

基于经济驱动因子的土地利用 结构变化区域差异分析 ——以哈大齐工业走廊为例

臧淑英, 王凌云, 那晓东

(黑龙江省普通高等学校地理环境遥感监测重点实验室, 哈尔滨师范大学, 哈尔滨 150025)

摘要: 在遥感技术和地理信息系统平台的支持下, 以1980~2005年间的6期遥感影像为基础, 经过矢量化后得出哈大齐工业走廊范围内的哈尔滨、大庆和齐齐哈尔市区的土地利用变化数据。结合三个城市的经济统计数据, 建立土地利用动态变化模型, 在此基础上引入两个驱动因子评价指标(驱动效率指数和经济效益指数), 对比分析三个城市的土地利用结构与经济发展的关系, 对其土地利用结构进行合理性分析。研究表明: 大庆市随着石油资源的耗竭, 地区的经济产业结构做出相应调整, 土地利用结构趋于相对稳定; 哈尔滨在多元化的经济发展模式下, 形成相对合理的土地利用结构, 进而促使经济不断保持协调稳定发展; 齐齐哈尔市驱动因子评价指数尚未趋于稳定, 区域经济发展还在很大程度上依赖土地资源的消耗。本研究为进一步的土地评价和土地利用结构调整提供相应的基础和依据。

关键词: 土地利用结构; 区域差异; 土地利用动态变化模型; 哈大齐工业走廊

文章编号: 1000-0585(2011)02-0224-09

1 引言

土地利用结构是区域自然、经济、社会和科学技术诸条件的综合表现^[1]。近年来, 随着我国社会生产力的发展, 不合理利用土地的现象日趋严重, 许多国家越来越关注合理评价和利用土地资源的研究^[2]。其中土地利用结构评价分析是土地利用研究的关键问题, 是土地利用研究由理论到实践的必经环节^[3, 4]。

国外学者在评价及分析土地利用结构时, 从社会、生态、经济的综合效益角度分析, 设计优化及选取模型^[5], 在土地利用结构分析评价及优化研究中建立 ARC/INFO 数据库, 作出区域模型进而计算出土地的价值等级, 并且采用系统动力学模型、APH 法、多目标决策规划指标等现代方法进行土地结构优化^[6~8]。我国学者在借鉴国外城市土地利用结构及经济效益研究成功经验的基础上^[9, 10], 提出要优化城市土地资源的配置, 合理利用土地资源, 提高用地的经济效益, 就必须科学地确定用地性质和发展方向, 协调各项用

收稿日期: 2010-04-21; **修订日期:** 2010-10-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(40871082); 教育部博士点基金项目(20092329110001); 黑龙江省海外学人项目(1154h08); 黑龙江省高等学校科技创新团队建设计划项目

作者简介: 臧淑英(1963-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为LUCC与3S综合应用。E-mail: zsy6311@163.com

王凌云(1985-), 黑龙江哈尔滨人, 研究生, 从事资源与信息系统研究工作,
E-mail: wanglingyun.1985@163.com

地的空间功能布局,对各类用地进行综合部署和全面安排,研究方法上采用各种技术进行尝试,但在基于经济驱动因子的土地利用结构变化的区域性对比研究并不多,对土地利用直观的合理性研究仍存在不足,土地利用评价指标的主观性较强、软指标量化处理不够、指标缺乏针对性等也是当前研究中存在的问题^[11~14]。本文将引入定量的驱动因子评价指标(即驱动效率指数和经济效益指数)为土地利用结构提供一个直观的评价标准,对哈大齐工业走廊范围内的哈尔滨、大庆、齐齐哈尔三个城市先分别预测其土地利用变化趋势,再对其土地利用结构进行对比分析,总结在其经济发展模式下的土地利用结构特征,为进一步的土地分析和调整提供定性、定量的基础和依据,更有助于土地资源的高效利用,实现区域可持续发展。另外,选取这三个城市进行对比分析,可以发现不同经济发展类型的地区的土地利用结构变化存在的差异,这对土地资源可持续利用科学决策和LUCC研究的深化具有重要的现实意义和理论意义^[15]。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

