

地理环境下的克鲁格曼式城市体系模拟分析

葛 莹, 朱国慧, 吴 野

(河海大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 采用层次分析法和模糊集方法, 以浙江省为研究区, 构造一种能刻画地理影响程度的空间异质性的地理空间, 修正克鲁格曼城市体系模型的均质空间假设, 以期观察城市体系模型在经济和地理环境下的不同表现。模拟结果显示: ① 地理环境对模拟城市数目的波动具有持续、稳定的推动效应, 但波动幅度不大, 说明即使存在外生差异, 城市体系演化仍旧主要靠经济系统的内生力量。② 在经济或地理环境下, 模拟城市的空间分布具有均衡结构, 均呈现近乎对称的六边形格局。但纳入地理环境, 能明显提高模拟结果与实际结果的吻合程度。③ 在地理环境下, 4种权重模式的模拟结果各不相同。其中模拟城市的空间分布对经济权重占优模式的反应结果与真实环境比较一致, 说明经济地理因素对浙江城市体系演化有较大的影响。

关键词: 克鲁格曼城市体系模型; 地理空间构造; 城市体系模拟; 浙江省

中图分类号: E130

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2013)03-0273-09

20世纪90年代美国学者克鲁格曼推出一组空间区位模型, 它们是“中心—外围”模型^[1]、城市体系模型^[2]以及国际贸易模型^[3], 解释地理空间上何以存在大量集聚体的微观机理^[4]。这里, 集聚体是指遍布于现实世界的一种经济组织形式, 从工业园区到乡镇、城市, 甚至于国家, 都是不同空间尺度不同种类的集聚体^[5]。它们共处于一个更大的经济体中, 形成一种层级体系结构。

城市体系模型是“中心—外围”模型的引申, 它向我们展示若干资源禀赋相似的区位如何在规模报酬递增、要素流动以及运输成本的相互作用下, 最终演绎成各等级的城市体系框架^[6]。从本质上讲, 该模型的理论阐述严谨又清晰, 完全揭示了城市体系形成与发展的内在机制^[7]。但考虑把城市体系模型用于现实世界, 假设的“环形”均质空间就不再符合地理空间的描述^[8]。由此看来, 该模型的实证应用, 要从真实环境的地理空间重新构造入手。

Stelder^[9]提出一种“地理空间”构造方法, 即按一定的纵横间距对整个欧洲区域进行空间划分, 生成“栅格式”地理格网, 为欧洲城市体系实证模拟打下基础。Brakman等^[10]采用该方法, 将经济和地理因素纳入一个分析框架中, 讨论贸易自由化

和欧洲城市体系之间的关系。但这个空间仍旧没有考虑地表先天固有的空间差异性。现实情况是, 地理因素如地形、地貌、水系、气候等影响人口分布, 进而控制城市体系的形成和发展^[11, 12]。于是, 本文以浙江省为研究区域, 构造一种能刻画地理影响程度的异质性空间, 以修正城市体系模型的均值空间假设, 观察城市体系演化在经济和地理环境下的不同表现。

根据城市体系的形成条件, 空间异质性除受地理要素特征的影响, 还受其扩散范围的约束^[13]。本文把地理格网点视为潜在城市区位(以下统称为“地区”), 采用模糊集方法, 通过将地理影响程度表述为距离的函数来刻画各地区的空间异质性; 再使用层次分析法, 将导致城市体系演化的各种地理因素进行区分, 并赋予其不同权重; 最后结合上述2种测度方法, 构造出一种具异质性的地理空间, 代入克鲁格曼城市体系模型, 编程实现城市体系演化的模拟。

1 实证模型构建

1.1 城市体系理论模型

假设由 N 个地区组成的城市体系, 拥有同质、

收稿日期: 2012-03-12; 修订日期: 2012-07-26

基金项目: 国家自然科学基金(41071347)、地理空间信息工程国家测绘局重点实验室经费资助项目(201005)资助。

作者简介: 葛 莹(1963—), 女, 浙江慈溪人, 副教授, 主要从事GIS与区位理论研究。E-mail: geying@hhu.edu.cn

不可贸易的农业部门 A 和差异化的制造业部门 M 。 N 个地区有 L 个劳动力, 若工人占劳动力总数的比重为 γ , 于是工人数量为 γL , 农民数量为 $(1-\gamma)L$, 并设农民在空间上均匀分布, 工资处处相等。这里, 定义从 i 地到 j 地运输成本函数的基本形式为: $T_{ij} = T \wedge D_{ij}$ 。式中, D_{ij} 表示 i 地到 j 地的空间距离, 一般由欧氏距离度量, T 为运输成本参数。若将该公式代入城市体系模型, 可推导 i 地工资决定方程组^[14]:

$$W_i = \rho \beta^{\rho} \left(\frac{\delta}{(\varepsilon - 1)\alpha} \right)^{1/\varepsilon} \left(\sum_{j=1}^N Y_j T^{D_{ij}(1-\varepsilon)} I_j^{(\varepsilon-1)} \right)^{1/\varepsilon} \quad (1)$$

$$Y_i = \varphi_i (1-\gamma)L + \lambda_i \gamma L W_i \quad (2)$$

$$I_i = \left(\frac{\beta}{\rho} \right) \left(\frac{\gamma L}{\alpha \varepsilon} \right)^{1/(1-\varepsilon)} \left(\sum_{j=1}^N \lambda_j T^{D_{ij}(1-\varepsilon)} W_j^{(1-\varepsilon)} \right)^{1/(1-\varepsilon)} \quad (3)$$

