

文章编号:1000 - 8462(2009)05 - 0746 - 06

道路交通系统对区域工业布局的影响

严 颢^{1,2}, 刘 毅¹, 陈吉宁¹, 吴洪斌¹

(1.清华大学 环境科学与工程系,中国 北京 100084 2.福建省环境保护设计院,中国福建 福州 350003)

摘 要 道路系统建设改变区域交通条件、促进各种生产力要素的空间转移和重组,进而对区域工业布局产生深远影响。以工业区位论为理论基础,采用多智能体系统与土地利用/土地覆盖变化研究方法,基于地理信息系统建立了道路交通对区域工业布局的影响分析模型(MAS/RIND)。运用该模型分析了案例地区主干道路系统对 9 类工业行业区位选择的影响,识别未来发展中各行业的可能分布区域。

关键词 道路系统;工业布局;多智能体系统;MAS/RIND 模型

中图分类号 F50;F424.1

文献标识码 A

道路交通系统的发展会对其周边地区的生产布局产生重要影响。交通线路的建设和交通网络的完善,提高了区域的可达性,促进各种生产力要素的空间流动和转移,逐渐形成交通经济带,最终改变区域的土地利用方式和产业布局^[1]。由此确定的区域经济格局和污染排放格局,将对整个地区的可持续发展产生深远影响。

本文结合工业区位理论与智能体行为分析方法,建立道路交通系统对区域工业布局影响分析的技术方法,并以某地区为案例给出具体分析。

1 研究综述

研究交通系统对工业布局/土地利用的影响涉及经济地理学、区域经济学、产业经济学等多个学科领域。国外研究方法以区位论方法和土地利用/土地覆盖变化(LUCC)模型为核心^[2];国内研究则主要集中于对城市交通系统与土地利用的相关性分析^[3,4]、交通经济(产业)带^[5]等方面。

1.1 区位论方法

区位论是经济地理学领域最基本的一种产业布局/土地利用研究理论。韦伯工业区位论以运输成本最小化为约束条件,认为在给定原料地和市场的条件下,影响工业布局的首要区位因子为交通运输,其次为劳动力和集聚因素。运输格局引导工业布局形成基本网络,劳力和集聚使基本网络产生第一次及第二次形变。此外,制造业行业的原料指数 MI(地方性原料重量与产品重量的比值)的大小决定了企业布局趋向于靠近原料供应地还是产品

销售市场^[5]。区位论方法大大丰富了土地利用的研究范畴,一定程度上解释了产业布局及城市空间扩展现象。然而,这类方法缺少对于人类活动各种特性的分析,也没能对土地利用变化中的不确定性展开深入研究。

1.2 土地利用与土地覆盖变化(LUCC)模型

能够模拟人类活动复杂性的 LUCC 模型主要包括进化模型(主要指人工神经网络 ANN)、元胞模型(包括元胞自动机 CA 以及马尔可夫模型)及综合模型^[2]。ANN 可用于模拟微分方程等数学公式所不易描述的非线性复杂空间现象,但是其“黑箱”的特点使其无法对土地利用演变的动力机制给出合理解释^[2]。CA 用于模拟复杂空间(元胞)的发展变化,但对于空间发展的过程及原因缺乏解释,模型中元胞的进化与具有主观能动性的政府、企业等微观个体没有直接的联系^[6]。为了克服 CA 模型的局限性,基于多智能体系统(Multi-Agent System, MAS)的建模方法逐步得到发展,用于模拟人类活动影响下的土地利用变化。

1.3 MAS/LUCC 模型

智能体(Agent)具有以下特征:自主性、通过交流协作来分享共同的环境、做出与环境息息相关的决策^[2]。智能体可以是生物细胞、人类个体以及社会组织等。MAS 建模是以人类活动为研究对象进行复杂系统分析与模拟的重要方法^[7]。MAS 方法最初产生于计算机领域,随后逐步扩展到其它相关学科领域研究。目前, MAS/LUCC 模型主要被用于四个交叉学科领域:自然资源管理^[8]、农业经济学^[9]、考古