本文研究区哈大齐工业走廊位于黑龙江省的南部,呈长条状,东西方向上约跨3个经度,122°~125°E,南北方向约跨越4个纬度,44°~48°N。是以哈尔滨为龙头,以大庆和齐齐哈尔为区域骨干,包括沿线肇东、安达等市在内的经济区域,也是黑龙江省经济实力最强、工业化水平最高、经济辐射力最大、可供开发利用土地资源丰富的地区。总面积2.118万km²。该区域总体的地势较为平坦,海拔较低,水资源丰富,由于受地形、气候、植物等自然因素及人为活动的影响,哈大齐工业走廊地区属于温带大陆性季风气候,雨热同季,四季分明。土壤类型较多,主要以黑土、黑钙土、沼泽土、草甸土等为主。

2.2 数据来源

数据源包括覆盖哈尔滨、大庆和齐齐哈尔三个城市的遥感影像。时间跨度为1980~2005年,共分为6个时间段:2005年、2000年、1995年、1990年、1985年和1980年。由于不同时期的数据源不同,所以处理的方式也不同:2005年、2000年、1995年和1990年采用Landsat-5 TM遥感影像,分辨率为30m;1985年和1980年采用Landsat MSS遥感影像,分辨率为80m。通过<http://www.dqfgw.gov.cn/>等网址查找得出哈尔滨、大庆和齐齐哈尔三个城市十一五规划期间的经济统计数据。

2.3 数据预处理

2.3.1 遥感影像预处理 以1:100 000地形图作为基础控制数据,在Erdas Imagine 8.7的支持下,将2005年Landsat TM影像与其进行几何纠正,标准误差控制在0.5个像元内。以纠正后的2005年的影像为基准,配准其他各期影像。将各期影像投影转为统一的Albers投影(双标准纬线多圆锥投影)。根据哈大齐研究区的特点和分析精度要求,参照《土地利用现状调查技术规程》^[16]和《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》^[17],将哈尔滨、大庆和齐齐哈尔的土地利用类型进行统计,分成六种土地利用类型,分别为耕地、林地、草地、水域、建筑用地、未利用地。在GIS环境下,根据不同土地覆盖类型的影像色调、纹理等特征,建立相应的遥感解译标志,进行人机交互式判读,进行查错修改和拼接,最终得到1980年、1985年、1990年、1995年、2000年及2005年的土地利用/覆被数据。其中1980年、1985年、1990年及1995年的数据以当年的地形图、地貌图、植被图等专题图为依据进行数据校验,而2000年和2005年的数据,采用GPS定位实地选取

134 个采样点进行核对, 建立精度评估误差矩阵, 计算出生产者精度、用户精度和总体精度 (见表 1)。哈尔滨、大庆和齐齐哈尔市各期土地利用类型的面积统计如图 1 所示。

表 1 哈大齐地区土地利用分类精度评价表

Tab. 1 The accuracy assessment of land use classification of Ha-Da-Qi Industrial Corridor

年份	生产者精度 (%)						用户精度 (%)						总体精度 (%)
	未利用地	草地	耕地	林地	水域	建筑用地	未利用地	草地	耕地	林地	水域	建筑用地	
1980	88.2	81.7	73.2	91.6	84.7	91.3	77.5	91.4	90.6	91.2	90.1	79.1	88.3
1985	91.7	83.2	76.8	93.2	87.7	89.7	92.1	81.1	74.2	90.1	85.3	81.5	87.3
1990	88.9	84.6	79.3	92.8	84.5	87.6	86.4	87.9	82.1	93.4	84.6	86.7	89.6
1995	87.8	80.4	80.4	90.1	86.5	80.2	76.2	84.2	94.2	96.3	78.6	93.7	90.7
2000	87.4	87.7	87.7	89.7	83.6	82.8	94.1	86.5	85.6	91.2	91.2	92.1	91.8
2005	80.1	86.4	86.4	94.1	81.3	93.2	80.1	90.2	81.4	94.2	84.6	89.2	88.4