式中, α 是固定成本; β 是可变成本; δ 是制造业支出份额; ρ 是指消费者对商品多样性的偏好程度, 令 $\rho = (\varepsilon - 1)/\varepsilon$, 其中 ε 是任意两种产品之间的替代弹性; φ_i 是 i 地农民所占比例, 因为农民在 N 个地区的空间分布处处相等, 于是 $\varphi_i = 1/N$; λ_i 、 λ_j 分别是 i 地和 j 地工人占有所有地区工人总数的比重; W_i 为 i 地工人名义工资; I_i 、 I_j 分别为 i 地和 j 地制成品价格指数; Y_i 、 Y_j 分别是 i 地和 j 地消费者收入。

假设商品生产仅用劳动力作为唯一要素投入, 农民原地不能迁移, 只有工人能在地区间自由迁移以追求高工资。在短期均衡阶段, 各地工人的名义工资变化率稳定, 最终维持在一定的阈值内, 名义工资停止变化。该过程可用下列方程式表示: $\frac{dW_i}{W_i} < \sigma$ 。式中, d 表示微分, σ 是阈值, 令 $\sigma = 0.001$ 。事实上, i 地名义工资并不能完全反映当地的真实生活水平。有时, 尽管该地名义工资在增长, 但其实际消费水平却在下降。为了反映该事实, 克鲁格曼^[15]引入“实际工资”变量, 说明名义工资和价格指数的关系: $w_i = W_i I_i^{-\delta}$ 。式中, w_i 表示 i 地实际工资水平。由此可知, 价格指数越低, 实际工资水平才越高。

在长期均衡阶段, 名义工资调整达到短期均衡后, 工人可以在地区间自由流动, 追求更高的实际工资水平。当且仅当各地实际工资与所有地区的平均实际工资的差额趋于稳定, 最终维持在一定的阈值内, 工人放弃迁移, 劳动力市场实现稳定。该过程可用下列方程式表示:

$$\frac{d\lambda_i}{\lambda_i} = t(w_i - \bar{w}) < \sigma \quad s.t. \bar{w} = \sum_{i=1}^N w_i \quad (4)$$

式中, t 称为收敛速度, $\bar{w}$ 是所有地区的平均实际工资。在所有的均衡状态中, 研究尝试找出稳定均衡以及在稳定均衡中, 劳动力分布与制造业支出份额、产品替代弹性和运输成本的相互关系。

1.2 地理空间的引入

中心地理论成立的前提是: ① 自然条件和资源相同且均质分布, 不存在任何地理优势; ② 交通可达性一致, 商品运费仅与运输距离有关; ③ 劳动力均匀分布, 且制造业工人的收入、需求和消费都一致^[16]。按照这些假设, 克鲁格曼构造了一个有 12 个地区的圆环, 商品仅能沿圆环运输。

在如此“环形”空间上, 当制造业支出份额够大, 或者产品替代弹性较高, 或者运输成本够低时, 原先均匀(或随机)分布的地区发生裂变, 一些具有微弱初始优势的区位, 因自我强化而不断扩大其人口规模, 最终演化为城市。换言之, 在规模经济、要素流动和运输成本的共同作用下, 无论经济活动最初如何分布, 城市总出现在两个对称的区位^[17]。

Stelder^[9]引入“地理空间”构造: ① 按一定的纵横坐标间距和统一的坐标原点, 对地球表面划分而生成一个地理格网, 以替代“环形”空间假设。② 将格网单元的中心点视为潜在城市区位(即地区), 连接每一格网单元的中心点, 以“八邻”方式构建地区间的交通网络。③ 商品运输仅限于构造的交通网络上。并采用 Floyd 最短路径算法, 计算两地间的运输距离。

应该说, Stelder 的空间重构是成功的, 但也留下一些遗憾。第一, 纳入稀少地理因素, 仅考虑高程为地理因素。第二, 完全忽视空间成本。世界上大多数城市坐落在, 濒临江河湖海、低山丘陵、矿产资源丰富、或交通便利的地区, 目的是减少空间成本。第三, 随意处理地理权重。为了强调海运的重要性, 简单赋予滨海地区高权重值。第四, 缺乏地理多态性考虑。现实版的地理格局, 唯一且无法复制。但 Stelder 没有解释在地理多态性的前提下, 即使规模经济、运输成本和要素流动等因素相同, 城市体系的空间分布状态存在多重均衡。

