

通信与交通基础设施通达性与普及度评估与比较

——基于熵值法与门槛模型的研究

薛婧^{a, b} 周绍杰^{a, b1}

(清华大学:a. 公共管理学院;b. 国情研究院, 北京 100084)

【摘要】: 本文利用 2001—2019 年中国省级面板数据, 基于通达性与普及度双视角, 使用熵值法对省级地区、八大经济区域通信与交通基础设施进行评分、排名和比较, 在此基础上运用门槛模型分析两类基础设施的通达性、普及度对地区经济的影响及其门槛效应。结果表明: 全国层面, 强运力、较先进的通信与交通基础设施通达性及普及度逐步提升, 但部分省区通信与交通基础设施存在供需失衡; 八大经济区通信与交通基础设施通达性的区域差距不断扩大, 而普及度趋向空间均衡; 通信基础设施发挥经济作用受到本地交通基础设施通达与普及程度的影响。因此, 我国应高度重视地区通信与交通基础设施的供需偏差; 在需求分布趋于均衡的背景下, 加大薄弱地区相应基础设施建设力度, 缩小基础设施通达性的空间差距; 明确未来基础设施的需求热点与发展脉络, 推动两类基础设施的同步规划和统筹建设。

【关键词】: 通达性 普及度 通信基础设施 交通基础设施 区域差距

【中图分类号】: F532; F542 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1006—2912(2022)07—0029—17

一、引言

改革开放以来, 中国经济高速增长主要动力来源之一是基础设施的投资建设(方福前、田鸽和肖寒, 2020)。1992 年之后, 通信与交通基础设施就成为国家基础设施建设的重点, 经过几十年的不懈努力, 中国创造了“基础设施发展奇迹”, 其中通信基础设施与交通基础设施的地位举足轻重(黄寿峰, 2021; 方福前、田鸽和肖寒, 2020)。2020 年我国完成交通固定资产投资 34752 亿元, 比上年增长 7.1%, 同年全国通信固定资产投资完成额达到 4085.20 亿元²。

从基础设施普及与应用水平来看, 2020 年全年铁路完成旅客发送量 22.03 亿人, 旅客周转量为 8266.19 亿人公里, 完成货物总发送量 45.52 亿吨, 货物总周转量达 30514.46 亿吨公里。同年, 公路完成营业性客运量 68.94 亿人, 旅客周转量为 4641.01 亿人公里, 完成营业性货运量 342.64 亿吨, 货物周转量达到 60171.85 亿吨公里。全国移动电话用户总量在 2020 年达到 15.94 亿户, 其中 4G 移动电话用户为 12.89 亿户; 同年移动互联网用户为 13.49 亿户, 互联网宽带用户达 4.84 亿户; 而固定电话用户约为 1.82 亿户。

从建设进程来看, 在交通基础设施中, 全国铁路营业里程于 2020 年末达到 14.6 万公里, 比 2019 年末增长 5.3%, 其中高铁

作者简介: 薛婧(1990-), 女, 山西太原人, 清华大学公共管理学院、清华大学国情研究院在站博士后, 研究方向: 创新、基础设施、贸易与区域发展; 周绍杰(1974-), 男, 辽宁丹东人, 清华大学公共管理学院党委副书记、教授, 清华大学国情研究院副院长, 研究方向: 发展研究与政策、中国经济、国际发展与全球治理。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“中国人口老龄化对经济增长的影响路径与政策选择研究”(20&ZD076); 2021 年文科建设“双高”计划创新专项项目“中国特色国家治理体系演化与治理能力现代化: 价值、实践与理论”(2021TSG08303)

营业里程 3.8 万公里；同年全国公路总里程为 519.81 万公里，比上年末增加 18.56 万公里，其中高速公路里程为 16.10 万公里，增加 1.14 万公里；二级及以上等级公路里程为 70.24 万公里，增加 3.04 万公里，占公路总里程比重 13.5%，提高 0.1 个百分点。通信基础设施中的长途光缆线路长度在 2020 年达到 111.8 万公里，移动电话交换机容量达到 27.46 亿户，移动电话 4G 基站为 575.0 万个，互联网宽带接入端口达 9.46 亿个。

通信与交通基础设施的不断扩张、加密与技术迭代是未来发展的必然趋势，在这一背景下，如何推动两类基础设施的可持续发展、如何适应和引导基础设施需求、如何充分发挥其经济作用是未来研究的重心。目前为止，学者们对交通与通信基础设施投资建设是否存在显著经济影响展开了丰富的研究(孙文杰和严文沁，2021;杨仲舒和那艺，2020)。在指标构建方面，以交通基础设施为对象的研究主要利用存量数据展开分析，以通信基础设施为核心的研究则更多地采用需求用户指标以衡量其普及程度。在模型和计量方法选取方面，投入产出模型、空间计量模型等在相关研究中已得到广泛应用(刘秉镰、武鹏和刘玉海，2010;赵培阳和鲁志国，2021)。

