

产业功能区效率与区域公共交通网络演化特征 以北京经济技术开发区为例

宗刚,方磊*

(北京工业大学 经济与管理学院,中国 北京 100124)

摘要 运用数据包络分析方法计算了北京经济技术开发区各项曼奎斯特指数,并对开发区公共交通网络的演化特征进行分析。结果显示:2003—2013年间,北京经济技术开发区技术进步指数在快速滑落后呈现出缓慢回升的趋势,这与当地公交网络的潜在承载能力存在相关关系;在开发区近十年的发展建设中,开发区公交网络呈现出越来越显著的小世界特性,即节点度分布趋近于对数分布,平均最短路径较短。从公交网络的演化过程来看,乘车需求的增长对于北京经济技术开发区公交网络造成的压力持续增加,间接对园区技术进步造成影响,虽然公交网络正不断扩大和优化升级,但还需要进一步完善以适应开发区快速发展。

关键词 交通网络;产业功能区;效率;复杂网络;北京

中图分类号 F427.9 文献标志码 A 文章编号 1000-8462(2015)12-0070-09

DOI:10.15957/j.cnki.jjdl.2015.12.010

Relations Between Efficiency of Industrial Functional Area and Evolution Characteristics of the Public Transport Network—Taking Beijing Economic and Technological Development Zone as an Example

ZONG Gang, FANG Lei

(College of Economics and Management, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: This paper used data envelopment analysis to calculate the Malmquist indexes of the Beijing Economic and Technological Development Zone, and analysis on the evolution of public transport network in the Development Zone. The results show: in 2003 to 2011, the technical progress index of Beijing Economic and Technological Development Zone had shown a slow recovery trend after the rapid decline, which was correlated with the potential carrying capacity of local public transport network. After a ten-year development and construction, the public transport network of the development zone shows an increasingly significant small-world characteristics. that the degree distribution of nodes approaches the logarithmic distribution and the average shortest path is short. In view of the evolution process of public transport network, its traffic pressure continued to increase creating by the growth in demand for travel, which indirect impacted the technological progress of the development zone. Although the public transport network is constantly expanding and upgrading, but it need further improvement to meet the rapid development of the industrial function zone.

Key words: transport network; industrial function zone; productiveness; complex network; Beijing

伴随着我国产业结构优化升级,战略性新兴产业蓬勃成长,产业集群发展已成为提高产业整体竞争力的有效手段。产业功能区因其具有提高周边地区经济水平、促进产业链向外延伸、带动配套服务业发展等优势,逐步成为城市经济发展的核心动力。与此同时,伴随产业功能区一同成长的区域公

共交通网络也成为促进产业功能区及周边地区社会经济发展的重要支柱,与产业功能区建设相辅相成,融为一体。

产业功能区的设立对区域经济发展具有重要意义,但其具体规划及后续建设也受到当地特定环境的制约。影响产业功能区规划的因素有多种,从

收稿时间 2015-06-19;修回时间 2015-09-23

基金项目:国家社会科学基金项目(15BJY048);科技部国家科技支撑计划项目(2012BAJ11B03-02);北京市教委社会科学计划面上项目(SM201510005004)

作者简介:宗刚(1957—),男,江苏常熟人,博士,教授,博士生导师。主要研究方向为产业经济理论、交通运输经济应用。

※通讯作者:方磊(1983—),男,安徽安庆人,博士研究生。主要研究方向为产业经济学应用及区域分析。E-mail:fangeconomy@126.com。

宏观层面来看包括区域人口密度、城市总体规划等因素^[1]。从产业层面来说,城市中的新兴产业功能区往往通过制定各类产业政策吸引创新能力强、产品技术含量高、能耗低的企业,帮助区域经济转型。这种特定的政治、经济、科技环境构成因素也将产生人才聚集作用,充实园区人才储备,促进园区可持续发展。

从微观层面来讲,由于相同行业的办公出行联系主要在行政区内部进行,办公出行联系强度与城市功能格局相关性显著^[2],因此各产业功能区内部公共交通网络及各产业功能区之间的联系紧密程度将直接影响企业办事效率,这也有赖于公共交通网络的支持。综上所述,产业功能区的发展与其内外部公共交通网络的演进过程存在着必然的联系。

在以往研究产业功能区的文献中,更多的专注于研究某一特定地区的产业功能区发展问题,如王力等回顾了北京金融街功能区的发展历史,从我国经济金融未来可持续发展的高度详细考察了金融街功能区存在的重点问题^[3]。魏小真等从产业功能区对城市发展的经济贡献和产业带动作用的角度评价了北京六大功能区的发展状况,并总结出存在的共性问题 and 个性问题^[4]。张伟娜等基于主体功能区划分的原理,以乡镇为评价单元,运用 ArcGIS 空间分析方法,对长株潭城市群核心区各评价单元的交通优势度做出评价^[5]。邱立新等运用产业集群理论分析了青岛市高新技术产业功能区培育建设方法^[6]。赵东霞等从地级市的视角测度了环渤海地区产业地域分工的基本格局^[7]。另一方面,研究产业功能区的设立对地区社会经济影响的文献很少,肖晓俊等从土地利用和功能配置两个空间视角梳理了国际大都市产业功能区空间利用特征^[8],张明莉探索了临空产业集群形成及演化的一般过程,重点分析了空港在集群化过程中的功能作用^[9]。从实际情况来看,各个城市争相规划与设立工业园、经济园区等产业功能区,而对产业功能区的后续影响缺乏细化分析,造成实践与理论脱节,难以发挥产业功能区最大功效。