2 地理环境的构造

2.1 研究区域

世界上大多数城市的空间分布在一定程度上

都会受到自然或经济地理的影响,特别是大城市的地域分布更典型^[13]。地表及其先天固有的异质性都是客观存在,将城市体系模型置于空间异质性的地理环境,观察其变化,将有助于揭示城市体系形成的地理作用问题。

考虑到区域经济地理条件的多样性,选择浙江省作为研究区域,构造真实的地理环境是适当的。其主要原因是:①地形上,浙江是一个多丘陵山地的省份,地形起伏大,海拔高差悬殊。②水系上,浙江湖泊众多,水网密布,但其空间分布不均衡。③交通上,浙江目前陆路交通已超过水路交通,但由于建设成本等原因,各地陆路交通拥有量明显不同。④经济上,浙江毗邻上海和江苏,受到两地经济辐射;海岸线长达2 200 km左右,且拥有许多天然良港;专业市场对市场经济的发展也贡献良多。于是,本研究整理出4大类18种地理要素实证演绎浙江城市体系发展。具体来讲,①水系:主要面状水体、次要面状水体、主要线状河流、次要线状河流、河流。②交通:铁路、高速公路、国道、省道。③地形:高程、坡度、粗糙度。④经济:海港、内河港口、海岸线、浙江与上海境界线、浙江与江苏境界线、产业集聚区。

浙江现有11个地级市,即杭州市、宁波市、温州市、嘉兴市、湖州市、绍兴市、金华市、衢州市、舟山市、台州市、丽水市。其中,舟山地处杭州湾外东海海域,背靠长江三角洲等辽阔腹地。本文的研究区仅限于浙江省大陆地区,包括舟山群岛在内的所有岛屿均排除在外。从浙江城市发展的历史沿革来看,地级市应该是地理和市场经济共同作用的结果。因此,在地级层次上,将对实际城市和模拟城市做一番比较。

2.2 地理环境构造

制造业支出份额 δ 、产品替代弹性 ϵ 和运输成本 T 是决定城市体系演绎的3种经济因素,它们皆与距离密切相关,且服从距离衰减定律。本文以距离为度量单位,采用层次分析法和模糊集方法刻画地表及其先天固有的差异性,构造用于城市体系演化模拟的地理环境。

1) 刻画区位空间异质性

概括说来,地理优势的影响局限在一定的空间范围内,并随着物理空间上的距离而逐步衰减,直至完全消失。距离及由此带来的地理优势强弱程度,在很大程度上会诱发空间异质性。Charn-

pratheep等^[18]提出的模糊空间分析方法,能揭示这种异质性。基于这一点,本研究推导出“近”的隶属函数^[19],即

$$near = \int_0^{\alpha} 1/x + \int_{\alpha}^{\beta} 1 - 2\left(\frac{x-\alpha}{\gamma-\alpha}\right)^2/x + \int_{\beta}^{\gamma} 1 - 2\left(\frac{x-\gamma}{\gamma-\alpha}\right)^2/x + \int_{\gamma}^{\infty} 0/x \quad (5)$$

式中, $\int$ 表示模糊集, $/$ 表示“关于”, $+$ 是并集符号, x 是属性值, α 为给定的模糊下限, γ 为给定的模糊上限, β 为模糊隶属函数交点, $\beta = (\alpha + \gamma)/2$ 。各指标给定的模糊限差 α 和 γ 见表1。

2) 评价地理环境影响力

对地理环境影响力评价指标,基于它们在浙江城市发育中的相对作用,运用层次分析法^[20],分别按两个层次(指标类和指标),计算地理因素组合权重(表1)。在所有的评价指标中,交通的影响力最强,水系的影响力次之,经济和地形的影响力很弱。再通过指标类和指标排序的变换,完成地理环境多态性的构造,实现取不同地理参数反复进行试验,获取较为稳健的研究结果。

3) 计算综合地理优势程度

经过各指标的地理优势度量和权重赋值,可计算各地区的综合地理优势系数,其表达式为:

$$P_i = \sum_{j=1}^N w_{ij} P_{ij} \quad s.t. \quad \sum_{j=1}^N w_{ij} = 1 \quad (6)$$

式中, P_i 为*i*地综合地理优势值, w_{ij} 为*i*地第*j*个指标权重值, P_{ij} 为*i*地第*j*个指标地理优势值, N 为指标个数。

4) 设置制造业工人初始分布

按照每个区位的综合地理优势,设置制造业工人的初始份额。为了满足城市体系模型的假设前提,在综合地理优势上增加一个随机扰动项,实现每个区位的制造业工人初始随机分布份额。

