

交通与城市化的耦合度分析

——以江苏省为例

The Study of Coupling Degree between Traffic and Urbanization: A Case Study of Jiangsu Province

孙爱军^{1,2} 吴 钧² 刘国光² 庞金亮³

(1.河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,南京 210098;2.淮阴师范学院经济与管理系,淮安 223300;3.淮安市交通局,淮安 223001)

SUN Aijun^{1,2}, WU Jun², LIU Guoguang², and PANG Jinliang³

(1.State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2.Department of Economics and Management, Huaiyin Teachers College, Huai'an 223300, China; 3.Huai'an Traffic Bureau, Huai'an 223001, China)

摘要: 交通在整个城市化过程中始终起着至关重要的基础性作用,影响着城市化过程中的社会关系、人口流动、生活方式、文化等等。城市化的发展离不开交通的支撑,然而交通往往滞后于经济的发展,成为城市化发展的瓶颈,科学地计算两者之间的协调程度十分重要。首先,借鉴物理学中的耦合度函数提出城市化与交通的耦合度计算模型;然后,计算城市化与交通的耦合协调度,建立评价标准;最后,以江苏省的城市为例进行计算和比较。

Abstract: Transportation plays a basic part in the urbanization process all the time. It affects the community, population, life style, civilization and etc. The development of urbanization needs transportation. However, the development rate of transportation is always behind that of urbanization and economy. In order to fill the gap, it is important to compute the coupling degrees scientifically. First, this paper puts forward the model with reference to the coupling degrees function in physics. Then, the model is used to calculate the coupling degrees between transportation and urbanization and set up the evaluation standard of coupling degrees. According to the study, the value of coupling degrees between transportation and urbanization in Jiangsu is consistent with economy at last.

关键词: 交通; 城市化; 耦合度; 耦合协调度

Keywords: transportation; urbanization; coordinated development; coupling degree

中图分类号: U491

文献标识码: A

收稿日期: 2005-12-19

项目支持: 淮安市交通与城市化协调发展研究(HAS05040)

作者简介: 孙爱军,男,河海大学博士研究生,淮阴师范学院副教授,主要研究方向: 技术经济与管理。

E-mail: hasaj@163.com

交通与城市化一直是经济发展关注的焦点,是许多学者研究的热点问题,两者之间存在着交互耦合的互动关系。一方面,交通是城市的命脉,居于城市化的先导地位,拉动GDP的增长,在建设、维护的过程中提供就业机会,不仅为城市化的进一步发展提供基本条件,而且直接决定着城市化和经济的质量和水平;另一方面,城市化促进交通发展,城市的集聚效益、外部效益等催生货运和客运需求的迅速发展,改变着城市的结构和布局,在优化组合中达到规模经济,降低成本,提高包括交通在内的经济活动的回报率。本文在具体分析交通与城市化协调程度的基础上,应用数理模型计算两者的协调关系,探讨促进与城市化协调的交通策略。

1 文献综述

城市是现代社会人类居住、交往、工作、生活的最主要场所。城市化是社会文明、发达和现代化的重要标志,主要包括人口迁移、经济发展、空间扩张和生活水平提高这四个互相联系、互相促进的方面,将成为中国今后几十年经济发展和社会进步的主要推动因素之一。交通是城市系统的一个子系统,交通运输条件的改善有时会成为城市“循环与累积效应”的重要诱导剂和强大触发力^[1],国际现代建筑协会在1933年制定的《雅典宪章》中明确指出,“城市规划的目的是解决居住、工作、游憩与交通四大活动的正常进行。”自可持续发展概念提出后,随着社会的不断进步,单一的片面的交通与城市化发展观已渐渐落伍。因此,必须树立一种兼顾各方、和谐共处、相互促