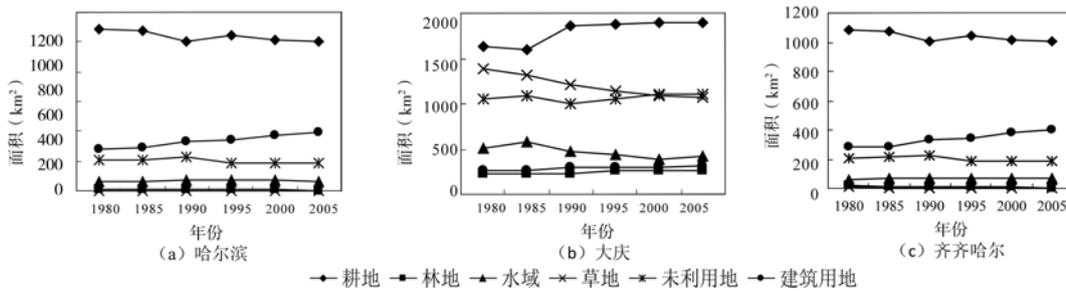


图 1 哈尔滨、大庆和齐齐哈尔土地利用变化

Fig. 1 The land-use change of Harbin, Daqing and Qiqihar

2.3.2 经济统计数据预处理

根据国际地圈生物圈计划 (IGBP) 和国际全球变化的人文因素计划 (IHDP) 的建议, 土地利用与土地覆被变化 (即 LUCC) 的主要驱动因子大体分为三大类: 自然条件类因子、管理类因子和经济类因子^[18, 19]。自然条件类因子主要包括气温和降雨量等; 经济类因子主要包括人口规模、技术发展和自然资源因素等; 管理类因子包括科学的管理和居民生活传统等。其中人口是人类社会经济因素中最主要的因素, 也是最具有活力的土地利用与土地覆盖变化的驱动力之一, 人口密度与土地利用变化速率呈正相关关系, 人口增长速度越快, 土地利用变化也越快, 三个城市的规模不同所以在人口数量上存在着相对的差异; 另外考虑到区域的生产力水平和产业结构是土地利用变化的直接决定因素, 三个城市经济产业结构又各具特点, 所以本文选取各地区的第一、二产业产值以及人口数量等经济类因子作为主导驱动因子。通过图书、年鉴、网络等途径分别查找到所需要的大庆、哈尔滨及齐齐哈尔三城市的市区经济统计数据, 如图 2 所示。

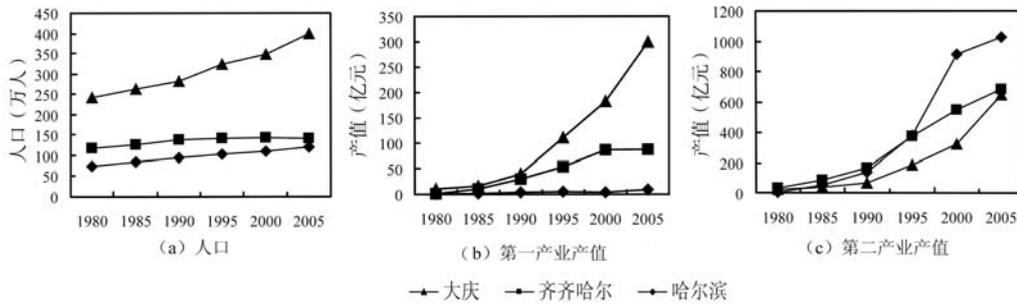


图 2 哈尔滨、大庆和齐齐哈尔人口及第一、二产业产值

Fig. 2 The population and first and second industrial production value of Harbin, Daqing and Qiqihar

2.4 分析方法

2.4.1 土地利用动态变化模型 本文采用集成多元回归土地利用模型 (Z-H 模型) 描述土地利用变化过程与经济驱动因子之间的关系^[20], 进而揭示区域土地利用变化的规律。由于没有任何抽象的假设, Z-H 模型在实际应用中表现出直观的概念性和可行的操作行优势。Z-H 模型的简化形式是

$$G^{m+1} = G^m + H^m F^{m+1} \tag{1}$$

$$\text{这里 } G^{m+1} = \begin{bmatrix} \Delta L_1^{m+1} \\ \Delta L_2^{m+1} \\ \vdots \\ \Delta L_k^{m+1} \end{bmatrix}, G^m = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^k \Delta L_{-i}^m \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k \Delta L_{ki}^m \end{bmatrix}, F^{m+1} = \begin{bmatrix} \Delta f_1^m \\ \Delta f_2^m \\ \vdots \\ \Delta f_n^m \end{bmatrix}$$

$$\text{让 } h_{li}^m = \partial (dL_{li}^m) / \partial f_p^m \text{ 和 } \sum_{i=1}^k h_{li}^m = h_{lp}^m, \text{ 可以得出 } H^m = \begin{bmatrix} [h_{l1}^m] & [h_{l2}^m] & \dots & [h_{ln}^m] \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ [h_{k1}^m] & [h_{k2}^m] & & [h_{kn}^m] \end{bmatrix}$$