收稿时间 2008 - 12 - 18;修回时间 2009 - 03 - 15

基金项目 国家自然科学基金项目(编号 40701057/D0110)和国家“十一五”科技攻关支撑项目计划(编号 2006BAJ02A01-02)联合资助。

学^[10]以及城市仿真模型^[11-13]。

MAS/LUCC 实际上就是整合了 MAS 和 CA 模型的一个综合模型。更确切地说, MAS/LUCC 没有既定的数学方程,而是提出了一套建模的理念和原则。CA 模型用于描绘土地景观及其发展变化的过程, MAS 用于刻画关键智能体进行决策活动的行

为,这两个部分通过智能体及其外部环境之间的相互依赖及反馈行为整合到 MAS/LUCC 模型中^[2]。MAS/LUCC 模型弥补了前述诸多模型的缺陷(表 1),能够模拟人类对土地景观的自主决策活动,描绘社会经济学及生物物理学的复杂性及其相互作用和反馈。

表 1 几种主要的土地利用模型方法比较
Tab.1 Comparison of selected methods for modeling regional land use

模型名称	模型简介	优势	不足
区位论方法 人工神经网络(ANN)	研究空间发展变化过程 通过大量数据训练,建立神经网络模型	能够解释产业布局及其演变原因 模拟非线性复杂空间现象	静态分析,对人类活动缺少分析 网络训练的內部过程不可知,无法解释用地变化的原因和过程
元胞自动机(CA)	模拟元胞的发展变化过程。由元胞、状态、邻域及转换规则构成。	框架简单、开放,可以模拟复杂的进化过程	忽略社会组织等个体对元胞进化过程的影响
MAS/LUCC 模型	MAS 与 CA 的结合。MAS 模块模拟智能体决策过程,CA 模块模拟土地利用变化过程	模拟智能体的决策行为对土地利用变化的影响	无法完全模拟复杂的人类活动

道路交通系统对区域工业布局的影响是政府对经济发展及环境保护的要求及各行业企业对运输区位因素的偏好共同作用于区域土地利用的结果。本研究以工业区位论为理论基础,采用 MAS/LUCC 研究方法,结合投入产出分析及地理信息系统技术,建立了一个道路系统对区域产业布局影响的分析模型 (multi-agent system for regional industrial distribution, MAS/RIND), 分析和识别道路交通系统建设对区域工业布局的影响。

等)确定其对于各种区位因素的依赖程度,并选择对自己最有利的地块进行布局,政府对区域进行空间管制,引导和约束企业的选址行为。MAS/RIND 模型通过模拟智能体的选址要求以及各地块的特性,预测区域内的工业企业选址布局(图 1)。

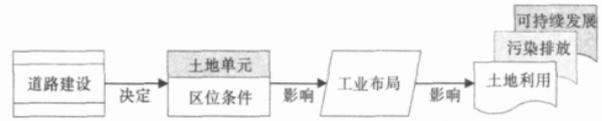


图 1 MAS/RIND 模型框架
Fig.1 Conceptual framework of the MAS/RIND model

2 研究方法

2.1 MAS/RIND 模型框架

区域工业布局体现为众多工业企业的选址。决定企业选址的决策者/智能体有两类,企业和政府。企业希望通过适当选址获得成本最小化,理性政府则更多侧重于安全生产、环境保护、资源有效利用等方面,希望通过约束和引导行业选址布局以达到经济和环境的协调发展。企业和政府之间存在相互制约、共同获得利益和承担责任的交流关系。本研究采用 MAS 来模拟两类智能体的相互作用及其对区域工业布局的影响。