进、共同提高的多元发展观。而要实现多元发展就要树立协调观念。协调不同于发展。协调是两种或两种以上系统或系统要素之间一种良性的相互关联,是系统之间或系统内要素之间配合得当、和谐一致、良性循环的关系。理论界20世纪90年代后期开始探讨交通与城市化两者之间的协调关系和定量评判方法。例如,将灰色系统协调模型用于判断交通运输与经济之间的协调关系,计算协调发展指数^[2];运用大系统的理论与方法,建立一类反映交通运输与经济协调发展程度的综合指标——协调发展指数,并建立定量分析模型,提出相应的定量评价计算方法^[3];将交通运输系统与经济系统看作为输入输出的投入产出系统,应用数据包络分析法(DEA)对交通运输与经济协调发展评价问题进行研究^[4];在公路建设与社会经济协调发展的评价指标体系的基础上,将DEA方法与层次分析法(AHP)结合起来,建立公路建设与社会经济协调发展评价问题的DEAHP模型,并定义协调度等概念,提出公路建设与社会经济协调性测度的公式^[5]。

上述研究方法为本文评价交通与城市化协调发展提供了科学的参考依据。尽管不同学科的理解有所不同,但从城市化的实质中不难看出,交通因素在整个城市化过程中始终起着至关重要的基础性作用,社会关系、人口流动、生活方式、文化等都受到交通因素的制约。没有交通,就不可能产生城市化,所以交通因素构成了城市化过程所必须依赖的物质基础条件。然而,仅仅重视交通的发展还是片面的,基于现实问题所提出的可持续发展、和谐发展的理念启示我们,吸取发达国家交通与城市化的经验及教训,发挥后发优势,注重两者之间的协调发展、和谐共进,不仅可以避免城市化的弊端,而且可以有力地保障和促进城市化的发展。没有交通与城市化的协调,交通与城市化的发展都是不全面的,这一观点日益成为共识。然而,这些简单地套用其他的研究方法来研究城市化与交通的协调度也有一定的缺陷。灰色系统方法将交通运输系统变量作为系统作用变量,将经济系统变量作为系统的行为变量,用GM(1, 2)进行拟合计算协调度,这样计算出来的协调度只能反映出交通对经济的单方面的协调状况,没有反映出交通与经济的互动关系;运用大系统的理论与方法建立的协调发展指数模

型,首先需要由专家确定交通运输系统和经济系统各指标之间的相互影响程度,这样计算出来的协调发展指数主观性较强;DEA方法的运用虽然能反映出交通与经济的互动关系,但却只能体现出交通与经济效益的关系;而现在越来越多的学者认为“传统的经济效益最大化理论,使规划和政策趋于狭隘,使交通系统不尽如人意”。把交通与城市化分别看作一个子系统,两者耦合成为一个大系统,将系统论的方法和AHP方法结合起来,对交通与城市化协调发展进行定量分析,能克服现有研究方法的不足,使评价结果更加符合实际。

2 交通与城市化耦合协调度的理论与模型

2.1 交通与城市化的协调度

交通运输无论是对城市的自然形态还是城市的社会形态都有着深刻的影响,城市交通在影响着全球化的进程和结果,同时它也受到全球化的影响。城市交通基础设施作为社会经济活动的支撑系统和承载体,其承载能力必须与城市人口、社会经济活动所产生的需求压力相适应,才能保证城市活动有条不紊地进行和社会经济的不断发展。交通与城市化的协调度是指在一定的资源约束下,对城市交通基础设施与城市化中的人口、经济、社会的协调发展进行量化研究,测量交通对人口的承载能力,对经济发展的合理承载量,以充分发挥城市交通与城市化互相促进、良性互动的各项功能。