其中 ΔL_i^{m+1} 是指土地类型 i 在 $m+1$ 阶段的增加量, ΔL_j^m 是指在 m 阶段土地类型 i 转变成 j 的增加量 ($i \in k, j \in k$), Δf_p ($p \in n$) 是驱动因子 p 的增量, $h_{li}^m = \partial (dL_{li}^m) / \partial f_p^m$ 被定义为驱动因子 p 在 ΔL_j^m 上的驱动效率增量, 也就是每单位驱动因子增加量上的土地变化二阶增量, 其中 $i \in 6, j \in 6$ 且 $p \in 3$ 。

Z-H 模型中的系数具有其特定的物理意义, 每单位驱动因子增加量上的土地变化二阶增量 (ΔL_j^m) 可用于解释土地利用变化与影响因子之间的关系。

2.4.2 土地利用评价指标 Z-H 模型可以由 m 阶段的数据预测 ($m+1$) 阶段的土地增加量 G^{m+1} 。式 (1) 中土地增加量 ΔL_i^m 和驱动因子增加量 Δf_p^m 相互制约, 有明显的因果关系。在前期的经济条件作用下, 形成了现阶段的土地利用格局, 而当前的土地利用格局又影响并制约着将来的经济发展状况。也就是说 Δf_p^m 影响 ΔL_i^m 并且 ΔL_i^m 反作用于 Δf_j^{m+1} 。因此, 本文引入以下两个指标来定量描述这样的关系:

$$\text{驱动效率指数} \quad S_p^m = \Delta L_p^m / \Delta f_p^m \tag{2}$$

$$\text{经济效益指数} \quad R_p^m = \Delta f_p^{m+1} / \Delta L_p^m \tag{3}$$

驱动效率指数是指每耗费单位经济成本所能获得的土地资源增量。对于第一、二产业产值驱动效率指数的单位为 ($\text{km}^2/\text{元}$), 而人口驱动效率指数的单位为 ($\text{km}^2/\text{人}$)。经济

效益指数表示单位土地资源增量所导致的下一阶段经济效益的增量。本文选取以上两个指数对比分析哈尔滨、大庆和齐齐哈尔在不同经济发展模式下的土地利用结构变化特征。

3 结果分析

3.1 土地利用结构预测结果

根据 Z-H 模型, 模拟出 1995~2005 年间的土地利用变化过程, 并且根据十一五规划数据提供的 2006~2010 年间的经济驱动因子统计数据 (人口、第一产业产值、第二产业产值) 预测 2010 年的各类型土地利用的增加量。