影响政府决策的因素包括地质地貌、水土流失、生态功能区划、环境功能区划等,同时也考虑区域经济发展水平,影响企业决策的主要因素为区位条件(区位因素值)。这些影响因素共同构成区域内全部土地单元(地块)的自身属性。交通线路是决定区位条件的重要因素之一,道路建设通过作用于土地区位条件而影响企业和政府的决策。

企业根据各自的属性(如行业类别、自身规模

2.2 道路系统对区域工业布局的影响分析

本研究从企业的选址偏好和政府对企业布局的控制引导出发,在区域土地利用现状已知的前提下,综合考虑三类区位因子(运输、劳动力和集聚),参照土地利用与土地覆盖变化模型,遵循工业布局的一般性原理,结合 MAS 分析方法和 GIS 技术,对各工业行业在区域空间上最有可能出现的布局情况进行预测分析,并在此基础上对区域的工业布局进行评价,为交通规划、区域环境调控、区域经济可持续发展提供决策依据。MAS/RIND 模型的技术路线如图 2。

2.2.1 前提假设。模型假设:①全部企业所需的劳动力在临近的居住区内可得,且无价格地区差异;②新建工厂与现有所有工厂均有产生集聚的可能;③区内主干道路全路段不封闭,可随意进出,即主干道路全路段对同一距离的吸引力相同。在前 2 个假设条件下,模型将工业企业对劳动力和集聚的依赖转化为对与居住用地和现有工业用地距离的要求来考虑。

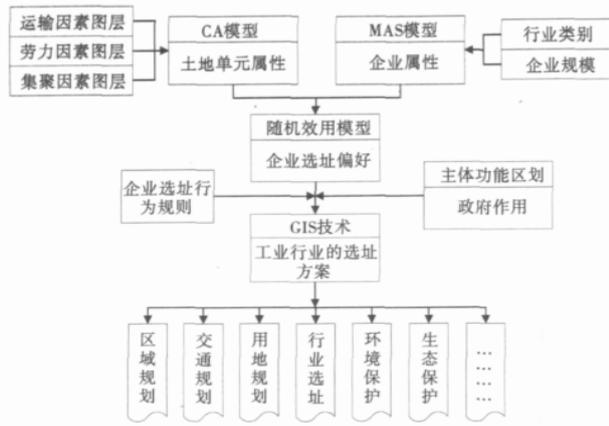


图 2 MAS/RIND 模型研究技术路线
Fig.2 Analytical framework of the MAS/RIND model

2.2.2 企业偏好。在企业追求效用最大化假设的前提下,以多项式 logit 随机效用模型^[14]为基础,对企业选址偏好进行计算。模型认为对象对于智能体的效用由各影响因素的属性值和各智能体对每个因素的重视程度来决定。某地块 j 对第 n 个企业的效用 $U_{(n,j)}$ 可用式(1)表示:

$$U_{(n,j)} = \sum_{i=1} m_{ni} \times l_{ji} \quad (1)$$

式中 l_{ji} 为土地单元属性,即地块 j 的第 i 个主要因素得分值; m_{ni} 为第 n 个企业对第 i 个影响因素的倾向系数。

2.2.2.1 土地单元属性 (logit 模型中影响因素的属性值)。地块自身的属性由区位因子决定。假定研究区域内有 i 类区位因子 j 个地块,则地块的属性为一个 $i \times j$ 矩阵:

$$L(i \times j) = \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1j} \\ l_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{i1} & l_{i2} & \dots & \dots \end{pmatrix} \quad (2)$$

本研究选择三类主要因子,即交通线路、劳力及集聚。对于既定的交通线路,根据不同等级道路对产业布局的影响分析,居住出行及各种交通方式速度的统计,以及工业集聚程度与距离的关系研究(采用改进的产业地理集中度测度方法 M' 函数来计算制造业不同距离上的空间集聚程度^[15]),可确定主干道、居住用地及工矿用地缓冲距离及得分。然后,采用 ARC/Info 软件进行缓冲区划分并叠加得出区域内每一地块的因素值。