2.2 协调度的计算模型比较与分析

常用的协调度计算是指距离协调度,就是通过测量静态系统间距离的大小,来判断这些系统之间是否协调。

具体步骤:设JT、CSH分别代表交通系统和城市化水平, $F_1(t,x)$ 和 $F_2(t,y)$ 分别是度量它们发展水平的函数,其中 x 、 y 分别为系统JT、CSH的特征向量, t 是某一年度。交通与城市化的协调意味着 $F_1(t,x)$ 和 $F_2(t,y)$ 的相对离差系数 c 越小越好,于是有:

$$c = 2|F_1(t,x) - F_2(t,y)| / (F_1(t,x) + F_2(t,y)), \quad (1)$$

变形得到:

$$c = 2\sqrt{1 - (F_1(t,x) \cdot F_2(t,y)) / [(F_1(t,x) + F_2(t,y)) / 2]^2} \quad (2)$$

由于 $F_1(t,x) \cdot F_2(t,y) \leq [(F_1(t,x) + F_2(t,y)) / 2]^2$, 故, 当 $(F_1(t,x) \cdot F_2(t,y)) / [(F_1(t,x) + F_2(t,y)) / 2]^2$ 越大时, c 值越小, $F_1(t,x)$ 和 $F_2(t,y)$ 之间的协调程度越好。

$$\text{令 } Cl_1 = (F_1(t,x) \cdot F_2(t,y)) / [(F_1(t,x) + F_2(t,y)) / 2]^2, \quad (3)$$

显然 $0 \leq Cl_1 \leq 1$ 。当 $F_1(t,x) = F_2(t,y)$ 时(注意此时 $F_1(t,x)$ 与 $F_2(t,y)$ 仅仅在数值上相等, 即表示在各自的系统内处于同一个相对水平, 并不表示绝对水平意义上的相等), Cl_1 取最大值, $c=0$, 离差最小, $F_1(t,x)$ 与 $F_2(t,y)$ 处于最协调状态。所以, Cl_1 在一定程度上反映了 $F_1(t,x)$ 与 $F_2(t,y)$ 之间的协调程度。

有学者提出借鉴物理学中的耦合度函数来计算协调度^[6], 建立多个系统(或要素)相互作用的耦合度模型^[7], 即物理学中的容量耦合概念(capacitive coupling)及容量耦合系数模型。

设变量 u_i ($i=1, 2, \dots, m$), u_j ($j=1, 2, \dots, n$) 分别表示系统, 推广得到多个系统(或要素)相互作用的耦合度模型为^[8]:

$$C_n = \{(u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n) / \prod (u_i + u_j)\}^{1/n} \quad (4)$$

当只有两个系统时, 为便于分析, 可以直接得到两者的耦合度函数, 表示为^[8]:

$$Cl_2 = 2\{(u_1 \cdot u_2) / [(u_1 + u_2)(u_1 + u_2)]\}^{1/2} \quad (5)$$

借鉴式(5), 结合式(3), 可以定义交通与城市化协调度 Cl :

$$Cl = 2\{(F_1(t,x) \cdot F_2(t,y)) / [(F_1(t,x) + F_2(t,y))(F_1(t,x) + F_2(t,y))]\}^{1/2} \quad (6)$$

实质上, 与式(3)比较, 对式(3)开平方后得到式(6), 即 $Cl = \sqrt{Cl_1}$, 式(6)是对式(3)的改进。具体数值变化也可以说明这点, 当 $0 \leq Cl_1 \leq 1$, 对于 $(0, 1)$ 之间的数值, 取平方后, Cl 数值将变小, 数值愈小, 说明两个子系统之间愈不协调, 更加能反映出交通与城市化之间协调与否的重要性, 符合实际。因此, 选取式(6)作为计算协调度的模型。

2.3 耦合协调度

虽然用 Cl 可表示交通与城市化之间的协调程度, 然而, 这个模型的不足之处是, 在有些情况下却很难反映出交通与城市化的实际水平和状态。协调是一种方法和手段, 最终目的还是追求交通与城市化的和谐、快速、科学、可持续地发展, 单纯依靠协调度 Cl 判别有可能产生误导, 因为每个地区的交通与城市化建设都有其交错、动态和不平衡的特性。假设 $F_1(t,x)$ 和 $F_2(t,y)$ 的得分都比较低, 但是却能得出其协调度高于两者一高一低时的结论。例如, 当 $F_1(t,x)$ 和 $F_2(t,y)$ 都取值为 0.001, 计算得出的协