然而，仅关注基础设施建设存量或普及程度其中的一个方面易忽视其供给和需求间可能存在的失衡问题，无法发现基础设施普及及应用水平与通达程度是否存在偏差。基础设施不仅通过增加供给作用于地区经济，还可能通过“需求引致”影响地区经济发展。更进一步，交通基础设施的扩张并非只包含一种客货运输方式，综合立体完善的基础设施体系是重要的发展方向和目标。而通信基础设施也不仅仅依赖一种通信传输手段。因此，在研究中，应相应地构建交通或通信基础设施全面系统的指标体系。最后，通信与交通基础设施可能对地区经济具有非线性影响。地区通信与交通基础设施的发展进度并不同步，那么通信基础设施对地区经济产生的影响是否会受到当地交通基础设施通达或普及程度的影响?与此同时，交通基础设施经济作用的发挥是否与当地通信基础设施的发展程度有关?

为解决上述问题，本文将熵值法与多种交通运输方式、通信传输方式相结合，构建通信与交通基础设施普及度、通达性的综合评估体系，估算我国国家层面、经济区域层面以及省级地区层面的通信与交通基础设施得分，并进行比较分析。熵值法的赋权算法能够充分利用数据信息，避免人为因素带来的偏差(王威和夏仕成，2020)。为统一通信与交通基础设施的测度角度和量纲，熵值法的使用也是十分必要的。在此基础上，通过构建门槛效应模型研究通信与交通对地区经济发展的非线性影响，探讨某一基础设施发挥经济作用是否与另一类基础设施发展水平有关，以期相关部门提供经验证据和政策支撑。

二、文献综述

伴随我国基础设施规模的迅速扩张及新型基础设施建设上升至国家战略层面，交通基础设施相关研究中综合交通运输体系、交通方式结构变化对经济的影响得到了研究者的重视(陈晓佳、徐玮和安虎森，2021)。与此同时，通信基础设施对改善我国经济差距的积极作用也得到国内研究的验证(孙文杰和严文沁，2021)，但通信基础设施与区域经济的关联关系有待进一步深入分析。王勇和黎鹏(2019)利用 2000—2016 年东盟国家面板数据进行研究并指出，总体上通信基础设施对属于技术进步主导型的东盟国家全要素生产率具有显著的正向影响。在国外相关研究中，学者们对通信基础设施的贡献进行了广泛评估，其中较多研究验证了宽带普及对经济发展的积极作用。Nadiri & Nandi (2001)将通信基础设施资本作为生产函数的投入纳入模型后发现，通信基础设施与生产率提高之间具有紧密联系。Aldashev & Batkeyev (2021)针对通信基础设施与经济差距的关系展开分析，试图回答“缺乏宽带接入的农村地区是否因为没有宽带服务而在经济上处于贫困状态”。研究还指出，宽带“渗透率”增加 10%，经济的估计增量增长率为 0.9%至 1.5%之间(Nadiria、Nandi & Akoza, 2018)。

长久以来，交通基础设施投资建设一直是被广泛定义的区域发展政策主要工具之一。由 Aschauer (1989)开创的研究基础设施影响生产力的框架主要是将交通基础设施视为新古典生产函数中的附加生产要素。尽管使用这种方法的研究十分丰富，但是并未形成统一结论，经济发展与交通基础设施投资之间的关系一直是备受争议的话题。如 Holtz-Eakin (1994)和 Evans & Karras (1994)指出，虽然控制了一些未观察到的影响，但交通基础设施对私营部门的生产力只有轻微影响或根本没有影响。争议可能的原因在于基础设施的定义、使用的数据(时间序列数据、横截面数据或面板数据)、计量经济方法等(Bartłomiej &

Marcin, 2018)。Vickerman (2008)认为, 交通基础设施投资的总体经济影响取决于基础设施性质和周围环境。上述所有研究的共同问题之一为如何构建交通基础设施变量(Bartłomiej & Marcin, 2018)。因此, 有些研究者将交通通达性纳入生产函数中, 并认为通达性是一种未被充分利用的工具, 其潜力被低估(Karlsson & Gråsjö, 2013)。