2.2.2.2 企业自身倾向 (logit 模型中智能体对每个因素的重视程度)。企业倾向矩阵由各行业企业对

每类区位因子的依赖程度来决定。 n 个企业对 i 个影响因素的倾向系数构成一个 $n \times i$ 矩阵:

$$M(n \times i) = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1i} \\ m_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{ni} \end{pmatrix} \quad (3)$$

采用投入产出表中各行业交通运输投入及劳动力投入占总投入的比重来衡量其对交通运输和劳动力的依赖程度,集聚倾向则通过各行业的地理集中指数来衡量^[16]。

2.2.2.3 企业偏好(即地块对企业的效用)。企业偏好由企业倾向系数与土地单元属性矩阵相乘得出,表达式如下:

$$U(n \times j) = M(n \times i) \times L(i \times j)$$

$$= \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & \dots & m_{1i} \\ m_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{n1} & m_{n2} & \dots & m_{ni} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1j} \\ l_{21} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ l_{i1} & l_{i2} & \dots & \dots \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \sum m_{1i} \times l_{i1} & \sum m_{1i} \times l_{i2} & \dots & \sum m_{1i} \times l_{ij} \\ \sum m_{2i} \times l_{i1} & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum m_{ni} \times l_{i1} & \sum m_{ni} \times l_{i2} & \dots & \sum m_{ni} \times l_{ij} \end{pmatrix} \quad (4)$$

通过以上运算得出各行业对区域内每个可选地块的偏好大小,即某行业新企业在地块选址的可能性大小,偏好值越大,企业选址倾向/概率越大。

2.2.3 政府的限制与引导。政府进行产业布局调控和空间管制所考虑的因素复杂众多且相关联。从生态和环境角度来看,主要因素一般包括土地建设适宜性(坡度高程、工程地质、水文地质)、生态安全和生态敏感性、环境承载力等。模型采用主体功能区概念和分析方法^[17,18],将企业选址限定在适宜发展的重点开发区、优化开发区和限制开发区内,并严格控制禁止开发区内的企业选址布局活动。

3 大连地区案例分析

大连位于我国东北沿海,面积约 13 万 km^2 ,总人口 560 万人。石油化工、电子信息、机械制造、交通设备制造、精细化工、精细钢材、纺织服装、食品加工制造以及建材等 9 类工业行业为该地区未来

重点发展行业。

主干道、居住用地及工矿用地缓冲区划分范围及得分见表 2,ARC/Info 作图结果见图 3。

3.1 土地单元属性分析

表 2 土地单元属性划分

Tab.2 Classification of buffer zones of land use

主干道		居住用地		工矿用地		得分
距离 /km	说明	距离 /km	说明	距离 /km	说明	
< 1	主要影响	< 1.4	步行	<1	最集中	5
1 - 5	一般影响	1.4 - 5	公交车 / 自行车	1 - 7.6	集中	4
5 - 15		5 - 8.2	私家车 / 出租车			3
15 - 30		8.2 - 24	轨道交通			2
> 30	无影响	> 24	基本无就业出行	7.6 - 29	分散	1

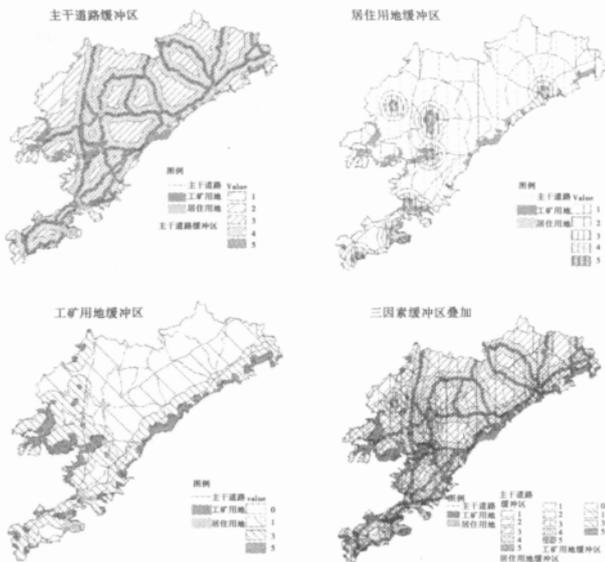


图 3 案例区域土地单元属性划分
Fig.3 Demonstration of buffer zones of land use in case study area