调度却大于 $F_1(t,x)$ 和 $F_2(t,y)$ 取值分别为 0.8 和 0.9 的结果, 在城市化和交通水平得分相等但是数值都比较低的情况下, 却有可能出现协调度较高的评价结果, 这样的结果显然不符合事实, 违背常理。为了克服这一点, 构造交通与城市化耦合协调度模型, 目的是评判不同区域交通与城市化交互耦合的协调程度, 其中还能反映出交通水平和城市化水平的相对高低。

为此, 根据前述对协调发展的定义, 本文将度量交通与城市化水平高低的定量指标称为耦合协调度:

$$D = (Cl \cdot T)^\theta, \quad (7)$$

$$T = \alpha F_1(t,x) + \beta F_2(t,y), \quad (8)$$

其中, D 为耦合协调度; Cl 为协调度; T 为交通与城市化的综合评价指数, 反映两者的整体效益或水平; θ 、 α 、 β 为待定参数, 一般取 $\theta = 1/2$ 。

耦合协调度模型虽然简单, 却综合了交通与城市化的协调状况 D , 以及两者所处的发展层次 T 。有效地避免了城市化水平低、交通水平低, 但两者协调的异常情况, 因而具有简便但不粗糙, 简单却又概括、综合系统整体信息的特点。它与协调度模型相比, 具有更高的稳定性以及更广的适用范围, 可用于不同城市(或区域)之间、同一城市(或区域)在不同时期交通与城市化协调发展状况的定量评价和比较。

2.4 评价标准

若 $F_1(t,x) > F_2(t,y)$, 则为城市化发展滞后型; 若 $F_1(t,x) < F_2(t,y)$, 则为交通发展滞后型。交通与城市化协调度数值及其对应的协调程度, 具体评价标准见表 1^[9]。

耦合协调度值 $D \in [0, 1]$, 当 $D = 1$ 时, 耦合协调度最大, 系统之间或系统内部要素之间达到良性共振耦合, 系统将趋向新的有序结构; 当 $D = 0$ 时, 耦合度极小, 系统之间或系统内部要素之间处于无关状态, 系统将

表1 耦合协调度评价标准
Tab.1 The evaluation standard of coupling degrees

协调度 D	协调等级	协调度 D	协调等级
① 0~0.09	极度失调	⑥ 0.50~0.59	勉强协调
② 0.10~0.19	严重失调	⑦ 0.60~0.69	初级协调
③ 0.20~0.29	中度失调	⑧ 0.70~0.79	中级协调
④ 0.30~0.39	轻度失调	⑨ 0.80~0.89	良好协调
⑤ 0.40~0.49	濒临失调	⑩ 0.90~1.00	优质协调

向无序发展；当 $0 < D \leq 0.3$ 时，城市化与交通的发展处于较低水平的耦合阶段，此时城市化水平发展较低，交通完全能够承载和消化城市化所带来的后果；当 $0.3 < D \leq 0.5$ 时，该阶段城市化已经越过了它的发展拐点(人口城市化水平为30%)，城市化进入快速发展时期，急需大量的资金、资源，交通承载能力不能完全消化和吸纳城市化发展带来的影响；当 $0.5 < D \leq 0.8$ 时，城市化与交通的发展进入磨合阶段，此时城市化又越过另一个拐点(人口城市化水平超过50%)，城市已经将其相当多的发展资金注入城市交通中，交通与城市化开始良性耦合；当 $0.8 < D < 1$ 时，城市化水平不仅在量、质两个方面得到很大发展，交通与城市化建设相得益彰，互相促进。