3 研究结果与分析

所有模拟结果均借助Python语言,在ArcGIS 9.3软件环境下编程获得。模拟过程如下:①按浙江省域生成地理格网点,其分辨率为20 km×20 km。②采用ArcGIS功能,删除面状水体内的格网点,处理后的格网点数为201个。③根据八邻方式连接相邻格网点,设相邻点位间距为1单位,并采用Floyd方法获取任意两个点位间的最短距

表1 影响城市体系演化的指标、模糊限差及权重

Table 1 Criteria, linguistic values and its weights for the evolution of urban systems

指标类	指标类权重	指标项	指标权重	α	γ
水系	0.205	主要面状水体	0.425	10000	50000
		次要面状水体	0.166	9000	40000
		主要线状河流	0.235	7000	30000
		次要线状河流	0.108	5000	20000
		河流	0.067	3000	10000
地形	0.080	高程	0.691	0	10
		坡度	0.149	0	2
		粗糙度	0.160	5	10
交通	0.592	铁路	0.277	10000	50000
		高速公路	0.467	10000	50000
		国道	0.160	7000	30000
		省道	0.095	5000	20000
经济	0.123	海港	0.161	16000	32000
		内河港口	0.084	16000	25000
		海岸线	0.115	10000	100000
		浙江—上海境界线	0.326	10000	100000
		浙江—江苏境界线	0.175	10000	70000
		产业集聚区	0.138	16000	32000

离。④ 按照公式(5)和(6), 求算每个点位的地理优势综合值。并按照这些值, 设工人分布的初始份额。⑤ 按照公式(1)~(4), 让工人自由流动直至人口集聚为止, 即城市的出现。经过计算机模拟计算, 最终得到浙江省城市规模的空间分布格局。

本文模拟分为2组, 一组是在经济环境下, 另一组是在地理环境下。模型参数的初始值为 $\delta=0.4$, $\gamma=0.1956$, $\rho=0.8$, $\varepsilon=5$, $L=1$, $\beta=0.8$, $\alpha=0.08$, $\sigma=0.001$ 。其中, 对制造业支出份额 δ 、产品替代弹性 ε 和运输成本 T , 反复取不同值试验, 最终选择具代表性的模拟结果, 即 $\varepsilon=4.35$ 、 $\delta=0.4$ 和 $T=1.59$ 。

3.1 地理环境对城市数目影响

将交通权重占优模式下获得的模拟结果绘制成图1, 分析地理环境下各经济参数与城市数目的关系, 并与经济环境下的模拟结果做一番比较。

当制造业支出份额和产品替代弹性($\delta=0.4$ 和 $\varepsilon=4.35$)一定时, 地理及经济环境下运输成本和城市数目的关系显示于图1a。在地理环境下, 城市数目与运输成本的比率总体呈上升趋势, 从 $T=1.2$ 时的1个城市增加到 $T=1.7$ 时的14个城市。当且仅当运输成本位于1.55~1.65之间, 城市数目

与运输成本之间的关系呈U型变化。该模拟结果与克鲁格曼的研究结论类似, 这意味着即使存在较高的运输成本, 如果规模经济足够大的话, 制造业商品集中在少数区位上生产成本更低。

仔细比较图1a中两条曲线走势后发现, 在地理和经济环境下, 城市数目与运输成本之间均呈现出正相关, 二者总体上的发展趋势保持一致。其次, 地理环境曲线一直在经济环境曲线之上, 只有当 $T=1.6$ 时除外。也就是说, 在地理环境下, 浙江省需要更多的城市, 以克服运输距离的存在带来的空间成本。尽管如此, 相对于经济因素而言, 地理环境对城市体系演化的影响还是很小, 即使在经济发展过程中, 交通积累了相当的变化, 但总体上城市数目并没有得到明显地改善。

当产品替代弹性和运输成本($\varepsilon=4.35$ 和 $T=1.59$)一定时, 地理及经济环境下制造业支出份额和城市数目的关系显示于图1b。在地理环境下, 浙江城市数目相对于制造业支出份额而言, 呈持续下降趋势, 从 $\delta=0.4$ 时的8个城市减少到 $\delta=0.6$ 时的1个城市。也就是说, 城市数目与制造业支出份额是负相关, 即制造业支出份额越大, 浙江省需

要的城市数目越少。在更高的制造业支出份额($\delta = 0.6$)下,因为市场规模效应和价格指数效应,工人必然会流向市场规模大的区域,于是集聚优势一旦确立就能不断维持下去。这说明提高制造业支出份额,促使特大型城市的出现。

从图1b中可以看出,地理环境对浙江城市数目的影响分为3个阶段。第一阶段,制造业支出份额位于0.4~0.46之间,地理环境曲线位于经济环境曲线之下。与经济因素相比,现阶段地理因素对浙江城市规模的影响更大。第二阶段,制造业支出份额位于0.46~0.54之间,地理环境曲线“跃上”经济环境曲线。现阶段地理因素对浙江城市规模的影响程度不及经济因素。第三阶段,制造业支出份额位于0.54~0.60之间,地理环境曲线重回经济环境曲线之下。现阶段地理因素再次对浙江城市规模施加更大的影响力。

