型,步骤如下^[14]。

$$\text{耦合度 } C, C = 2 \left[\frac{U_T \times U_C}{(U_T + U_C)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

$$\text{协调发展度 } D, D = \sqrt{C \times T} \quad (10)$$

$$\text{其中: } T = \alpha U_1 + \beta U_2 \quad (11)$$

式中: C ——土地利用综合效益与城市化水平的耦合度, C 的值域为 $[0, 1]$, 当 C 取值为 1 时,说明两个系统之间能够达到完美契合,二者之间的结构与发展走向高度一致,反之,当 C 取值为 0 时,二者之间的结构与发展方向成无序状态。另外可以将耦合度分为 4 个阶段^[15], 当 $0 < C \leq 0.3$ 时为低水平耦合阶段; 当

0.3 < C ≤ 0.5 时为颀颀阶段;当 0.5 < C ≤ 0.8 时为磨合阶段;当 0.8 < C ≤ 1 时为高水平耦合阶段。

T——整体评价指数,α 和 β 为待定系数且 α + β = 1,现认为土地利用系统与城市化系统同等重要,因此取 α = β = 0.5^[16]协调度 D 的域值为 [0, 1],在参考前人文献基础上^[17],将协调度划分为 8 个阶段,即 0.000 < C ≤ 0.125 为严重失调,0.125 < C ≤ 0.250 为中度失调,0.250 < C ≤ 0.375 为轻度失调,0.375 < C ≤ 0.500 为濒临失调,0.500 < C ≤ 0.625 为勉强协调,0.625 < C ≤ 0.750 为中级协调,0.750 < C ≤ 0.875 为良好协调,0.875 < C ≤ 1.000 为优质协调。

2.2.4 灰色关联度模型 文章采用灰色关联度模型分析土地利用效益各指标对城市化系统的关联大小与城市化水平各指标对土地利用系统关联度大小。计算公式为:

$$\zeta_{U_i} = \frac{\Delta U_i(\min) + \rho \Delta U_i(\max)}{\Delta U_i(k) + \rho \Delta U_i(\max)} \quad (12)$$

$$R_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_{U_i}(k) \quad (13)$$

式中:ζ_{U_i}——灰色关联系数;ΔU_i(k)——各样本土地利用效益各项指标与城市化水平各指标的系统综合指数的绝对差值;ΔU_i(min),ΔU_i(max)——绝对差值中的最小值或最大值;ρ——分辨系数,取值范围为(0, 1),本文取 ρ = 0.4^[18];R_i——灰色关联度,R_i 越高说明该指标对另一系统影响越强。