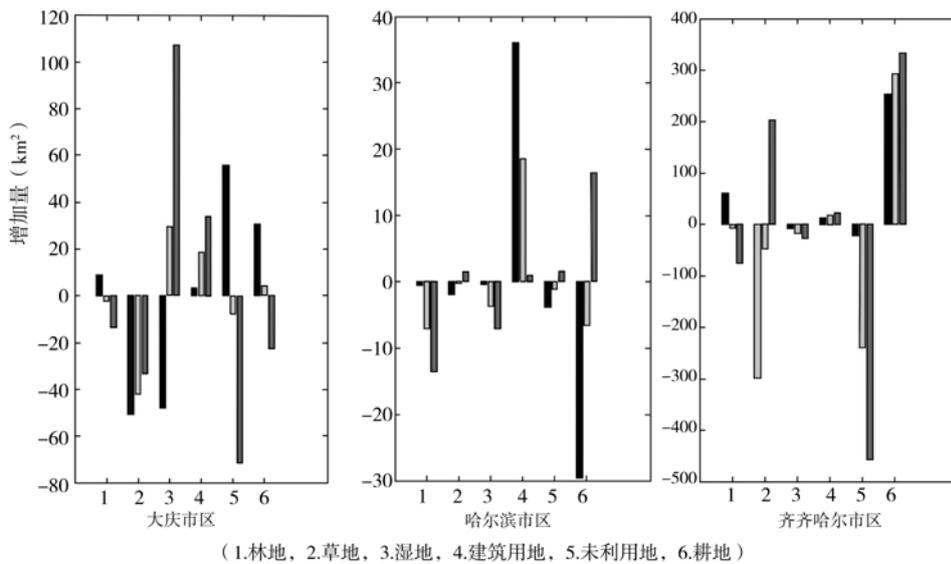


图3 2000年、2005年和2010年的各类型土地增量

Fig.3 Various types of land increment in 2000, 2005 and 2010

图3为预测出的三个城市的土地增量。由图3可见, 哈尔滨地区的耕地面积大幅度增加, 林地及未利用地面积大量减少; 齐齐哈尔地区的林地面积也急剧减少, 草地面积呈显著增加趋势; 而大庆地区由于其资源型城市的特点耕地和未利用地的面积大幅度减少, 建筑用地及水域面积继续增加。且预测结果可作为计算经济效益指数的依据。

3.2 土地利用结构评价

根据公式(2)计算出的三个城市的驱动效率指数的结果如图4a所示。从图4a可以看出, 在1990~2005年间, 大庆市驱动效率指数值在较大的范围内波动, 这表明其土地利用结构随着经济驱动因子的变化经历了较大的调整。而2005年之后大庆地区几乎所有土地利用类型的驱动效率指数值都逐渐趋近于0。表明2005年以后, 经济驱动因子增量变化时土地利用的增量不会发生明显的变化, 即在当前的经济条件下, 土地利用结构趋于稳定。这种趋势的主要原因是大庆市是一个典型的资源型城市, 其土地利用结构被主导产业(即石油开采和石油产品加工)所影响, 与石油产业相关的用地占用优先于其他产业被使用, 这就形成了油田建设用地不断增加而其它土地利用类型不断减少的趋势, 这种变化在1990~2005年的城市发展阶段极为明显和集中。但2005年后, 随着石油资源开采的不