本文将采用复杂网络理论、数据包络模型(DEA模型)分别用于区域公共交通网络特征分析和产业功能区效率的计算,进一步探索产业功能区与周边公共交通网络的互动影响关系,分析公共交通网络与产业功能区效率的关系,总结产业功能区规划对交通网络的影响方式,提出促进两者协同发展的建议。

1 产业功能区的概念及其内部特点

1.1 科技工业园区与产业功能区的联系与区别

自1951年美国斯坦福研究院建立以来,以科技企业为基础、科研机构为支撑、政府支持为后盾的产业园区作为一种先进运行机制被众多国家与城市沿用与完善。陆续出现的科技工业园区、高新技术园区、技术城、科技工业城、科技城,它们规模各异,含义各不相同,但主要功能均是科学技术的地理空间有效存在形式与重要载体,因此本文统一称之为科技工业园区。

产业功能区是在企业聚集和产业聚集区基础上发展起来的,这与科技工业园区的形成过程是同步的。两者的区别在于科技工业园区强调企业实体的聚集,是产业功能区的核心部分,是一个倾向于集合的概念,产业功能区强调区域内各种条件能够有机结合以实现单个企业不具备的功能,是一个区域的概念。产业功能区不仅包含了科技工业园区的一切结构与条件,而且为科技工业园区提供了必要的城市基础设施与其它配套软硬件,它在实现相关社会资源空间聚集、有效发挥某些特定城市功能方面的能力更强,相比于科技工业园区具有功能设施更完善、作用发挥更独立的特点。因此,产业功能区是一种更加完善的运营机制,更适合作为产业聚集的独立载体。

1.2 产业功能区内部特点

从历史经验来看,各国科技工业园区无不以科学研究作为第一要务,并注重教育—科研—生产一体化发展。培养高新技术企业、创造更多具有价值的科研成果、进行成果转化是大多数产业园区的目标,也是科技工业园区区别于其它类型的工业园区的重要特点。美国硅谷作为世界上创立时间最早、最成功的高新技术产业园区之一,它使全世界首次认识到科技园区对高新技术产业发展具有强大的推动作用和支撑作用;剑桥科技园是欧洲著名的科技园区之一,剑桥大学为剑桥科技园提供了大量技术支持,使之成为世界著名的国际企业 R&D 基地;日本“筑波科学城”中集中了筑波大学、产业技术综合研究所、高能物理研究所、筑波宇宙中心等国立高校以及科研机构、研究人员,其中超过 1/3 的研究人员拥有博士学位,科研实力雄厚。由此可见,卓越的科研能力是科技工业园区的生存基础,追求创新与科技进步是科技工业园区的灵魂与核心价值。

促进科技进步是科技工业园区重要目标,这也

是产业功能区的主要任务,但产业功能区科技进步的含义层次更高:产业功能区的拓展服务功能包括为园区内企业、人员提供公共交通服务、提供生产生活设施、孕育良好创业文化等,这些条件使得科技工业园区内不同分工的企业联系更加密切,合作更加频繁,从而为产业整体科技水平的上升打下基础。美国硅谷的长盛不衰很重要的一点在于硅谷内企业绝大多数集中于计算机、生物制药、信息服务和商业服务产业,聚集程度高,更重要的是园区创新创业文化能够包容其它所有不同文化,因此企业合作关系十分密切,这带来了硅谷的整体发展。日本筑波科学城的失败,其症结在于筑波市自身科技基础与人才基础薄弱,需要东京市提供人才等各类资源的支持,但筑波市交通条件不足以满足从业人员需求,加之其它附属设施与条件不足(如从业人员子女教育条件不佳等)、创新机制僵化、科技成果转化缓慢,最终致使筑波科学城成效低下。

由此可见,优秀企业入驻并不能带来科技工业园区的持续进步,只有具备了良好的创新创业环境、紧密的企业合作关系、充足的人才储备、便利的公共交通、完善的城市基础设施等条件,产业功能区才能发挥出最大能效。而在这些条件中,公共交通网络是影响范围最广、作用时间最长的因素,相比于当地产业政策、人才政策、企业合作机制等条件,公共交通网络优化升级的难度更大、更新速度更缓慢,受众面最广,更是与百姓生活息息相关,需要功能区管理者、建设者审慎对待。

由于产业功能区在城市经济发展中的重要地位,一般产业功能区的规划都十分具体,对于公共交通网络建设的规划更是细致到各条公交线路的设计。因此,产业功能区规划将直接影响后续一段时间内区域公共交通网络的发展动向,具有先导作用,这也是产业功能区公共交通网络演化过程中独特的影响因素。当地基础设施的完善将带来当地房产业的发展、就业人数的增加,优于其它地区的政策将吸引企业入驻,这都将进一步增加对公共交通服务的需求量。产业功能区的建设所带来的变化不仅仅是轨道交通和公交线路的增加与调整,这种涌现式的快速建设已经改变了当地公共交通网络的基本特征。