3 结果与分析

3.1 土地利用效益与城市化发展评价

根据公式(7)分别计算呼包鄂城市土地利用综合效益与城市化综合指数(见图 1),利用综合指数的比值确定土地利用效益与城市化相对发展度(见图 2)。

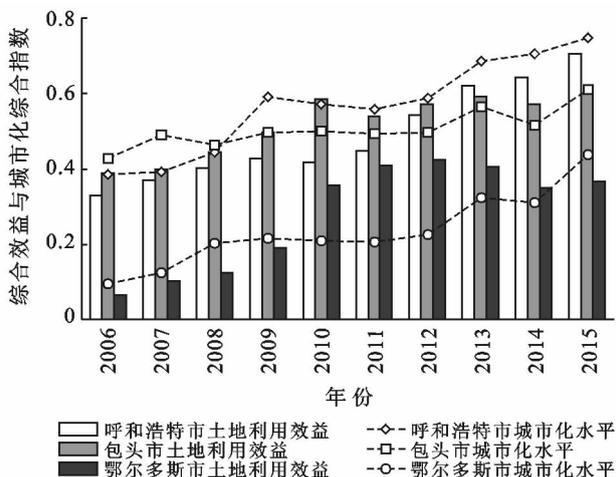


图 1 呼包鄂地区土地利用效益与城市化水平综合指数

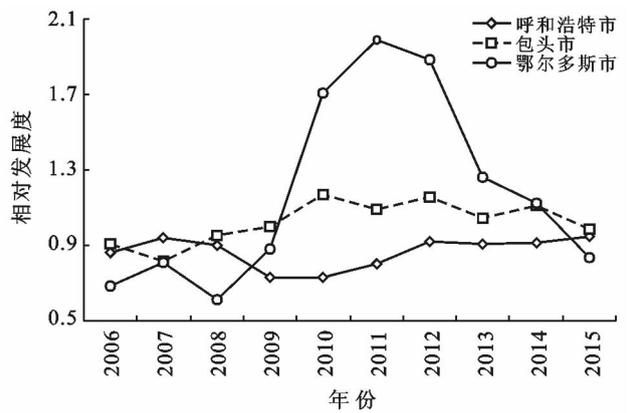


图 2 呼包鄂地区土地利用效益与城市化相对发展度

从图 1 中可以看出,呼包鄂经济区土地利用效益与城市化水平整体呈逐年上升趋势,且 10 a 中呼包鄂 3 市的平均土地利用与平均城市化综合指数分别为:0.490 6,0.518 3,0.278 7 和 0.567 0,0.505 7,0.234 6。鄂尔多斯土地利用效益低于呼和浩特与包头市,2012 年鄂尔多斯土地利用效益达到峰值,但与呼和浩特、包头市分别相差 0.118 0 和 0.148 9。从城市化水平方面看,包头市城市化水平增速缓慢,呼和浩特城市化水平增速最快,鄂尔多斯的城市化水平始终落后于呼和浩特和包头,但差距在逐步缩小,2006 年落后于包头市 0.333 3,2015 年落后于呼和浩特市 0.311 0。从相对发展度指标看(图 2),呼和浩特市的土地利用与城市化相对发展度取值范围在(0.726 3, 0.942 7)之间,说明呼和浩特市 10 a 间的土地利用发展均滞后于城市化水平,城市化过程中存在不合理的土地利用现象;而包头相对发展度在 E = 1 处上下波动,范围在(0.814 0, 1.171 3)之间,在 2009—2014 年相对发展度都略大于 1,此时土地利用超前于城市化,其他年份的相对发展度 E 均小于 1,土地利用滞后于城市化,这说明包头市的土地利用效益相对于城市化进程来说边角滞后;鄂尔多斯市 2006—2009 年,土地利用滞后于城市化发展,随后在 2010—2014 年间,土地利用效益远超城市化水平,2015 年鄂尔多斯相对发展度回落到 0.835 7,整体曲线呈现倒“U”的形状。

3.2 土地利用效益与城市化耦合协调发展度分析

根据耦合协调度模型测算土地利用与城市化耦合协调度(见表 2)。从表 2 中可以看出,2006—2015 年呼包鄂经济区土地利用与城市化水平耦合度均处于高水平耦合阶段,呼和浩特市由勉强协调过度到良好协调,包头市由中级协调过度到良好协调,而鄂尔多斯的土地利用效益与城市化协调类型在 2006—2015 年间先后经历了轻度失调、濒临失调、勉强协调与中级协调,其协调状况初始较差但随时间不断改

善。呼包鄂 3 市的协调度 10 a 间变化量分别为：0.254 5,0.140 4和 0.349 7,所以,比较 2015 年的协调水平为：呼和浩特>包头>鄂尔多斯,但比较协调发展变化量为：鄂尔多斯>呼和浩特>包头。作为内

蒙古的工业城市、稀土城市,包头努力追求工业化,忽略了土地利用的生态效益与城市化发展,导致研究区内两者的协调发展缓慢,而鄂尔多斯在快速城市化建设的同时兼顾土地利用方式,协调发展较快。