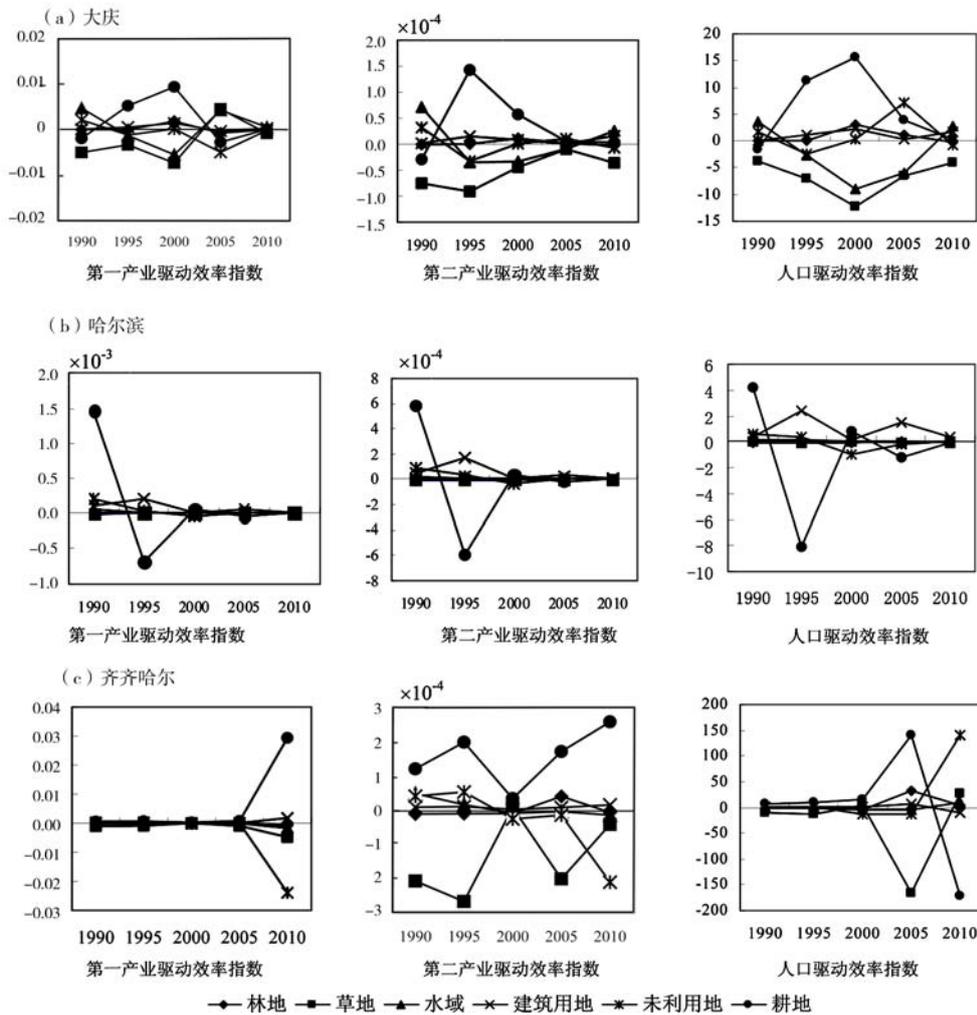


图 4 驱动效率指数

Fig. 4 Specific driving efficiency index

断耗竭，石油产业的发展受到限制，地区的经济产业结构作出相应调整，最终使土地资源与经济的发展达到一个相对稳定的模式。

由图 4b 看出，1990~2010 年哈尔滨市的驱动效率指数始终是趋于 0 的，并在较小的范围内波动。这表明经济驱动因子的变化对哈尔滨土地利用结构的影响并不显著。哈尔滨城市发展较为全面，经济产业结构均衡，在发展工业、制造业的同时大力地开拓了对外贸易，加强与邻国的经济往来，提高科技对农业的支撑力，提升现代服务业的发展水平和规模。这种多元化的经济发展模式使得其经济发展对土地资源的消耗不会像资源型城市那样显著。

从图 4c 中可以看出 1990~2000 年齐齐哈尔市的驱动效率指数以 0 值为中心波动。2000 年以后，各土地利用类型的驱动效率指数呈发散状态。这主要是由于 2000 年以后，随着地区经济的快速发展，城市的土地利用结构也在不断随之发生变化。尤其值得注意的是这一阶段该地区的经济发展是以消耗土地资源为代价的。齐齐哈尔市大力发展装备制造