当制造业支出份额和运输成本($\delta = 0.4$ 和 $T = 1.59$)一定时,地理及经济环境下产品替代弹性和城市数目的关系按图1c所示。在地理环境下,一方面,浙江城市数目相对于产品替代弹性而言,两者呈正相关性,从 $\varepsilon = 2.8$ 时的1个城市增加到 $\varepsilon = 4.5$ 时的8个城市。换句话说,当产品替代弹性增大时,产品之间的可替代性不断增强,消费者对产品多样性的偏好程度不断降低。如果人类没有了消费的偏好,规模经济将变得毫无意义。此时,只有增加城市数目,才能够满足浙江当时生产和消费的需要。

另一方面,地理环境曲线在多数情况下均位于经济环境曲线之上。这说明地理环境对浙江城市数目的影响比经济环境大,除产品替代弹性位于2.9~3.2取值区间内。总体上,产业集聚能满足众多厂商彼此接近充分利用外部规模经济,但产

品差异性程度降低,使得产业集聚的吸引力不足,以致厂商只有通过重新寻址来换取外部规模经济。此时,城市的出现和存在正好能缓解上述矛盾。

综上所述,地理环境下得到的模拟城市数目呈一定的波动性,与经济环境相比,其波动幅度不大。这说明地理环境对城市体系演化有作用,但作用程度不明显。

3.2 地理环境对城市空间分布影响

为了揭示城市体系演化的深层机理,以基本地理组合权重(表1)为基础,从水系、交通、经济、地形等4方面,重构地理环境来参与城市体系模拟,并尝试各种手段分析城市体系形成中的地理环境影响力。首先,采用ArcGIS Point Distance和Near分析工具比较模拟结果。前者用于估算实际城市间、以及经济和地理环境下模拟城市间的平均距离;后者用于估算模拟城市和最邻近实际城市间的平均距离。

从表2中可看出,模拟城市间的点距离略大于实际城市间的点距离,且比率控制在7%以内。这说明,总体上点距离越大,模拟城市的空间分布越均匀;其发展演化与经济和地理环境密切相关,但它们的影响力比较有限。考虑到模拟城市间距离和实际城市间距离的比率,似乎经济环境下的模拟结果更符合现实。但结合模拟城市与实际城市的邻近距离,不难发现经济环境下的模拟结果并不理想。

综合来看,地理环境下的经济权重占优模式下获得的模拟结果最好,其次是水系权重占优模式,再次是交通权重占优模式,最后是地形权重占优模式。其原因是根据资源配置效率,城市的空间分布越均匀,说明其经济效益越高。并且,从模拟城市与实际城市的邻近距离来看,此时的模拟

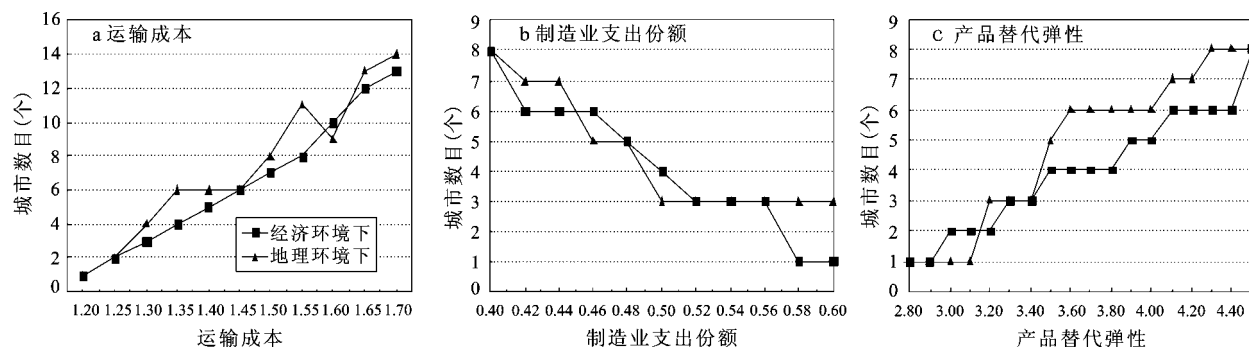


图1 地理环境对城市数目影响

Fig. 1 The effects of geographic environments on simulated city number

表2 模拟结果与实际结果的比较
Table 2 Comparison between simulation results and real results

地理权重	Point distance		Near
	点距离(m)	比率	邻近距离(m)
真实环境	177469.7717	100%	
经济环境	180460.3028	98.34%	44179.411574
地理环境	交通权重占优	180005.6445	98.59%
	地形权重占优	185619.6481	95.61%
	水系权重占优	186711.9983	95.05%
	经济权重占优	190235.3160	93.29%