表 2 呼包鄂地区土地利用效益与城市化水平耦合协调度

年份	呼和浩特市			包头市			鄂尔多斯市		
	C	D	协调类型	C	D	协调类型	C	D	协调类型
2006	0.997 2	0.597 3	勉强协调	0.998 7	0.638 7	中级协调	0.982 5	0.281 9	轻度失调
2007	0.999 5	0.617 2	勉强协调	0.994 7	0.663 9	中级协调	0.994 6	0.333 9	轻度失调
2008	0.998 7	0.650 4	中级协调	0.999 7	0.674 2	中级协调	0.970 3	0.397 4	濒临失调
2009	0.987 3	0.709 5	中级协调	1.000 0	0.703 4	中级协调	0.998 0	0.448 4	濒临失调
2010	0.987 7	0.699 3	中级协调	0.996 9	0.735 2	中级协调	0.965 5	0.522 8	勉强协调
2011	0.994 0	0.706 6	中级协调	0.999 0	0.717 2	中级协调	0.943 5	0.538 0	勉强协调
2012	0.999 2	0.751 2	良好协调	0.997 5	0.730 4	中级协调	0.952 1	0.555 9	勉强协调
2013	0.998 8	0.808 0	良好协调	0.999 7	0.759 6	良好协调	0.993 3	0.601 7	勉强协调
2014	0.998 9	0.820 3	良好协调	0.998 7	0.736 1	中级协调	0.998 4	0.573 6	勉强协调
2015	0.999 6	0.851 9	良好协调	1.000 0	0.779 0	良好协调	0.9960	0.631 6	中级协调

注:C为耦合度;D为协调度。

3.3 相关性分析

对历年呼包鄂经济区的土地利用效益、城市化水

平、相对发展度、耦合度和协调度这 5 项指标进行分析,得到的具体结果见图 3。

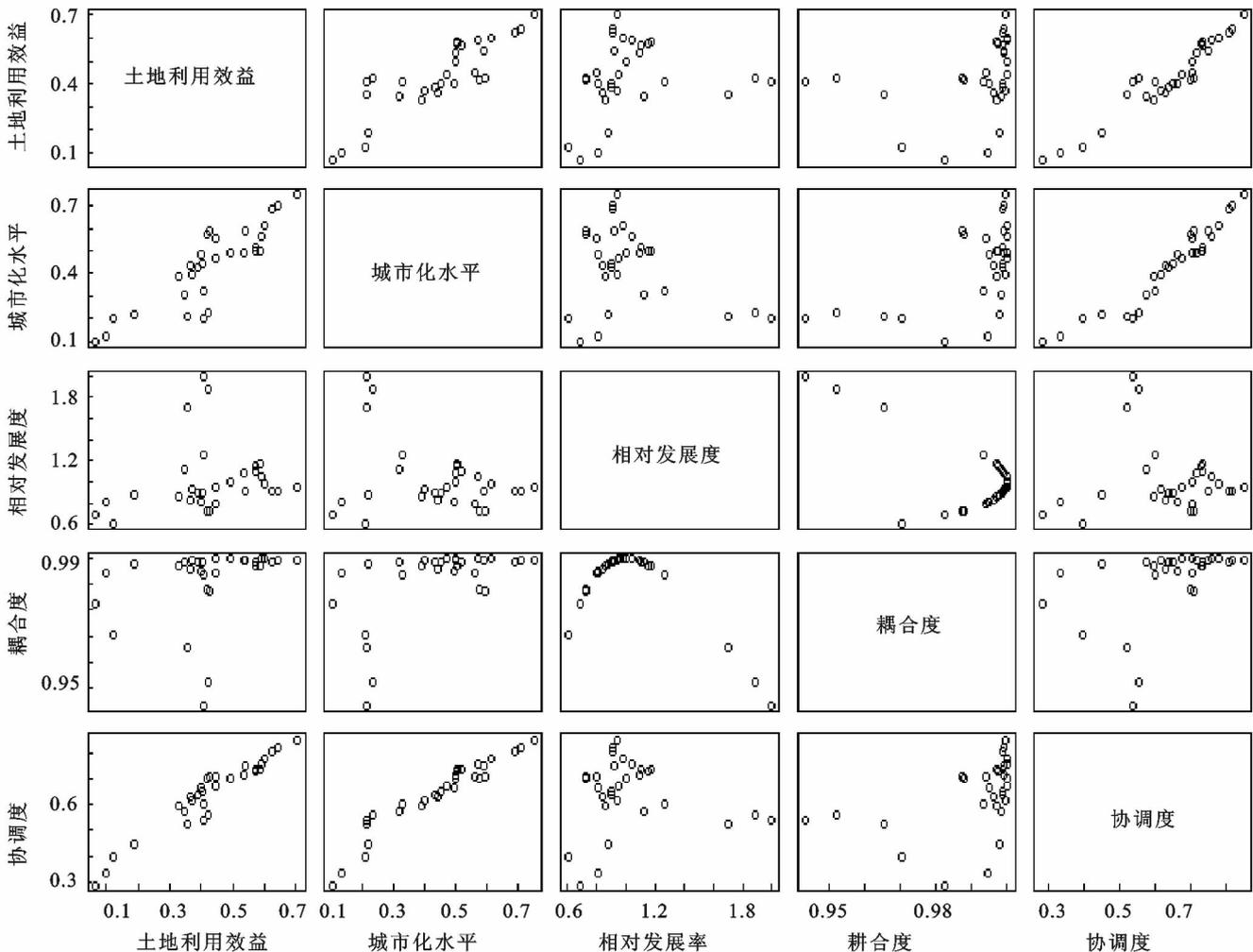
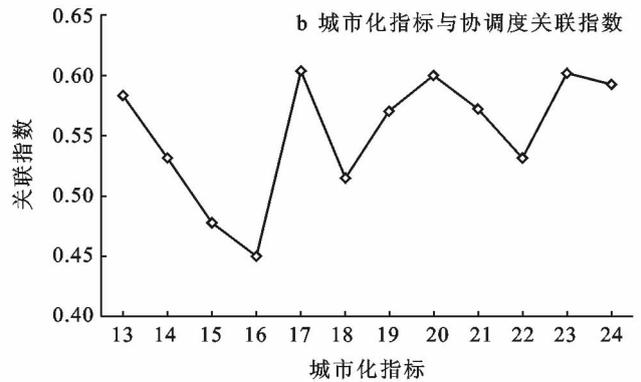
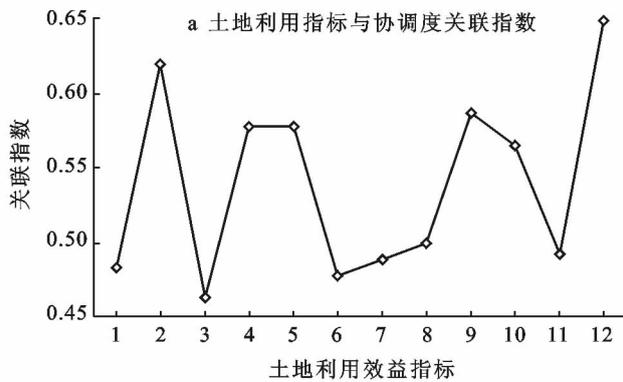