3 江苏省交通与城市化耦合协调度评价实例

3.1 指标选择

通过频度分析和专家咨询两种方法建立指标体系。频度分析法^[10]是对有关交通和城市化评价研究论文中的指标进行频度统计，从中选择使用频度较高的指标。专家咨询法^[11]是在初步提出评价指标的基础上，进一步征询专家意见，对指标进行调整，最终确定所采用的评价指标体系。

在频度分析和专家咨询两种方法建立的指标体系基础上，根据公开的统计资料，选取交通设施、运输能力、运输效率、行业管理等四个方面共计31个指标来反映交通水平^[12]。交通设施指标包括：铁路总里程、公路总里程、公路密度(以国土面积计)、公路密度(以人口计)、内河航道里程等；运输能力指标包括：内河

船舶总载重量、公路旅客运输量、公路货物运输量、营业性水路货运量、内河船舶总载重量、公路旅客运输量、公路货物运输量、营业性水路货运量等；运输效率指标包括：陆路企业载客汽车效率(车日行程)、陆路企业载客汽车效率(实载率)、陆路企业载货汽车效率(实载率)等；行业管理指标包括：客运站的个数、通班车的乡镇数、行政村班车的通达率。

选取经济发展、生活质量、科技水平、交通等四个方面共计17个指标反映城市化水平^[13]。其中，经济发展指标包括：人均国内生产总值、城镇化水平、人均财政收入；生活质量指标包括：人均住房建筑面积、人均消费支出、城乡居民生活用电、恩格尔系数、私人汽车拥有量/万辆、卫生技术人员/万人；科技水平指标包括：各类专业技术人员/万人；教科文卫事业费/亿元、全年供水总量/万t、国际互联网用户/万户；交通指标包括：环境噪声达标面积/km²、建成区绿化覆盖率/%、公共绿地/hm²、污水处理率/%。

3.2 评价方法

设 $X_1, X_2, \dots, X_{31}$ 为描述交通特征的指标；设 $Y_1, Y_2, \dots, Y_{17}$ 为描述城市化特征的指标。

1) 指标的标准化

对正向指标的处理： $x_i = X_i / \max(X_i)$ ；对负向指标的处理： $x_i = \min(X_i) / X_i$ 。同理， $y_j = Y_j / \max(Y_j)$ ； $y_j = \min(Y_j) / Y_j$ 。其中， $i = 1, 2, \dots, 31$ ； $j = 1, 2, \dots, 17$ 。

2) 确定权重

权重的确定方法有许多种。这里运用AHP方法确定各个指标的权重。具体步骤：

① 通过召开专题座谈会、实地考察、专家咨询，广泛征集有关方面的意见和建议，邀请省内外知名学者和交通部门人员参与，集思广益，构建层次结构模型；

② 建立判断矩阵；

③ 进行一致性检验；

④ 求判断矩阵最大特征值对应的特征向量。

从而得到所选取的指标在综合评价中的权重。分

别称函数 $JT = F_1(t, x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i$ 和 $CSH = F_2(t, y) = \sum_{j=1}^n b_j y_j$ 为交通综合效益函数(或综合交通评价函数)和城市化综合

表2 江苏省各市的交通与城市化的耦合协调度数值

Tab.2 The evaluation of coupling degrees between transportation and urbanization in Jiangsu

城市名称	$F_1(t,x)$	$F_2(t,y)$	D
南京	0.880 3	0.911 0	0.946 2
无锡	0.620 3	0.705 2	0.812 4
徐州	0.679 3	0.393 4	0.705 9
常州	0.592 1	0.566 7	0.761 0
苏州	0.875 8	0.736 5	0.894 5
南通	0.699 0	0.407 8	0.717 7
连云港	0.528 0	0.411 9	0.680 3
淮安	0.456 3	0.327 1	0.617 3
盐城	0.666 5	0.337 1	0.669 2
扬州	0.605 9	0.402 7	0.695 6
镇江	0.325 6	0.423 3	0.606 7
泰州	0.542 0	0.340 6	0.646 8
宿迁	0.333 0	0.240 0	0.528 2