结果也最接近真实状况,对此我们在后面加以解释。

图2显示了4种不同的地理权重情形下浙江城市空间分布结构。为了反映高程对城市体系形成的作用程度,将浙江DEM作为地理背景,并用灰度颜色来区分地形高低。颜色越浅,地形越高;颜色越深,地形越低。浙江陆地有地级市10个,以1990年浙江地级市人口作为参照指标,选择一组10个模拟城市的研究结果,与实际城市进行比较(图2)。

从整体上看,模拟城市的空间分布具有结构性,即使初始制造业劳动力随机分布,它们最终均呈现近乎对称的格局,且大致是六边形,这印证了克里斯塔勒和廖什的中心地理论。与现实城市相比,模拟城市的空间分布更均匀,每个地级市基本上坐落着一个模拟城市,向居住在它周边地区的居民提供各种产品和服务。不过要注意到,无论哪一类地理权重占优,模拟的城市点位空间分布格局差不多,但对模拟的城市规模空间分布格局有明显影响。

当水系权重占优(图2a)时,模拟城市分布的空间格局分为3种情况:① 模拟城市环绕或毗邻现实城市,如宁波、绍兴、金华、衢州、温州和台州。这意味着改善水利设施,能帮助绍兴、衢州、温州发展为更大的城市。② 模拟城市2和9周围没有现实城市存在,因为它们地处浙西北和西南山区,自然地理状况不允许较大规模的城市(地级市)存在。这个结论表明,集聚经济并不是城市形成与发展的唯一途径。③ 现实城市周围没有出现模拟城市,如丽水、嘉兴、杭州。据文献记载,丽水是个“九山半水半分田”的地区,它不具备较好的经济效益和发展动力。有意思的是,杭嘉湖地区具有得天独厚的自然地理条件,但却只出现一个模拟城市。这是否意味着,3个核心城市在空间

分布上太靠近,相互处于所谓的“聚集阴影”下。

克里斯塔勒认为,早期建立的道路系统对城市体系的形成有深刻影响^[12]。模拟结果有限地支持这个研究结论。以1990年道路数据为基础,对浙江城市体系进行动态模拟。结果表明,比较交通权重占优模式(图2b)和水系权重占优模式,发现模拟城市的空间分布差异不显著。浙江自古以来水网密布,航道运输发达。由于水路运输和陆路运输能达到同样的效果,所以它们的作用界分并没有人们想象的那么大。多数模拟城市位置没有改变,只是模拟城市1更靠近杭州。很明显,杭州的形成和发展受交通的影响更大。模拟城市3和8距离绍兴、台州更远。这说明改善地区间交通运输条件,未必能帮助绍兴、台州发展成为较大的城市。

在4种地理权重情形下,经济权重占优模式(图2c)与水系权重占优模式的模拟结果最接近。模拟城市分布的空间格局几乎未变,仅仅模拟城市1的位置更趋近于湖州。换句话说,对湖州地区而言,比较现实的城市化发展路径是重点改善经济环境。单个城市处在两种地理权重模式中,其城市规模会发生较大的改变。在经济权重占优模式下,模拟城市2、3(毗邻绍兴)和10(毗邻温州)的规模有所扩大,即绍兴、温州在市场经济中表现出很强的活力,吸引制造业劳动力集聚,并发展为更大规模的城市。

至于地形权重占优模式(图2d),无论是城市空间分布还是城市规模,其模拟结果显著不同于其余3种模式。总的来说,模拟城市的空间分布更均匀,但与浙江真实场景相距甚远,除模拟城市3毗邻绍兴外,其他所有城市无一例外地远离实际城市。这充分说明地形对实际城市的空间分布影响并不重要。