综上所述, 为弥补既有研究的不足, 本文的研究内容主要包括三个方面: 第一, 从通达性、普及度两个角度构建通信与交通基础设施的综合指标体系, 采用熵权法进行评估和测算。第二, 在此基础上比较分析我国整体、各省、八大经济区域通信与交通基础设施通达性、普及度的分布情况和差异。第三, 将熵权法测算得出的基础设施普及度、通达性得分纳入门槛模型, 探索通信与交通基础设施通达性、普及度的经济影响是否与另一类基础设施的通达与普及水平有关。

三、研究方法 with 数据说明

(一) 评估方法选择与评估体系构建

熵权法根据各指标间的相关关系或各项指标值的变异程度来确定权重, 具有较强的客观性, 同时也统一了指标的量纲和测度角度。本文运用熵值法对交通与通信基础设施通达性、普及度进行指数化处理以转化成综合指数, 基于综合评价体系测量两类基础设施的通达水平和应用水平。熵值法测算的结果越大, 表明基础设施的普及度或通达性越高。

关于交通基础设施通达性的评估, 从铁路、内河航道、高速公路、一级公路、二级公路与等外公路六个角度出发, 选取一级指标的密度变量合成交通基础设施通达性综合指数(如表 1 所示)。通信基础设施通达性的评估主要从各类电话交换机与长途光缆的相应密度指标合成通达性综合得分(如表 1 所示)。关于交通基础设施普及度指标体系构建, 由铁路运输、公路运输与水路运输普及度三方面构成子系统, 而每一子系统由货运量、客运量、货运周转量和客运周转量四个代理变量共同构成(如表 2 所示)。通信基础设施普及水平的评估主要从互联网普及、移动电话普及、固定电话普及、电信业务普及水平构成(如表 2 所示)。

表 1 通达性评估指标体系构建

目标层	一级指标(子系统)	二级指标/代理变量	方向
交通基础设施通达性得分	铁路通达性	铁路密度	正向
	内河航道通达性	内河航道密度	正向
	高速公路通达性	高速公路密度	正向

目标层	一级指标(子系统)	二级指标/代理变量	方向
交通基础设施通达性得分	一级公路通达性	一级公路密度	正向
	二级公路通达性	二级公路密度	正向
	等外公路通达性	等外公路密度	正向
通信基础设施通达性得分	移动电话交换机通达性	移动电话交换机容量密度	正向
	长途光缆通达性	长途光缆密度	正向

	固定电话交换机通达性	固定电话交换机容量密度	正向
	局用电话交换机通达性	局用电话交换机容量密度	正向

注：由于篇幅限制，基于熵值法的具体测算步骤本文将不再赘述，如有需要可向作者索取。

表 2 普及度评估指标体系构建

目标层	一级指标	二级指标/代理变量	方向
交通基础设施普及度得分	铁路运输普及度	人均铁路货运量	正向
		人均铁路客运量	正向
		人均铁路货物周转量	正向
		人均铁路旅客周转量	正向
	公路运输普及度	人均公路货运量	正向
		人均公路客运量	正向
		人均公路货物周转量	正向
		人均公路旅客周转量	正向
	水路运输普及度	人均水运货运量	正向
		人均水运客运量	正向
		人均水运货物周转量	正向
		人均水运旅客周转量	正向
通信基础设施普及度得分	移动电话普及度	移动电话用户占比	正向
	互联网普及度	互联网用户占比	正向
	固定电话普及度	固定电话用户占比	正向
	电信业务普及度	电信业务占比	正向

注：由于篇幅限制，基于熵值法的具体测算步骤本文将不再赘述，如有需要可向作者索取。

(二) 计量模型说明

在运用熵值法对各省级地区通信与交通基础设施的通达性与普及水平评估的基础上，本文运用面板门槛回归模型检验通信与交通基础设施对地区经济的非线性影响。本文借鉴谢呈阳和王明辉(2020)的研究，构建如下门槛模型：

$$LnGDP_{it} = \alpha_0 + \beta_0 LnJTACC_{it}I(TXACC_{it} \leq \gamma) + \beta_1 LnJTACC_{it}I(TXACC_{it} > \gamma) + \beta_3 LnTXACC_{it} + \lambda_n control_{it} + \mu_{it} \quad (1)$$

$$LnGDP_{it} = \alpha_0 + \beta_0 LnTXACC_{it}I(JTACC_{it} \leq \gamma) + \beta_1 LnTXACC_{it}I(JTACC_{it} > \gamma) + \beta_3 LnJTACC_{it} + \lambda_n control_{it} + \mu_{it} \quad (2)$$

$$LnGDP_{it} = \alpha_0 + \beta_0 LnJTPOP_{it}I(TXPOP_{it} \leq \gamma) + \beta_1 LnJTPOP_{it}I(TXPOP_{it} > \gamma) + \beta_3 LnTXPOP_{it} + \lambda_n control_{it} + \mu_{it} \quad (3)$$

$$LnGDP_{it} = \alpha_0 + \beta_0 LnTXPOP_{it}I(JTPOP_{it} \leq \gamma) + \beta_1 LnTXPOP_{it}I(JTPOP_{it} > \gamma) + \beta_3 LnJTPOP_{it} + \lambda_n control_{it} + \mu_{it} \quad (4)$$