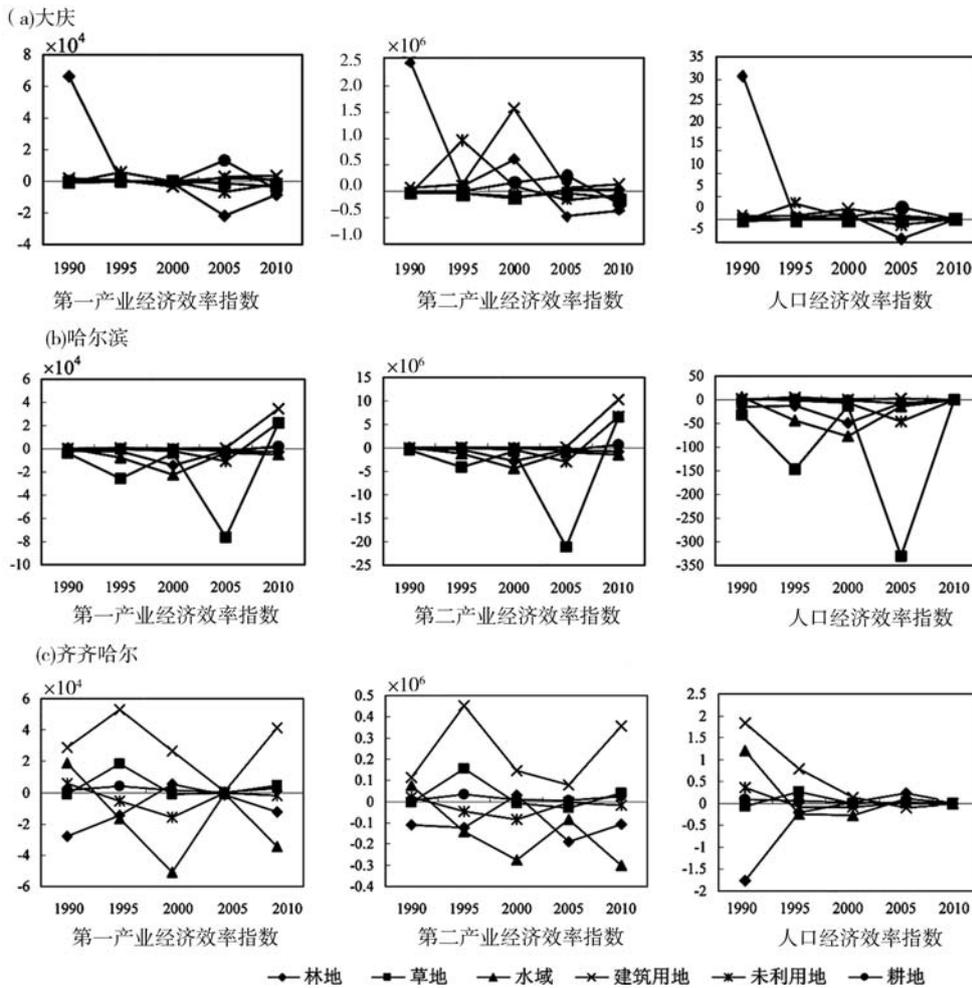


图 5 经济效益指数

Fig. 5 Specific economic benefit index

业，需要形成强大产业链，在一定程度上占用了其他类型的土地用地，是导致土地资源消耗的主要原因。

由公式 (3) 计算出的三个城市的经济效益指数的结果如图 5 所示。由图 5a、图 5b 可以看出大庆和哈尔滨市在 1990~2010 年间，各土地利用类型的经济效益指数值集中在一个较小的范围内。这就表明当前的土地利用结构已经趋于稳定的状态，城市经济发展不再单纯依赖于土地资源的消耗。由图 5c 可见，在 1990~2010 年间，各土地利用类型的经济效益指数在较大的范围内波动，这表明齐齐哈尔市土地利用结构尚未趋于稳定，区域经济发展还在很大程度上依赖土地资源的消耗。

4 结论与讨论

本研究引入两个经济驱动因子评价指标（驱动效率指数与经济效益指数），对比分析了哈尔滨、大庆、齐齐哈尔三个城市的经济发展对土地利用结构的差异性影响。研究结果

表明: 大庆市作为资源型城市, 石油资源的大量开采使土地资源遭到破坏, 随着资源的不断耗竭又导致经济的发展受到限制, 从 1995 年到 2005 年这一阶段变化尤为突出, 所以大庆市在 2005 年之后及时对地区的经济产业结构做出相应调整, 最终使土地资源与经济的发展达到一个相对稳定的模式。哈尔滨作为一个综合性发展的大型城市, 其发展经济的过程中并不像大庆那样过多的依赖于土地资源的开采, 政府政策的支持, 对外贸易的加强以及高新技术的不断提高等因素是其经济发展的重要推动力。齐齐哈尔市与以上两个城市的不同之处在于, 其经济发展达到某一程度后对土地资源的依赖性逐渐增强, 导致土地利用结构失衡, 这种不合理的土地利用结构必然会影响到未来的经济发展。

经济驱动因子对土地利用结构变化研究的意义在于揭示人类的经济活动及产业结构在时间和空间上对土地利用结构的影响, 预测经济发展状况与土地利用结构是否稳定合理相互协调, 对土地利用规划、城市规划以及产业结构调整都具有一定的指导意义。本文仅对经济驱动因子影响下三个城市的土地利用结构差异进行了分析, 但是如何根据当前的经济发展模式调整土地利用结构, 以实现经济的可持续发展需要在今后的研究中进一步完善。

参考文献:

- [1] 陈百明, 张风荣. 中国土地可持续利用指标体系的方法. 自然资源学报, 2001, 16(3): 197~203.
- [2] 蒙吉军. 土地评价与管理. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 朱照宇, 邓清禄, 匡耀求, 等. 土地资源质量及可持续利用宏观评价指标与 TLEL 模式. 地球科学—中国地质大学学报, 2001, 26(2): 217~220.
- [4] 张保华, 陈莲华. 城市郊区土地持续利用评价研究. 聊城师院学报(自然科学版), 2000, 13(3): 63~66.
- [5] 陈玉兰. 天山北坡经济带土地利用结构分析及效益研究. 乌鲁木齐: 新疆农业大学经济与管理学院硕士学位论文, 2006.
- [6] Gao Qingzhu, Kang Muyi, Xu Hongmei, *et al.* Optimization of land use structure and spatial pattern for the semi-arid loess hilly-gully region in China. *Catena*, 2010, 81(3): 196~202.
- [7] Thinh N X, Arlt G, Heber B, *et al.* Evaluation of urban land-use structures with a view to sustainable development. *Environmental Impact Assessment Review*, 2002, 22(5): 475~492.
- [8] Serra P, Pons X, Sauri D. Land-cover and land-use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factor. *Applied Geography*, 2008, 28(3): 189~209.
- [9] 兰仰金, 韦素琼. 福州市城镇用地经济效益分析. 福建地理, 2003, 18(2): 16~19.
- [10] 阿拉腾图雅, 宝音, 乌兰图雅. 内蒙古土地利用现状及其经济效益分析. 水土保持研究, 2009, (3): 185~187.
- [11] 张忠国, 高军. 从经济效益和生态效益来探索城市土地利用的合理模式. 中国人口·资源与环境, 2004, 2(2): 104~106.
- [12] 王海平. 湖南省常德市洞庭湖洪涝灾害区土地利用结构评价研究. 北京: 中国地质大学(北京), 2007.
- [13] 倪绍祥, 刘彦随. 区域土地资源优化配置及其可持续利用. 农村生态环境, 1999, 15(2): 8~12.
- [14] 关伟, 王雪. 大连市土地利用变化的人文因素. 地理研究, 2009, 28(4): 990~1000.
- [15] 童绍玉, 蔡运龙, 李双成. 云南省楚雄市与双柏县土地利用变化对比研究. 地理研究, 2006, 25(3): 397~405.
- [16] 中华人民共和国国家标准, GB/T7929-1995, 土地利用现状调查技术规程.
- [17] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [18] Turner II B T, Skole D, Sanderson S. Land Use and Land Cover Change: Science/Research Plan. IGBP Report, No. 35 and HDP Report No. 7, Stockholm and Geneva, 1995.
- [19] 李秀彬. 全球环境变化的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. 地理学报, 1996, 51(6): 553~557.
- [20] Zang Shuying, Huang Xi. An aggregated multivariate regression land-use model and its application to land use change processes in the Daqing region (Northeast China). *Ecological Modelling*, 2006, 193: 503~516.

Regional disparities analysis of land-use structure based on economic driving factor: Taking Ha-Da-Qi Industrial Corridor as a case

ZANG Shu-ying, WANG Ling-yun, NA Xiao-dong

(Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Geographic Environment,
College of Heilongjiang Province, Harbin Normal University, Harbin 150025, Heilongjiang, China)

Abstract: Supported by RS and GIS platform, the vectorial land use change data of Harbin, Daqing and Qiqihar, which were in the range of Ha-Da-Qi Industrial Corridor, were obtained on the basis of the remote sensing images covering 1980, 1985, 1990, 1995, 2000 and 2005. Based on economic statistical data of the three cities and the dynamic change model of land use, the land use change increment data of 2010 were predicted. Furthermore, two driving indicators (driving efficiency index and economic benefit index) were introduced to evaluate the land use change, and the relationships between land use structure and economic development in the three cities were compared. In addition, the rationality of the land use structure was analyzed. The results showed that, the land resources in Daqing damaged due to excessive exploitation of petroleum resources. At the same time, the exhaustion of oil resources led to the restriction on economic development in the city, especially from 1995 to 2005, thus the regional industries has been restructured correspondingly since 2005 in order to make the land resources and economic development in a relatively stable way. As for Harbin, the economic development was not dependent on the exploitation of land resources completely compared with Daqing city. In the major city, more factors such as government policies, foreign trade and high technology dominated its economic development. Different from the two cities analyzed above, the economic development of Qiqihar city tended to be dependent on land resources to a certain degree, hence resulting in the imbalance in the land use structure, which would inevitably affect the regional economic development in the future. So, this research provides a basis for further evaluation of land use and land use structure adjustment.

Key words: land-use structure; dynamic change model of land-use; Ha-Da-Qi Industrial Corridor