1.3 北京市产业功能区及公共交通网络情况简介

北京市“十一五”规划中提出重点建设好中关村科技园区、北京经济技术开发区、临空经济区、商务中心区、奥林匹克中心区、金融街等六大高端产

业功能区,这六个区域内的公共交通网络建设情况各不相同,经过多年建设,当地交通网络已焕然一新。在北京市“十二五”规划中,又进一步提出着眼于城市发展空间战略调整和功能优化配置,以集中做强具有核心竞争力的品牌区域为导向,推进区域特色化、功能区域化,提升高端产业功能区辐射力,培育高端产业功能新区,构建“两城两带、六高四新”的创新和产业发展空间格局,成为北京市高端产业发展的重要载体。根据北京市公共交通集团公布的信息显示,自2003年初至2013年6月,北京市区共新开公交线路195条(除去短期开通后撤销的线路),并先后建成轨道交通15条,其中有60%以上的线路穿越、围绕六大功能区或在功能区内部运营。

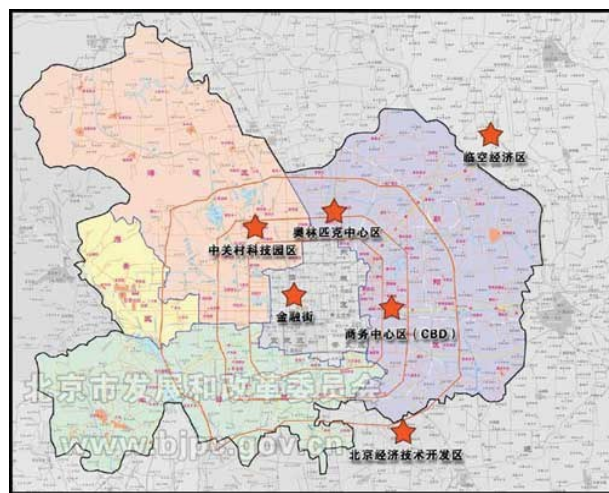


图1 北京市六大高端产业功能区关系示意图

Fig.1 The sketch map of relationship between the six major high-end industrial functional areas in Beijing City

2 产业功能区公共交通网络结构演化特征

城市产业功能区公共交通网络的演化过程可以分为功能区内部网络演进过程和功能区之间联系的加强过程。

2.1 产业功能区公共交通网络构建原则

本文从乘客出行的便捷度出发来研究功能区内部网络拓扑演化,因此采用Space P方法,对产业功能区的公共交通网络进行演化。为了使网络更具实际意义,网络模型的构建给出了如下假设条件:

①视轨道交通与公交具有相同本质,都仅包括站点和线路;

②视轨道交通站点与其附近300m内的公交站点直接相连,这符合人们出行换乘的习惯与要求;

③交通网络被抽象为无向、非加权网络;

④对于上下行站点有差异的,以上行方向的线路为准;

⑤相同名称站点看作一个停靠站点,忽略个别站点名称相同但位置不同造成的差异。

2.2 产业功能区公共交通网络模型的构建

产业功能区内部公共交通网络的演化趋势与一般的城市公共交通网络的演化趋势有显著区别,具体表现在以下两个方面:首先,由于产业功能区对城市经济发展贡献突出、从业人员远多于周边地区、内部建设速度快,因此对公共交通的要求变化更快。其次,产业功能区作为城市发展的重要动力往往是城市重点投资区域,这进一步促使其内部公共交通网络向外扩张,从而增加对外联系的渠道。鉴于此,研究产业功能区公共交通网络的演化时需要结合现实交通状况,依据产业功能区变化特点划分时间段进行调整。本文结合实际情况,构造了产业功能区公共交通网络演化模型。

2.2.1 初始网络的构造。首先需要以现有的实际交通网络为基础,以实际线路、站点为基本构成要素,其次根据公交线路 l_i 对节点进行连边。公交车停靠站 $d_i(D_i)$ 数越多,线路上各节点的度越大,由于已经假设轨道交通站点 D_i 与邻近公交车站点相连,因此在轨道交通站点可以换乘公交车线路。初始网络的确定方法如下:

①以园区规划为依据,找到园区内及边界道路上的站点(公交站和轨道交通站),形成节点集合 S_0 ,集合内节点个数为 k_0 。

②找到 S_0 中每个站点上通过的公交(轨道交通)线路 l_i ,去掉重复线路后形成路线集合 L_0 , L_0 内包含 g_0 条线路, L_0 即包含除去轨道交通与公交车站连接关系之外的一切节点间联系。

③根据 L_0 内包含的关系,按照Space P方法将 S_0 中的节点进行连边,最后将轨道交通站与邻近公交站进行连边。

2.2.2 新增路线与新增节点的选择。初始网络反映的是公共交通网络当前的最新状态,因此需要根据路线变化情况逆推出以往年份网络拓扑结构图。产业功能区公共交通网络内新增路线集 L_{0-1} 的来源主要有两个,一是产业功能区规划中有明确的路线设计方案,如轨道交通线路等;二是为了方便乘客出行,减少“有路无车”情况而设置的公交线路。而新增节点是伴随新增路线而来的,一些新增路线中包含着以往没有的站点时,这些站点就构成新站点集