3.2 企业倾向系数

采用 2002 年全国投入产出表作为计算交通、劳力倾向的基础数据,将计算结果等分为 5 级(表 3)。

表 3 案例区域主要行业选址因素倾向
Tab.3 Tendency to location factors of nine industrial sectors

编号	行业名称	交通倾向	劳动力倾向	集聚倾向
IS1	石油化工	0.44	0.39	0.36
IS2	电子信息	0.39	0.44	1.00
IS3	机械制造	0.75	0.99	0.15
IS4	交通设备制造	0.48	0.61	0.11
IS5	精细化工	0.74	0.71	0.07
IS6	精细钢材	0.72	0.75	0.15
IS7	纺织服装	0.54	0.77	0.27
IS8	食品加工制造	0.79	0.81	0.15
IS9	建材	1.00	1.00	0.04

3.3 政府的限制引导

对整个区域进行生态功能区划及土地建设适宜性分区,得到区域主体功能区划(图 5)。

3.4 企业选址偏好计算结果

在上述分析的基础上,运用 ARC/Info 软件,对

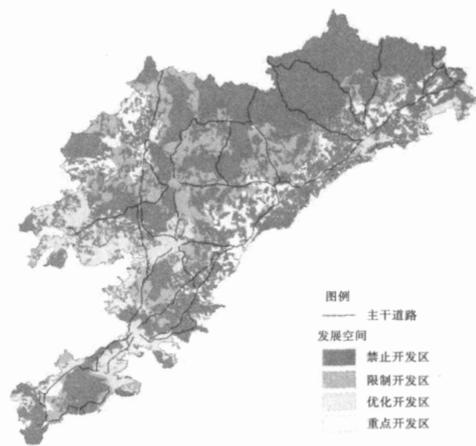


图 4 案例区域主体功能区划^[17]
Fig.4 Division of function zones for case study area

除禁止开发区外的区域,按照公式(4)对 9 类工业行业的选址偏好进行计算。定义最大偏好 $U < 7$ 的行业受区位影响较小, $7 \leq U < 9$ 的行业受到一定影响一般, $U \geq 9$ 的行业受较大影响。在 ArcGIS9.0 软件中采用 Natural Breaks(Jenks)分类方法将各行业的偏好分为高、中、低 3 等,按照行业类别对高偏好区域进行统计。结果如表 4 及图 5。

由选址偏好图可以看出,居住用地、工矿用地和道路周边的地块同时是数个行业的高偏好区域,最终由什么行业在此布局,还涉及到选址的先后顺序。可以采用不确定性分析方法,将各行业企业的分布情况进行模拟,即可得出区域内全部可能的工业布局。

4 结论与讨论

本文以工业区位论为理论基础,将 MAS 理念引入交通对工业布局的影响研究,构建了基于多智能体系统的道路网络对区域工业布局影响分析的 MAS/RIND 模型,并将劳动力、集聚两个区位因子转换为交通因素来考虑,不仅为区域工业布局研究提供基础支撑,还丰富了区域规划、交通规划、交通经济等领域的方法体系,为政府决策提供科学依据。