模型(1)与(2)主要分析基础设施通达性对地区经济的影响。其中, GDP_{it} 为被解释变量, 由实际人均生产总值表示(2001 年为基期); I 是指示函数, 当满足括号内的条件时取 1, 否则取 0。在式(1)中, 核心解释变量为交通基础设施通达性 $JTACC_{it}$; $TXACC_{it}$ 为门槛变量, 由通信基础设施通达性表示, 同样也作为控制变量之一出现在模型中, γ 为门槛值; $control_{it}$ 为一组控制变量, 结合既有相关研究, 控制变量主要包括就业率、财政支持水平、金融发展水平、对外开放水平、产业结构、城镇化率、城乡差距及高铁开通虚拟变量(HSR), 若该地区开通高铁, 则取值为 1, 若未开通高铁, 则取值为 0。在模型(2)中, 将核心变量替换为通信基础设施通达性, 即 $TXACC_{it}$, 门槛变量为 $JTACC_{it}$, 控制变量等与模型(1)相同。

模型(3)与(4)主要分析基础设施普及度与地区经济的联系。其中, GDP_{it} 为被解释变量, 由实际人均生产总值表示(2001 年为基期)。在式(3)中, 核心变量为交通基础设施普及度 $JTPOP_{it}$; $TXPOP_{it}$ 为门槛变量, 由通信基础设施普及度表示, 同样也作为控制变量出现在模型中, γ 为门槛值; $control_{it}$ 为一组控制变量, 结合既有相关研究, 控制变量主要包括就业率、财政支持水平、金融发展水平、对外开放水平、产业结构、城镇化率、城乡差距及虚拟变量 HSR。在模型(4)中, 将核心变量替换为通信基础设施通达性 $TXPOP_{it}$, 门槛变量为 $JTPOP_{it}$, 控制变量等与模型(1)相同。考虑到可能存在的异方差问题和多重共线性问题, 在实证过程中将相关变量取对数, 并进行 VIF 检验以排除多重共线性问题。变量含义与计算方法如表 3 所示。

表 3 描述性统计

变量名	变量含义	变量计算方法	样本量	平均值	标准误	最小值	最大值
GDP	实际人均 GDP	实际 GDP/总人口	570	2.579	1.861	0.295	10.92
EMP	就业率	城镇就业人口/总人口	570	0.211	0.115	0.062	0.729
FIS	财政支持水平	财政支出/总人口	570	0.095	0.032	0.048	0.227
FIN	金融发展水平	金融机构存款/总人口	570	4.991	5.421	0.319	35.10
OPEN	对外开放水平	进出口贸易额/GDP	570	1.496	2.630	0.014	13.79
INDUS	产业结构	第二产业增加值/GDP	570	0.447	0.082	0.160	0.590
URBAN	城镇化率	城镇人口/总人口	570	0.514	0.149	0.240	0.896
GAP	城乡差距	城乡居民收入差距	570	2.545	0.510	1.635	4.196
HSR	高铁是否开通	开通=1 未开通=0	570	0.496	0.500	0.000	1.000

TXPOP	通信基础设施普及度得分	根据熵值法得到	570	0.066	0.127	0.000	0.857
TXACC	通信基础设施通达性得分	根据熵值法得到	570	0.278	0.130	0.032	0.660
JTPOP	交通基础设施普及度得分	根据熵值法得到	570	0.136	0.130	0.002	0.704
JTACC	交通基础设施通达性得分	根据熵值法得到	570	0.124	0.072	0.027	0.462

(三)数据来源说明

本文的样本为中国 30 个省、自治区及直辖市(因西藏等地大量数据缺失,已剔除),样本考察期为 2001—2019 年。研究所涵盖指标的原始数据来源于国家统计局网站、《中国通信统计年鉴》、《中国交通运输统计年鉴》与 CNRDS 统计数据库,一些地区个别年份缺失的数据采用插值法补齐。其中,实际人均 GDP 等数据采用以 2001 年为基期经过价格指数调整后的不变价值,对外开放水平指标中的进出口总额以历年人民币对美元的年均汇率折算成人民币单位。