S_{0-1} 。以北京市经济技术开发区为例,新增路线与新增节点的具体设置方法如下:

①根据全市公共交通线路变更情况找到阶段时间内所有新增路线;

②按照产业功能区规划范围,挑选出途经该区域的线路,形成集合 l_{0-1} ;

③找到 l_{0-1} 中所有路线在产业功能区规划范围内的站点,形成 S_{0-1} ;

④从 S_0 、 L_0 中除去 S_{0-1} 和 l_{0-1} ,得到上一年的节点集和路线集。

$S_0 = \{d_1, d_2, \dots, d_n, D_1, D_2, \dots, D_m\}$, $k_0 = n + m$, $m \geq 0$, $n > 0$;

$L_0 = \{l_1, l_2, \dots, l_x\}$, $k_0 = x$, $x > 0$;

设前一年园区新增公交线路 i 条,轨道交通 j 条, $k_{0-1} = i$, $g_{0-1} = j$;

$S_{0-1} \subset S_0, l_{0-1} \subset l_0$;

$S_1 = S_0 \cap \overline{S_{0-1}}, L_1 = L_0 \cap \overline{l_{0-1}}$

式中: S_1 、 L_1 分别表示上一时间节点该产业功能区内公交网络的节点集合路线集。

2.2.3 连边方法的设定。网络中单一节点可能对应一条路线也可能对应多条路线,设路过节点 $d_i(D_i)$ 的线路有 y 条,即 $l_1, l_2, \dots, l_y$,它们各自有 $m_1, m_2, \dots, m_y$ 个节点在产业功能区范围内,则节点 d_i 共有

$(m_1 - 1)(m_2 - 1) \dots (m_y - 1) - t$ 条边, t 表示 l_1 至 l_y 中重复的节点数量。在该节点上一年的连接情况只需去掉上年新增的路线再按照上述方法即可求出。

通常情况下,产业功能区设立前都会有实际的公共交通网络为当地居民服务,较小的新增节点主要集中在轨道交通线路及其周边地区。公共交通网络按照时间顺序进行演化时,网络中的新增节点主要来自于新增线路,并非随机出现。因此只需将节点与公共交通路线上的其它节点相连即可,不需要考虑优先连接某些重要节点。在实际情况中,要求出以往年份的拓扑网络,只需在当年公共交通拓扑网络基础上将上一年所有的新增节点 S_{0-1} 和新增路线 l_{0-1} 去掉,再将所剩节点重新按照 L_1 连接起来即可。

2.3 实证分析

针对产业功能区公共交通网络模型的构建原则,本文选择了北京经济技术开发区作为分析对

象,选择1路至998路普通公交线路、快速公交线路、各条专线、运通公交线路、轨道交通线路作为待查路线,以2013年6月1日开发区规划范围内公共交通网络作为初始网络。最后以2003、2005、2007、2009、2011及2013年北京市经济技术开发区公共交通站点的相关数据,构建了网络结构拓扑图(图2)。根据构建的网络关系举证,通过UCINET软件,计算出的2003—2013年开发区公共交通网络的宏观结构特征值如图2所示。

表1 北京经济技术开发区2003—2013年公共交通站点变化情况/个

Tab.1 Public transport site changes for Beijing Economic and Technological Development Zone from 2003 to 2013

年份	节点数目k	路线数目g	上期节点增加数k	上期路线增加数g
2013.6	194	32	32	4
2011.1	162	28	12	3
2009.1	150	25	0	1
2007.1	150	24	9	2
2005.1	141	22	15	3
2003.1	126	19	—	—

数据来源:北京公共交通集团网站,http://www.bjbus.com。

从表1可以看出,2003—2013年的10年间,北京经济技术开发区内的站点数量增加了约50%,从2003年的126个增加到了2013年的194个,公共交通线路也从2003年的19个增加到2013年的32个。公交和地铁新线路的建立使得开发区内更多地点获了方便的出行条件,但是开发区公共交通网络的平均路径长度(Average distance)和聚类系数(overall graph clustering coefficient)没有发生明显变化,均保持在1.8和0.8左右,见表2。

表2 北京经济技术开发区公共交通网络

Tab.2 Public transport network for Beijing Economic and Technological Development Zone

年份	平均路径长度	聚类系数
2013	1.854	0.814
2011	1.821	0.808
2009	1.817	0.82
2007	1.818	0.824
2005	1.811	0.835
2003	1.823	0.835

注:UCINET软件计算结果。

众所周知,网络中添加线路理应降低网络平均最短路径,提高网络聚类系数。但是,新节点的加入往往也是由于某一条新路线的增加而导致的,新节点仅与新路线上的节点相邻,因此新节点聚类系数较小,平均最短路径较大,造成计算结果中平均路径长度和聚类系数变化不明显。与此同时,对比分析2003—2013年开发区公共交通网络度分布情况,公共交通网络度分布逐渐趋近于对数指数分布,拟合优度也达到了0.85以上,这说明数据拟合效果较好,如图3。由于分析北京市经济技术开发区公共交通网络具有较短的平均路径长度及较大的集聚系数,且网络度分布也服从指数分布,这充分说明北京市经济开发区公共交通网络在2003—2013年的发展中呈现出更加明显的“小世界”特点,是一个小世界网络。