表 4 案例区域各工业行业选址结果分析
Tab.4 Results of the MAS/RIND model in case study area

分类	编号	工业行业	适宜分布区域	说明
U < 7	IS1	石油化工	不显著	三因子影响较平均
	IS4	交通设备	居住用地周边	受区位影响较小
7 ≤ U < 9	IS5	精细化工	道路、居住用地周边	受交通、劳力影响大
	IS6	精细钢材	道路、居住用地周边	受交通、劳力影响大
	IS7	纺织服装	居住用地周边	劳动力影响大
	IS8	食品加工制造	道路、居住用地周边	受交通、劳力影响大
U ≥ 9	IS2	电子信息	工矿用地周边	集聚倾向显著
	IS3	机械制造	居住用地周边	受劳力影响大
	IS9	建材	道路、居住用地周边	受交通、劳力影响最大

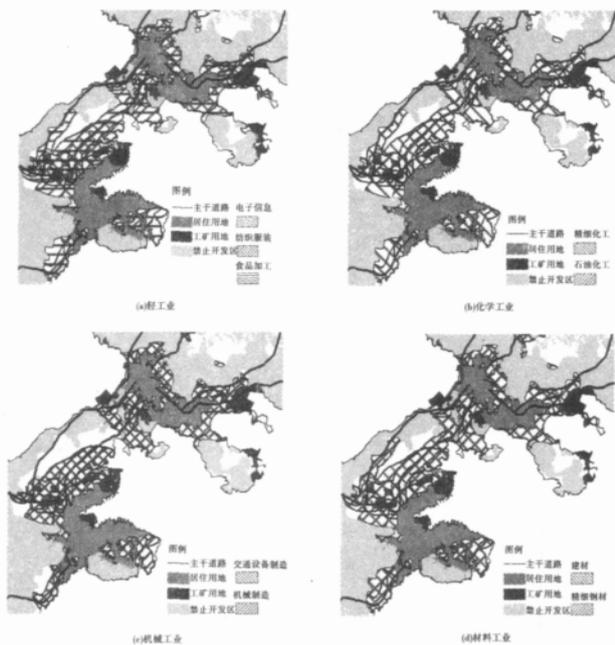


图 5 道路系统影响下案例局部地区主要工业分行业选址高偏好区域对比
Fig.5 Locating preference of main industrial sectors in case study area

案例研究表明, MAS/RIND 模型能够同时兼顾政府、企业和土地单元的特性, 综合考虑主体的决策对工业布局的影响, 识别出不同工业行业可能布局的区域分布。

参考文献:

[1] 张文尝, 金凤君, 樊杰. 交通经济带[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
 [2] Dawn C. Parker, Steven M. Manson, Marco A. Janssen, Matthew J. Hoffmann, and Peter Deadman. Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change[R]. Annals of the Association of American Geographers, 2002.
 [3] 陆化普. 交通规划理论与方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
 [4] 杨励雅, 邵春福, 刘智丽, 等. 城市交通与土地利用互动机理研究[J]. 城市交通, 2006, 4(4): 21 - 25.
 [5] 杨吾扬, 梁进社. 高等经济地理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 1997.