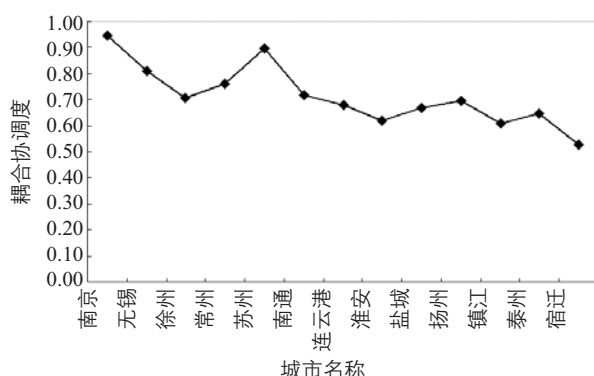


图1 江苏省各市的交通与城市化的耦合协调度

Fig.1 Coupling degrees between transportation and urbanization in Jiangsu

效益函数(或综合城市化评价函数)。

城市化是个大系统,交通是城市化的“循环与累积效应”的重要诱导剂和强大触发力,是研究的着眼点,城市化的发展离不开交通的支持,两者同步发展,所以交通和城市化发展同等重要,应该赋予同样的权重,故设 $\alpha=\beta=0.5$ 。在江苏省范围内分别计算出不同地区的交通与城市化之间的协调度,具体见表2和图1。

3.3 结论

① 全省的交通与城市化耦合协调度地区分布与区域经济发展水平存在很大的空间对应关系,即交通、城市化水平高的城市的耦合协调度较高,而交

通、城市化水平相对较低的耦合协调度也较低。

② 全省的各个城市交通与城市化的协调程度分为四类,苏州、南京处于第一阵营,是良好协调状态,无锡和常州处于中级协调状态,宿迁相对落后,处于勉强协调程度。

③ 淮安是初级协调发展类城市化水平滞后型。在全省13个市中排名第10,高出镇江、泰州和宿迁。表明经过多年建设,淮安城市化和交通建设取得了比较大的成就,但和全省很多城市比较来看,不论是交通还是城市化都有很大发展空间。

参考文献

- 1 杨建军,连城,汤燕.交通枢纽对中心城市功能成长的绩效[J].规划师,2005,(2):91~94
- 2 汪传旭.交通运输与经济协调发展分析模型及其应用[J].上海海运学院学报,1998,(4):26~31
- 3 汪传旭.交通运输与经济发展协调程度的定量评价[J].上海海运学院学报,1999,(3):96~102
- 4 武旭.交通运输与经济协调发展评价的研究[J].北京交通大学学报,2005,(6):10~14
- 5 石兆旭.公路建设与社会经济协调发展评价[J].北京工业大学学报,2005,(3):165~168
- 6 刘耀彬,李仁东,宋学锋.中国城市化与生态环境耦合度分析[J].自然资源学报,2005,20(1):105~112
- 7 Valerie Mingworth.The Penguin Dictionary of Physics [M]. Beijing: Beijing Foreign Language Press, 1996
- 8 刘耀彬,李仁东,张守忠.城市化与生态环境协调标准及其评价模型研究[J].中国软科学,2005,(5):140~148
- 9 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系[J].热带地理,1999,(2):171~177
- 10 刘渝林.我国可持续发展指标体系的设计和评价方法探索[J].生态经济,1999,(6):17~20
- 11 张复明.区域性交通枢纽及其腹地的城市化模式[J].地理研究,2001,(2):48~54
- 12 江苏省交通厅.江苏省交通统计年鉴(2004)[M].南京:江苏省交通厅,2004
- 13 江苏年鉴编委会.江苏统计年鉴(2004)[M].北京:中国统计出版社,2005