图 3 呼包鄂地区土地利用效益与城市化水平耦合协调度特征

从图 3 中可以较为明显看出土地利用效益、城市化水平分别和协调度之间存在高度相关性。采用灰色

关联度模型测算土地利用效益各指标对协调度的关联指数与城市化各指标对协调度的关联指数(图 4)。



注:1 地均 GDP; 2 地均工业总产值; 3 地均固定资产投资额; 4 人口密度; 5 地均用水量; 6 人均居住用地面积; 7 地均绿地面积; 8 地均公园绿地面积; 9 建成区绿化覆盖率; 10 市区建成区面积比例; 11 建设用地比例; 12 道路面积比例; 13 非农人口比重; 14 非农人口增长率; 15 第二三产业从业人员; 16 人均 GDP; 17 城镇居民人均消费性支出; 18 第三产业 GDP 比重; 19 人均病床数; 20 人均出租车数; 21 全年人均供水量; 22 人均年乘公共汽车次数; 23 人均生活垃圾无害化处理率; 24 用气人口比例。

图 4 土地利用与城市化水平关联指数

从图 4 a 中可以看出土地利用效益各指标中道路面积比例和地均工业总产值指标与协调度关联指数最高,分别为 0.648 1 和 0.618 8,而地均固定在产投资额和人均居住面积指标与协调度的关联最低,分别为 0.463 3 和 0.477 1,这说明协调度对土地利用效益指标中道路面积比例和地均工业总产值指标的变化较为敏感,相关度排序为:结构效益>社会效益>生态效益>经济效益;城市化水平中城镇居民人均消费支出和人均生活垃圾无害化处理率指标与协调度的关联指数最高,分别为 0.604 3 和 0.602 7,而人均 GDP 和第二三产业 GDP 比重指标与协调度的关联指数最低,分别为 0.450 0 和 0.514 3,说明呼包鄂经济区土地利用效益与城市化水平协调度对城市化水平指标中的城镇居民人均消费支出和人均生活垃圾无害化处理率指标的变化较为敏感,相关度排序为:社会人口化>生态城市化>人口城市化>经济城市化。