2.3.1 乘客出行的可达性分析。以开发区内各站点作为出发点和目的地,可以将任意两个不同站点的组合作为一条出行路线,遍寻当年公共交通网络可以找到所有出行线路(表3)。2003—2013年,北京

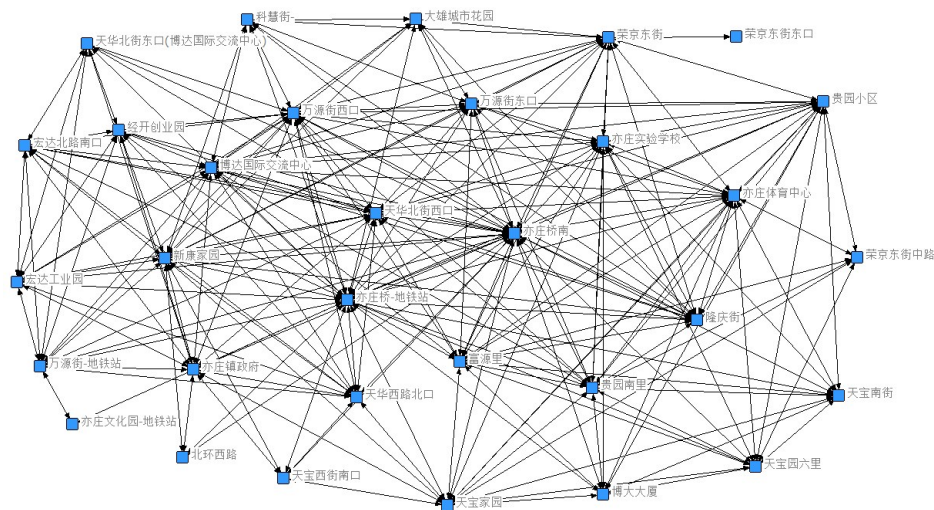


图2 北京经济技术开发区北部公共交通网络拓扑结构图(2013)
Fig.2 Topological structure of public transportation network in Beijing Economic and Technological Development Zone(2013)

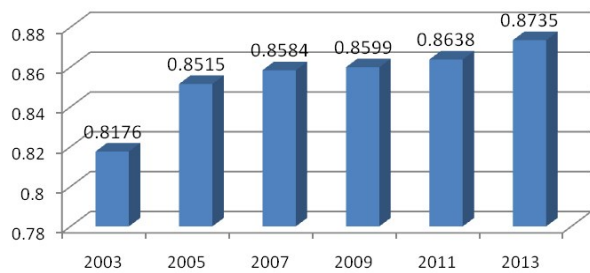


图3 2003—2013年北京经济技术开发区公共交通网络度分布曲线与对数曲线拟合度

Fig.3 Public transportation network degree distribution curve and logarithm curve fitting degree of Beijing Economic and Technological Development Zone from 2003 to 2013

经济技术开发区内出行线路总数增加138%,两节点间不换乘即可到达的路线增加近一倍。随着多条跨行政区公交线路及地铁亦庄线的开通,开发区与外界的联系大大增强。园区内公交、地铁不能到达的地区逐年向园区外围移动,表明园区核心区域的公交出行便捷程度不断提高。

表3 北京经济技术开发区公交出行路线总数/条
Tab.3 The total number of bus travel routes for Beijing Economic and Technological Development Zone

年份	不换乘路线	换乘一次路线	路线总数
2013	5 478	31 964	37 442
2011	4 669	21 413	26 082
2009	4 098	18 252	22 350
2007	4 060	18 290	22 350
2005	3 722	16 018	19 740
2003	2 793	12 957	15 750

注:UCINET软件计算结果。

2.3.3 交通拥堵风险性分析。交通拥堵的类型主要可以分为常发型拥堵和偶发性拥堵,随着北京经济技术开发区的发展及公共交通网络的复杂化,发生两种类型拥堵的风险都在提高。

常发型拥堵是指在某些特定的位置和特定的时间,由于流量的突然增大,超过了正常的道路容量而引发的交通拥堵。这种拥堵有较为明显的规律,属于周期性的拥堵,常见于上下班高峰时间段。公交地铁的运力、道路承载交通流量的能力是缩短拥挤时间,加快车辆行驶速度的重要影响因素。产业功能区就业人数的增加将直接提升公共交通网络运行压力,提高常发型拥堵的风险。

定义交通节点承载系数(TLC),表示区域内每

个交通网络节点平均需要应对的乘客数,即:

$$TLC = \frac{k}{P}$$

式中: k 表示公共交通网络节点数量,体现出网络覆盖程度; P 表示区域乘客数量,体现当地对公交网络的需求大小。计算北京经济技术开发区交通节点承载系数时使用的数据是根据开发区公共交通网络演化的实际情况得出的节点数量,及开发区从业人员数量,选择这两组数据是为了更有针对性地分析交通节点承载系数对开发区的影响(表4)。