[6] Benenson I, Omer I, Hatna E. Entity-based modeling of urban residential dynamics: the case of Yaffo, Tel Aviv [J]. Environment and Planning B, 2002, 29: 491 - 512.
 [7] Chebeane H, Echaliier F. Towards the use of a multi-agents event based design to improve reactivity of production systems [J]. Computers & Industrial Engineering, 1999, 37: 9 - 13.
 [8] Rouchier, J., F. Bousquet, M. Requier-Desjardins, and M. Antona. A multi-agent model for describing transhumance in North Cameroon: Comparison of different rationality to develop a routine [J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2001, 25: 527 - 559.
 [9] Berger, T. Agent-based spatial models applied to agriculture: A simulation tool for technology diffusion, resource use changes, and policy analysis [J]. Agricultural Economics, 2001, 25(2-3): 245 - 260.
 [10] Dean J. S., G. J. Gumerman J. M. Epstein R. L. Axtell A. C. Swedlund M.T. Parket and S. McCarroll. Understanding Anasazi cultural change through agent-based modeling [A]. in T. A. Kohler and G. J. Gumerman eds. Dynamics in Human and Primate Societies[C]. London: Oxford University Press, 2000: 179 - 206.
 [11] Sanders L, Pumain D, Mathian H et al. SIMPOP: a multiagent system for the study of urbanism [J]. Environment and Planning B, 1997, 24: 287 - 305.
 [12] Benenson I. Multi-agent simulations of residential dynamics in the city [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 1998, 22(1): 25 - 42.
 [13] Torrens P.M. New advances in urban simulation: Cellular automata and multi-agent systems as planning support tools [A]. in S. S. Geertman J. ed. Planning Support Systems in Practice [C]. London: Springer-Verlag, 2002.
 [14] Torrens P. M. How land-use-transportation models work [R]. Enter for advanced spatial analysis working paper series 20, 2000.
 [15] 刘春霞, 朱青, 李月臣. 基于距离的北京制造业空间集聚[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 1247 - 1258.
 [16] 罗勇, 曹丽莉. 中国制造业集聚程度变动趋势实证研究[J]. 统计研究, 2005, (8): 22 - 29.
 [17] 刘毅, 李天威, 陈吉宁, 等. 生态适宜的城市发展空间分析方法与案例研究[J]. 中国环境科学, 2007, 27(1): 34 - 38.
 [18] 刘毅, 陈吉宁, 何炜琪, 等. 基于不确定性分析的城市总体规划环评方法与案例研究[J]. 中国环境科学, 2007, 27(4): 566 - 571.

THE IMPACT OF ROAD TRANSPORTATION SYSTEM ON REGIONAL INDUSTRIAL DISTRIBUTION

YAN Xie^{1,2}, LIU Yi¹, CHEN Ji - ning¹, WU Hong - bin¹

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Fujian Design Institute of Environment Protection, Fuzhou 350003, Fujian, China)

Abstract: The development of road system substantially affects regional industrial (re-)distribution, by changing transport condition and thus the spatial movement and (re-)assembly of various productive factors. Based on the industrial location theory, this article developed a GIS-based model (MAS/RIND) for analyzing the impact of road system on regional industrial distribution, by combining a multi-agent system (MAS) approach and a land use / land cover change method (LUCC). The model is then applied to a case study to identify the potential distribution areas of nine selected industrial sectors.

Key words: road system; industrial distribution; multi-agent system (MAS); MAS/RIND model

作者简介: 严 颢(1982—) 女, 彝族, 云南开远人, 硕士。主要研究方向为环境管理与环境影响评价。E-mail: yanxie1982@126.com。

(上接 713 页)

URBAN INNOVATION FUNCTION AND INNOVATIONAL SPATIAL URBAN SYSTEM

Lv La - chang^{1,2}, LI Yong - jie³, LIU Yi - hua²

(1. Guangzhou Development Academe in Guangzhou University, Guangzhou 510405, Guangdong, China;

2. School of Geographical Sciences in Guangzhou University, Guangzhou 510006, Guangdong, China;

3. Urban-rural Planning Department in Guangdong Government, Guangzhou 510500, Guangdong, China)

Abstract: With the rapid development of globalization and knowledge economy, urban functions have revolutionarily changes from the function of production, manufacturing as well as management and coordination in industrial society to the creative and innovational function. The paper views that urbanization is not only changing process of population and landscape and also is the creation of process of urban innovation function. Urban innovation function presents different characteristics, compared with other urban function. Multi-scale research from global, inter-urban and intra-urban have much significance of establishing global and China's urban spatial innovational system and perfecting urban planning.

Key words: urban innovation function; urban functional evolution; innovational spatial urban system

作者简介: 吕拉昌(1963—) 男, 博士, 教授。主要研究方向为城市与区域发展及规划。E-mail: lachanglu@yahoo.com.cn。