4 结论

(1) 构建了呼包鄂经济区土地利用综合效益与城市化水平评价指标体系,运用熵值法进行权重计算,根据计算结果发现:2006—2015 年间,呼包鄂经济区土地利用综合效益与城市化水平稳步上升,且呼和浩特的增速最快,鄂尔多斯土地利用效益与城市化水平落后于其他 2 个城市。从相对发展度观察,呼和浩特的土地利用始终滞后于城市化,包头市的土地利用与城市化相对发展度在 $E=1$ 处上下波动,而鄂尔多斯在 2010—2014 年出现了城市化大幅度落后于

土地利用的现象,这恰好与当时鄂尔多斯大面积占用耕地修建住宅与写字楼的实际情况相吻合。

(2) 在土地利用与城市化的耦合协调方面,3 个城市均处于高水平耦合阶段,同时协调度均稳步上升。呼和浩特与包头因城市建设较早,所以在研究时段内分别从勉强协调与中级协调过渡到良好协调,协调度增长幅度分别为 0.257 9 和 0.140 3,尽管鄂尔多斯的协调度从轻度失调上升至中级协调,但 10 a 间鄂尔多斯的协调度增幅最大为 0.349 7。因此,整个经济区应该积极优化产业结构,探索城市土地布局,从 3 个城市的功能定位与资源、产业基础上寻找其他增长土地利用效益的新动力,同时推进城市化建设。

(3) 通过灰色关联度模型分别测算各指标与协调度的关联情况,结果表明,呼包鄂经济区土地利用的社会效益与结构效益对协调度的影响较大,同时,社会城市化水平与生态城市化水平对协调度的影响较大,因此呼包鄂经济区在土地利用方面可以通过加强城市土地的空间优化与结构优化来提高土地利用的社会效益和结构效益;在城市化方面应努力加强城市社会化建设,发挥城市的聚集效应,加快推进城市生态文明建设,保持经济区生态和谐,努力实现土地利用效益和城市化水平之间的优质协调。

[参 考 文 献]

- [1] 李树枝,郭端雪. 2015 年全球土地利用现状分析及启示[J]. 国土资源情报, 2016(12): 3-9.
- [2] 王磊,王琰琰,张宇. 城市土地利用效益与城市化耦合协

- 调性分析:以环渤海地区 27 个城市为例[J]. 生态经济, 2017,33(5):25-28.
- [3] Ullah K M, Mansourian A. Evaluation of land suitability for urban land-use planning: Case study Dhaka City[J]. Transactions in GIS, 2016,20(1):20-37.
- [4] Nobel M, Imran B H. Changes of land use with urban growth: A study on Cox's Bazar, Bangladesh[J]. Scientific & Engineering Research, 2017,8(4):1321-1326.
- [5] 蔚霖. 河南省建设用地集约利用与城镇化耦合协调关系分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016,30(2):20-25.
- [6] 李佳佳, 罗能生. 城镇化进程对城市土地利用效率影响的双门槛效应分析[J]. 经济地理, 2015,35(7):156-162.
- [7] 李平光, 李松, 郭路明, 等. 新疆地区城市土地集约利用与城镇化耦合协调性分析[J]. 浙江农业学报, 2014,26(6):1688-1695.
- [8] 陈永林, 谢炳庚, 李晓青, 等. 2003—2013 年长沙市土地利用变化与城市化的关系[J]. 经济地理, 2015,35(1):149-154.
- [9] 王晋良. 大连城市化进程与土地利用的关系[J]. 中国人口·资源与环境, 2009,19(1):59-63.
- [10] 吕越, 陈忠清. 浙江省城镇化与生态—经济—环境耦合发展与动态计量[J]. 水土保持通报, 2016,36(5):261-265.
- [11] 田雨, 张彬. 呼包鄂城市群府际合作问题研究[J]. 内蒙古社会科学: 汉文版, 2016,37(1):187-192.
- [12] 钱宏胜, 岳汉秋, 梁亚红, 等. 河南省城市土地集约利用与城市化耦合协调性评价[J]. 水土保持研究, 2015,22(4):348-353.
- [13] 王伟娜, 宋戈, 孙丽娜. 哈尔滨市土地利用效益耦合关系研究[J]. 水土保持研究, 2012,19(2):116-120.
- [14] 席娟, 张毅, 杨小强. 陕西省城市土地利用效益与城市化耦合协调发展研究[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2013,47(1):117-123.
- [15] 王芳萍, 师燕, 姚步青, 等. 西宁市土地利用效益与新型城镇化耦合协调度研究[J]. 水土保持研究, 2016,23(6):253-259.
- [16] 张明斗, 莫冬燕. 城市土地利用效益与城市化的耦合协调性分析: 以东北三省 34 个地级市为例[J]. 资源科学, 2014,36(1):8-16.
- [17] 左乃先, 白永平, 左京平, 等. 城市土地利用效益与城市化耦合协调发展研究: 以陕甘宁 27 个城市为例[J]. 水土保持研究, 2015,22(6):267-272.
- [18] 白硕, 杨永春, 史坤博, 等. 中国西部河谷型城市土地利用效益与城市化耦合协调发展研究[J]. 世界地理研究, 2016,25(6):87-95.