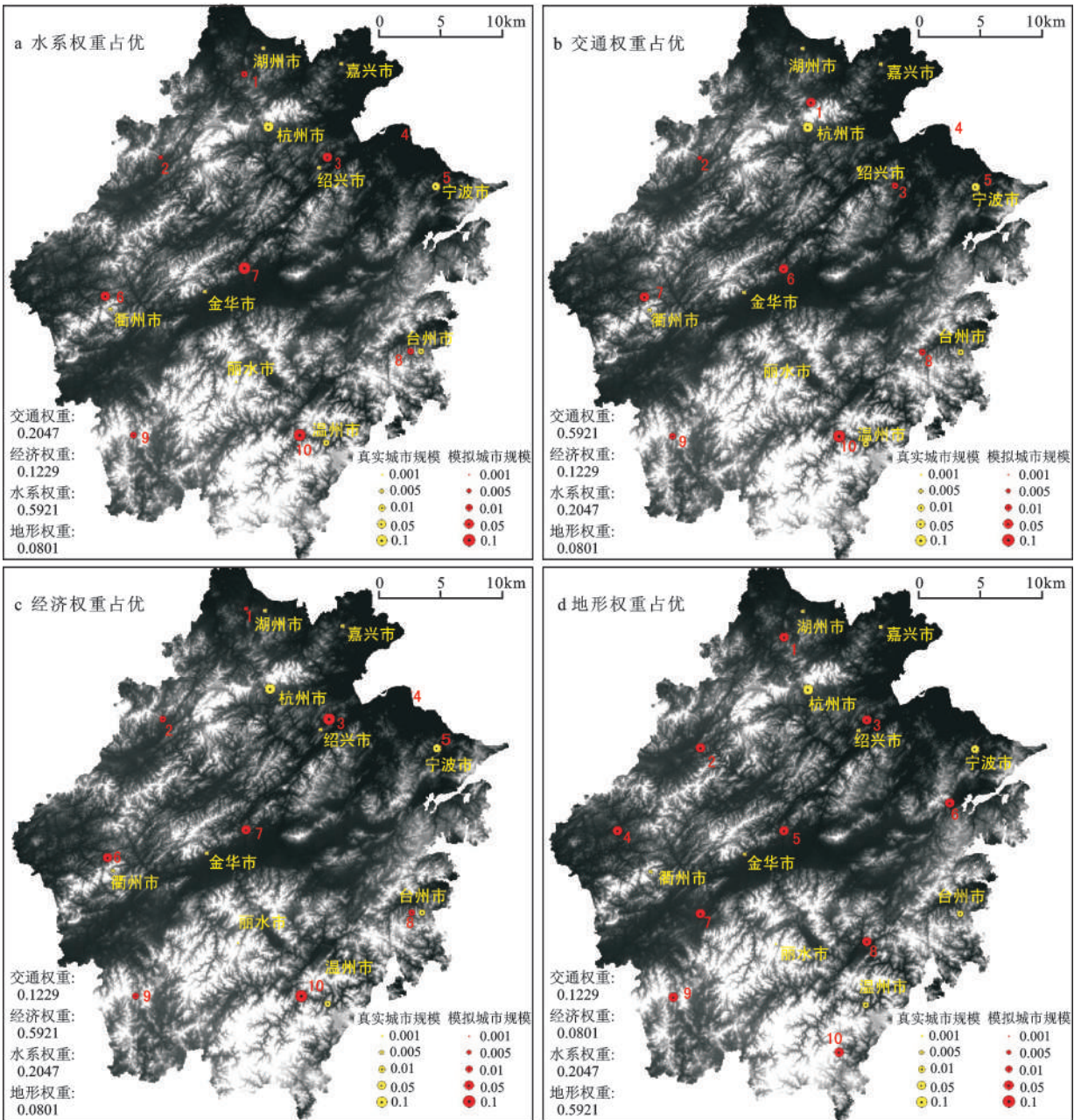


图2 4种地理环境下的城市体系模拟结果

Fig. 2 Estimated results of urban systems in four geographic environments

4 结 论

克鲁格曼城市体系模型建立在均质空间的基础上,展示了一组区域的资源要素禀赋相同且不存在外力作用时,经济系统的内生力量终将使其演化分异,形成稳定的层级城市体系结构。然而,这样的均质空间假设很难应用于实证研究。为了促进克鲁格曼模型的实证化,受Stelder研究的启发,本文以浙江省为研究区域,采用层次分析法和模糊集方法,刻画地理影响程度的空间异质性,进

而构造一个地理环境来模拟克鲁格曼式城市体系,以考察城市体系形成中地理的作用。模拟结果表明:

1) 地理环境经由要素流动影响模拟城市数目的变化,具体表现为当经济环境一定时,地理环境所施加的影响力增加了模拟城市数目波动,但波动幅度并没有人们想象的那么大。在同等条件下,运输成本越大,形成的城市数目越多;制造业支出份额越大,形成的城市数目越少;产品替代弹性越强,形成的城市数目越多。这个结论与克鲁

格曼城市体系演化的理论观点是相吻合的。

2) 从整体上看,模拟城市的空间分布具有结构性,即使初始制造业劳动力随机分布,它们最终均呈现近乎对称的格局,且大致是六边形。这印证了克里斯塔勒和廖什的中心地理论。但经济和地理环境对模拟城市空间分布的影响程度不尽相同,在地理环境下的模拟结果优于经济环境下的模拟结果。这说明浙江地级市确实沿地理要素等距离的空间分布。

3) 在4种地理权重中,经济权重占优时获得的模拟结果较好,其次是水系权重占优,再次是交通权重占优,最后是地形权重占优。这意味着采取经济或水系权重占优模式,浙江现有的大部分城市规模还会进一步扩大。但如果采取地形权重占优模式,对浙江城市空间分布几乎没有任何影响。但无论哪一种模式,杭嘉湖地区仅出现一个模拟城市,这是否意味着,3个核心城市在空间分布上距离太靠近,相互处于所谓的“聚集阴影”下。