由于开发区从业人数的增长速度大于公共交通网络覆盖面积的增加速度,因此公共交通网络节点承载系数呈下降趋势,网络潜在压力增大。

例如,假设北京经济技术开发区内的开发区三台山路和文化园西路发生事故造成拥堵,将直接影响开发区内44%地区的公交出行,并且影响公交地铁换乘,而这一情况出现在2003年仅影响开发区30%的地区。

3 公共交通网络特征变化对产业功能区效率的影响

3.1 公共交通网络演化与产业功能区发展的关系

公共交通网络在其演化过程中除了对当地居民出行产生正负两方面影响,也会对产业功能区经济建设产生间接影响。公共交通网络的优化促进了高素质从业人员的聚集,从而潜移默化地改变了产业功能区的经济结构。以北京经济技术开发区为例,开发区生产总值、社会固定资产投资、从业人员数量、累计征用土地面积在过去十余年内都有大幅的提升,更为突出的是,年开发区第二、三产业比重由2003的80.92%和19.08%,发展为2012上半年的50.9%和47.3%,这与开发区公共交通网络便捷度提升、小世界特点逐渐显现的过程是同步的。

虽然公共交通网络对产业功能区经济总量提升具有一定辅助作用,但上文提出产业功能区的主要任务是促进科技进步,因此探究公共交通网络与产业功能区的互动关系必须要考察网络一系列特征数值中与功能区科技进步有关的部分。公共交通网络表面上的持续扩张与技术发展不具备直接联系,两者的联系来自于创新的源动力——人才,公交网络的演化过程改变了功能区使用人才的能力,

表4 北京经济技术开发区交通节点承载系数变化情况

Tab.4 The change of carrying capacity coefficient of traffic node in Beijing Economic and Technological Development Zone

年份	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
交通节点承载系数TLC	1.621	1.760	1.444	1.173	1.006	0.952	0.900	0.822

这将影响产业功能区的效率。

3.2 曼奎斯特指数与计算方法

曼奎斯特距离函数于1953年被提出,用于分析不同时期的消费变化。Färe等把生产率的增长分解为技术进步和技术效率增进两个相互独立的组成部分,而生产率的变化等于利用距离函数计算的两个曼奎斯特生产率指数的几何平均数^[10]。

生产技术 S^t 表示在 T 时间内,能够把投入 X^t 转化为产出 Y^t ,即:

$$S^t = \{X^t, Y^t\} | X^t \text{ 能够生产 } Y^t \quad (2)$$

根据参考技术 S^t 可以定义产出距离函数 $D_0^t[X^t, Y^t]$,它是Farrell技术效率的倒数,表示某一生产点 (X^t, Y^t) 向理想的最大产出点压缩的比例;两个不同时期之间的距离函数可以定义为 $D_0^t[X^{t+1}, Y^{t+1}]$,表示在 t 时期的技术条件下某一生产点 (X^{t+1}, Y^{t+1}) 向最大产出点压缩的比例。

$$D_0^t[X^t, Y^t] = \inf \left\{ \theta : (X^t, \frac{Y^t}{\theta}) \in S^t \right\} \quad (3)$$

$$= \left\{ \sup \{ \theta : (X^t, \theta Y^t) \in S^t \} \right\}^{-1}$$

$$D_0^t[X^{t+1}, Y^{t+1}] = \inf \left\{ \theta : (\frac{X^{t+1}}{\theta}, Y^{t+1}) \in S^t \right\} \quad (4)$$

根据Caves等的研究^[11],曼奎斯特生产率指数可以定义为:

$$M_0^t = \frac{D_0^t[X^{t+1}, Y^{t+1}]}{D_0^t[X^t, Y^t]} \quad (5)$$

M_0^t 表示 t 时期技术条件下 t 与 $t+1$ 时间段内技术效率变化所导致的生产率变化。这一时段内的技术效率变化也可以用 $t+1$ 时期的技术来测量,即:

$$M_0^{t+1} = \frac{D_1^{t+1}[X^{t+1}, Y^{t+1}]}{D_1^{t+1}[X^t, Y^t]} \quad (6)$$

求取以 t 时期为起始时期的 $t+1$ 时期全要素生产率,可以使用上述两个曼奎斯特指数的几何平均值来计算,以产出为基础的曼奎斯特生产率指数可以转化为:

$$M_0(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) = \left\{ \frac{D_0^t[X^{t+1}, Y^{t+1}]}{D_0^t[X^t, Y^t]} \left[\frac{D_1^{t+1}[X^{t+1}, Y^{t+1}]}{D_1^{t+1}[X^t, Y^t]} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$= \frac{D_1^{t+1}[X^{t+1}, Y^{t+1}]}{D_0^t[X^t, Y^t]} \left\{ \frac{D_0^t[X^{t+1}, Y^{t+1}]}{D_1^{t+1}[X^{t+1}, Y^{t+1}]} \left[\frac{D_0^t[X^t, Y^t]}{D_1^{t+1}[X^t, Y^t]} \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$= E(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t) \cdot T(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t)$$

在规模报酬不变的条件下, $E(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t)$

表示技术效率增进指数(EFC), $T(X^{t+1}, Y^{t+1}, X^t, Y^t)$ 表示技术进步指数(TEC)。技术效率的变化指数还可以进一步分解为纯技术效率指数(PEC)和规模效率指数(SEC)。