(上接第 242 页)

- [15] Song Guobao, Chen Yu, Tian Meirong, et al. The Ecological Vulnerability Evaluation in Southwestern Mountain Region of China Based on GIS and AHP Method[J]. Procedia Environmental Sciences, 2010(2):465-475.
- [16] 齐姗姗, 巩杰, 钱彩云, 等. 基于 SRP 模型的甘肃省白龙江流域生态环境脆弱性评价[J]. 水土保持通报, 2017,37(1):224-228.
- [17] 马骏, 李昌晓, 魏虹, 等. 三峡库区生态脆弱性评价[J]. 生态学报, 2015,35(21):7117-7129.
- [18] 李永化, 范强, 王雪, 等. 基于 SRP 模型的自然灾害多发区生态脆弱性时空分异研究: 以辽宁省朝阳县为例[J]. 地理科学, 2015,35(11):1452-1459.
- [19] 王军邦, 王居午, 叶辉, 等. 2000—2012 年全国气温和降水 1 km 网格空间插值数据集[J]. 中国科学数据, 2017,2(1):73-80.
- [20] 王耕, 韩冬雪. 1964—2014 年大连市降雨侵蚀力时空演变分析[J]. 中国水土保持, 2017(11):54-56, 67.
- [21] 赵国卫, 赵大庆, 大连市气象志编纂委员会. 大连市气象志[M]. 北京: 气象出版社, 2014:109-151.
- [22] 蒋玉玲, 张戈. 大连市地质灾害评价研究[J]. 国土与自然资源研究, 2018(2):13-18.
- [23] 付晶莹, 江东, 黄耀欢. 中国公里网格人口分布数据集 [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI:10.3974/geodb.2014.01.06.V1.
- [24] 黄耀欢, 江东, 付晶莹. 中国公里网格 GDP 分布数据集 [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI:10.3974/geodb.2014.01.07.V1.
- [25] 郭宾, 周忠发, 苏维词, 等. 基于格网 GIS 的喀斯特山区草地生态脆弱性评价[J]. 水土保持通报, 2014,34(2):204-207.
- [26] Chen Yun, Yu Jia, Khan S. Spatial sensitivity analysis of multi-criteria weights in GIS-based land suitability evaluation[J]. Environmental Modelling & Software, 2010, 25(12): 1582-1591.
- [27] Xu Erqi, Zhang Hongqi. Spatially-explicit sensitivity analysis for land suitability evaluation [J]. Applied Geography, 2013,45:1-9.
- [28] 赵小娟, 叶云, 周晋皓, 等. 珠三角丘陵区耕地质量综合评价及指标权重敏感性分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8):226-235.
- [29] 黎敏. 耦合系统下的城市脆弱性评价研究[D]. 辽宁大连: 辽宁师范大学, 2018.