当然,本文采用层次分析法和模糊集方法,从地理影响因素的空间异质性角度来构造地理空间,只是对城市体系模型的假设空间重构所做的微小尝试。为了推出更加符合现实的克鲁格曼实证模型,有必要就假设空间重构问题开展进一步讨论。

参考文献:

- [1] Krugman P. Increasing returns and economic geography [J]. *Journal of Political Economy*, 1991, **99**(3): 483-499.
- [2] Krugman P. On the number and location of cities [J]. *European Economic Review*, 1993, **37**(2-3): 293-298.
- [3] Krugman P, Venables A J. Globalization and the inequality of nations [J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1995, (110): 857-880.
- [4] Fujita M, Krugman P. The new economic geography: past, present and the future [J]. *Papers in Regional Science*, 2004, **83**(1): 139-164.
- [5] Fujita M, Thisse J F. Economics of agglomeration [J]. *Journal of the Japanese and International Economies*, 1996, **10**(4): 339-378.
- [6] Fujita M, Mort T. Frontiers of the new economic geography [J]. *Papers in Regional Science*, 2005, **84**(3): 377-405.
- [7] 刘安国, 杨开忠. 克鲁格曼的多中心城市空间自组织模型评析[J]. *地理科学*, 2001, **21**(4): 315-322.
- [8] 黄泽民. 我国多中心城市空间自组织过程分析——克鲁格曼模型借鉴与泉州地区城市演化例证[J]. *经济研究*, 2005, (1): 85-94.
- [9] Stelder D. Where do cities form? A geographical agglomeration model for Europe [J]. *Journal of Regional Science*, 2005, **45**(4): 657-79.
- [10] Brakman S, Garretsen H, Scharann M. Putting new economic geography to the test: Freeness of trade and agglomeration in the EU regions [J]. *Regional Science and Urban Economics*, 2006, **36**(5): 613-35.
- [11] Gallup J L, Sachs J D, Mellinger A D. Geography and economic development [J]. *International Regional Science Review*, 1999, **22**(2): 179-232.
- [12] 盛科荣, 樊 杰. 自然资源与城市的区位——兼论大河发展轴的经济机理[J]. *地理科学*, 2011, **31**(12): 1415-1422.
- [13] 许学强, 周一星, 宁越敏. 城市地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [14] Fujita M, Krugman P, Venables A. The spatial economy: cities, regions, and international trade [M]. Cambridge MA: MIT Press, 1999.
- [15] Krugman P. Development, geography, and economic theory [M]. Cambridge: MIT Press, 1995.
- [16] 李小建, 李国平, 曾 刚, 等. 经济地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [17] Krugman P. 1st nature, 2nd nature, and metropolitan location [J]. *Journal of Regional Science*, 1993, **33**(2): 129-144.
- [18] Charnpratheep K, Zhou Q M, Garner B. Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems [J]. *Waste Management & Research*, 1997, **15**(2): 197-215.
- [19] Leung Y. Approximate characterization of some fundamental-concepts of spatial-analysis [J]. *Geographical Analysis*, 1982, **14**(1): 29-40.
- [20] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process [M]. New York: McGraw-Hill, 1980.

Simulation on Krugman's Urban System in Geographic Environments

GE Ying, ZHU Guo-hui, WU Ye

(College of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: To modify the assumed homogeneous space in the urban system model as developed by Krugman (1993), this article uses the fuzzy set theory, together with the analytic hierarchy process (AHP) approach, and constructs a series of geographic spaces with spatial heterogeneity based on the study case on Zhejiang Province, aimed at examining the importance of economic or geographic features as determinants of the size, number, and location of cities in this province. The simulation of the Krugman's urban system model shows geographic features indeed play an important role in the simulated broad patterns in the spatial distribution of the Zhejiang's cities, but the urban systems in the study area evolves primarily because of economic geography features, concisely speaking, the interaction between transport costs and plant-level scale economies. After controlling for other parameters, this model might predict more cities in this study case when transportation costs are higher, a share of the manufacturing sector is lower, or the elasticity of substitution is higher. Moreover, in equilibrium, the predicted cities can be found to be located according to a spatial distribution of the hexagonal lattice with the realistic economic as well as geographical environments. If true geography is incorporated into the model, the assumed space offers better simulating environments, and, as a consequence, will improve the performance behavior of the Krugman's urban system model. The simulated patterns of city distribution can be postulated by one variant of central place theory proposed by Walter Christaller (1966). Furthermore, under the surroundings of dispersed scenarios of four weights, an initial advantage in geography over all regions comes into effect leading to a variety of spatial patterns of urban system simulation in this province. Among them, for the Zhejiang urban system as a whole, cities are distributed consistent fully with those observed when these locations have a certain advantage of economic geography over the others. This might suggest that economic geography effects may dominate dynamic process of urban system development over time across space implying that high market potential might be associated with the predicted cities in this study area.

Key words: Krugman's model of urban system; construction of geographic space; simulation of urban systems; Zhejiang Province