3.3 实证分析

3.3.1 样本说明及数据来源。本文选取2003—2013年北京经济技术开发区投入及产出作为基础数据。产出数据为北京经济技术开发区全年GDP,投入数据为全年社会固定资产投资、年末从业人员总数和累计征用土地面积。

数据来源有两方面,一是北京经济技术开发区官网网站公布的北京经济技术开发区“十一五”时期主要经济指标、2003—2014年北京经济技术开发区国民经济和社会发展统计公报;二是2003—2014年《北京统计年鉴》。

3.3.2 网络结构特征与功能区效率关系分析

3.3.2.1 北京经济技术开发区生产效率变化情况。从计算北京市经济开发区曼奎斯特指数看,2003—2013年间,北京经济技术开发区全要素生产效率波动较大,自2009年达到最低点后逐步回升,平均值较低,见表5。导致这种大幅度波动情况主要是因为与开发技术、完善技术直接相关的人的因素是导致技术进步指数、全要素生产效率变化的重要影响因素。

表5 2003—2013北京经济技术开发区曼奎斯特指数
Tab.5 Man Quist index for Beijing Economic and Technological Development Zone from 2003 to 2013

年份	技术效率 变动指数 (EFC)	技术进步 指数 (TEC)	纯技术效 率变动指 数(PEC)	规模效率 变动指数 (SEC)	全要素生 产率变动 指数(TFP)
2003	1.000	0.831	1.000	1.000	0.831
2005	1.000	1.849	1.000	1.000	1.849
2007	1.000	1.183	1.000	1.000	1.179
2009	1.000	0.913	1.000	1.000	0.913
2011	1.000	0.941	1.000	1.000	0.941
2013	1.000	0.981	1.000	1.000	0.981
平均	1.000	1.116	1.000	1.000	1.115

注:DEAP2.1软件计算结果。

从各个效率指数来看,多年以来,开发区技术效率变动指数、规模效率指数及纯技术效率指数始终保持为1,说明经济开发区始终以稳定、高效的生产手段进行生产活动,保持着相对较低的要素投入成本,运用技术的能力与管理水平已日臻完善。

技术进步因素是影响开发区全要素生产效率的决定性因素,表示保持投入不变的条件下,前沿技术下产出的增长率。开发区技术进步指数从2005

年达到峰值之后,此后数年一直处于下滑状态。究其原因,人的因素是重要的一项。技术进步的概念非常广泛,不仅包括技术工艺的创新及引进,也包含制度创新等改良活动所带来的效益提升。但是技术进步的最终源头是人的思维、经验与具体实践,通过实践将技术构想转换为现实,将制度创新转变为生产规范,这都是以人才为主体来实现的。因此,使每个人发挥出最大效率,是提升开发区全要素生产效率的重要任务。

3.3.2.2 开发区技术进步指数与公共交通网络承载能力关系分析。图4给出了北京经济技术开发区技术进步指数与交通节点承载系数的对应关系。开发区技术进步指数的大小与交通节点承载系数的大小存在着一定的对应关系,即开发区公共交通网络的潜在承载能力越强、网络潜在压力越小,开发区技术进步指数越大。技术进步指数与交通节点承载系数两组数据的相关系数为0.747,呈现出较强的相关性。

交通节点承载系数的下降是由于公共交通网络的增长速度落后于开发区从业人数的增长速度,说明每个节点平均需要服务的对象数量逐渐增加,这将逐渐降低开发区从业人员的办事效率,降低企业间及其它有工作关系组织间联系的紧密性,在当今产业链分工逐渐明确的今天,这些副作用对开发区的技术进步有着更深层更广泛的影响。

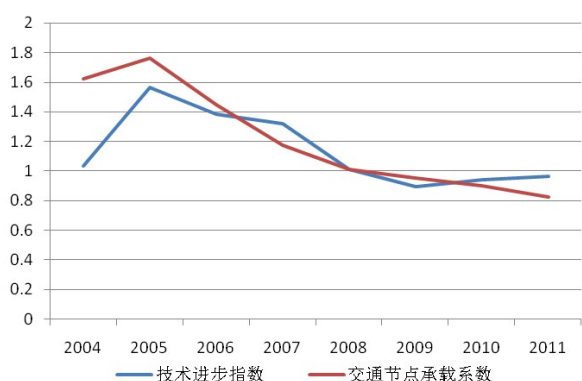


图4 北京经济技术开发区技术进步指数与交通节点承载系数数值变化关系

Fig.4 The relationship between the technological progress index and the numerical value of the bearing capacity of the traffic node for Beijing Economic and Technological Development Zone

4 结论与政策建议

本文简要分析了产业功能区与科技工业园区的异同,提出了产业功能区的内部特点。运用复杂

网络理论及相关特征数值的测量方法,构建了北京经济技术开发区的公共交通网络演化模型并进行了结构特征分析;使用DEA模型计算出开发区各项曼奎斯特指数,并分析了开发区技术进步指数与公共交通网络结构承载能力间的关系。结果表明:首先,北京经济技术开发区内部公共交通网络随着线路增加、站点增设逐步呈现出更加显著的小世界特征,随着时间的推移,网络演化的同时会使得产业功能区有着正负两方面的显性影响,在方便居民出行、增加公交出行可能性的同时也更容易造成拥堵。其次,北京经济技术开发区的技术进步程度决定了开发区全要素生产效率,这一数值在过去十年内呈现出大幅度波动,带来了开发区全要素生产效率的不稳定。最后,实证分析表明,公共交通网络的节点承载系数处于与开发区科技进步指数基本一致的震荡状态,说明公共交通网络的潜在承载能力与产业功能区的技术进步指数存在着相关关系。

根据上文的分析与计算结果,可以认为北京市经济技术开发区在公交网络的规划建设方面存在以下问题:①开发区公交网络节点的服务压力增大,逐渐不能适应开发区的发展速度,致使企业效率降低;②相对于北京市其它产业功能区,北京市经济技术开发区内轨道交通线路较少,由于轨道交通乘客运输量远高于公交车线路,因此开发区与城市其它城区的联系较弱,不利于吸引人才;③产业功能区规划一次完成,对于实际变化缺乏适应性,不能及时有效解决公交网络发展过程中出现的问题。因此,促进产业功能区与当地公共交通网络协调发展,对公交网络合理规划并适时调整是提高产业功能区人才流动,提升工作效率,促进产业功能区科技进步的重要任务:

第一,协调产业功能区公共交通网络平衡发展,关注园区重要节点特殊需求。针对产业功能区内各区域公共交通网络发展程度不协调的情况,应按照当地实际需求补充公交线路,减少“有路无车”的情况,逐步消除功能区内部主体公交网络无法到达的区域,促进功能区公共交通网络一体化发展。针对功能区内一些重要节点,如政府办公机构附近站点,重要商业、生产性服务机构附近的站点,应根据其办公特点适当增加路线提高运送能力,增加站点以分散单个站点压力。

第二,加强功能区与市区重点区域联系,充分利用城市创新网络资源。从北京市及世界其它城市知名产业园区的地理位置来看,有相当一部分产业

功能区建立在城市中心区之外,产业功能区需要建立起与其它功能区顺畅的交通联系,提升园区企业利用外界创新资源的效率。对产业功能区内企业办公出行目的地进行全面统计,通过出现频率对企业出行目的地进行分级,增加重要路线的公交车次或根据需要设计全新路线是有效加强园区对外联系的手段。以北京市为例,2010年末北京市成立了“中关村科技创新和产业化促进中心”,汇集首都高等院校、科研院所、中央企业、高科技企业等创新资源,办公地点与北京市经济技术开发区直线距离20km以上,开发区内各站点距此约2.5h车程,这难以满足园区企业办公的需要,开发区应设计新路线连接中关村创新平台办公地点及其它科技服务单位,方便企业利用创新资源。

第三,合理规划产业功能区公共交通网络,建立分期检查调整机制。由于轨道交通具有运输能力强、可靠性高、不影响地面交通的诸多优点,因此轨道交通应作为产业功能区公交网络的骨干路线。但值得注意的是,轨道交通建设难度大、所需投资大、建设周期与投资回报期长,因此,规划建设轨道交通更需要结合产业功能区未来发展走向,设计最优路线,提高投资回报。相对于轨道交通,公交车系统灵活性较高,是及时应对产业功能区的条件变化的重要工具。产业功能区公交网络规划应适当超前于功能区规划,为当地发展提供足够空间,但仍需要与当地资源和环境承载能力相适应,关注产业功能

区各站点客流流量并根据阶段变化做出调整。

参考文献:

- [1] 韩青,顾朝林,袁晓辉.城市总体规划与主体功能区规划管制空间研究[J].城市规划,2011,10(10):44-50.
- [2] 张景秋,孟醒,朱海勇.基于办公活动空间联系的城市产业功能区规划——以北京市为例[J].规划师,2012,1(1):18-23.
- [3] 北京特华财经研究所课题组,王力.北京金融街功能区建设发展面临的问题研究[J].中国城市经济,2007,3(3):68-75.
- [4] 魏小真,韩雪梅,王玉清.透视北京市高端产业功能区发展状况[J].数据,2007(Z1):34-36.
- [5] 张伟娜,胡佰林,卢庆沙.基于主体功能区划方法的长株潭城市群核心区交通优势度评价[J].经济地理,2014,34(11):63-68.
- [6] 邱立新,张丽丽.青岛市高新技术产业功能区培育建设研究——基于产业集群理论[J].青岛科技大学学报:社会科学版,2012,3(1):67-71.
- [7] 赵东霞,韩增林,王利,等.环渤海地区产业地域分工的基本格局[J].经济地理,2015,35(6):8-16.
- [8] 肖晓俊,傅江帆,贺灿飞.国际大都市产业功能区空间利用特征[J].世界地理研究,2011,12(4):48-55.
- [9] 张明莉.系统视角下的临空产业集群研究[D].秦皇岛:燕山大学,2012.
- [10] Färe R, Grosskopf S, Norris M, et al. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries[J]. American Economic Review, 1994, 84(1): 66-83.
- [11] Caves D W, Christensen L R, Diewert W E. The Economic Theory of Index Number and the Measurement of Output, Input, and Productivity[J]. Econometrica, 1982, 50(6): 1396-1414.