四、基于熵值法的基础设施通达性与普及度特征分析

(一)全国通信与交通基础设施通达性、普及度比较与演变

基于上述研究方法,本部分计算得出 2001—2019 年 30 个省级地区交通与通信基础设施通达水平与普及程度的综合评估得分,以及各子系统指标的评估得分。

由图 1a 可知,全国层面,中国交通基础设施通达性总得分在 2001—2019 年内缓步提升,其中 2005—2006 年增速的明显变化可能受到等外公路通达性得分变化的影响。其中高速公路、一级公路通达性得分增长较快,铁路与二级公路通达性也逐步提高,但增速低于高速公路与一级公路,而等外公路通达性得分从 2006 年开始不断下降,内河航道通达性得分在平稳下降,但降幅较小。根据图 1b,2001—2019 年全国交通基础设施普及水平在波动中逐步上升,2012 年后普及度得分大幅下降后于近年来又有所恢复,但增速远低于 2012 年之前的水平。铁路、公路的普及度变化趋势与交通基础设施普及总得分变化趋势十分接近,其中公路的上升幅度最大。从全国层面交通基础设施通达性得分变化趋势可以发现,运量越大、运速越快的基础设施其通达性得分越高,而等外公路的通达水平已处于长期收缩阶段。对比交通基础设施的通达性与普及度得分变化速度,供需偏差最明显的是水运基础设施,存在需求大于供给的可能。

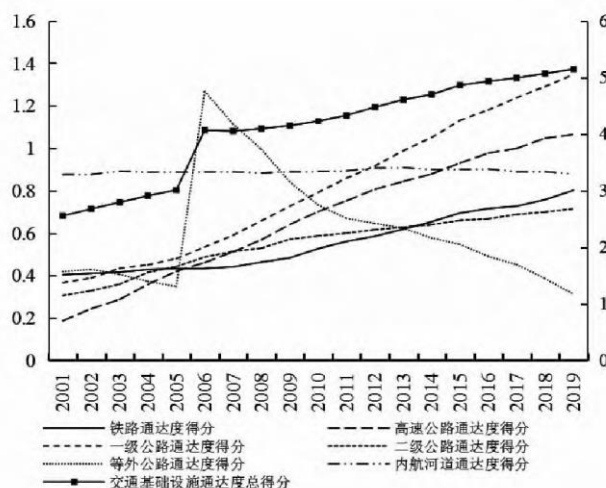


图 1a 全国交通基础设施通达性总得分变化趋势

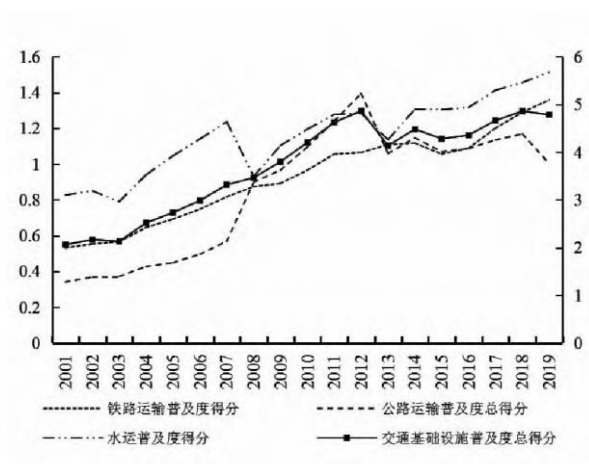


图 1b 全国交通基础设施普及度总得分变化趋势

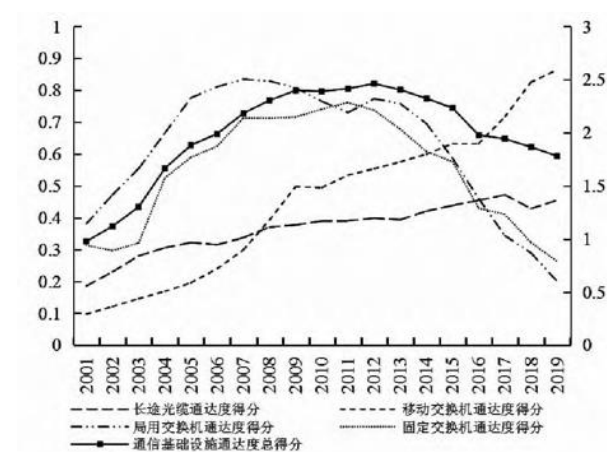


图 2a 全国通信基础设施通达性总得分变化趋势

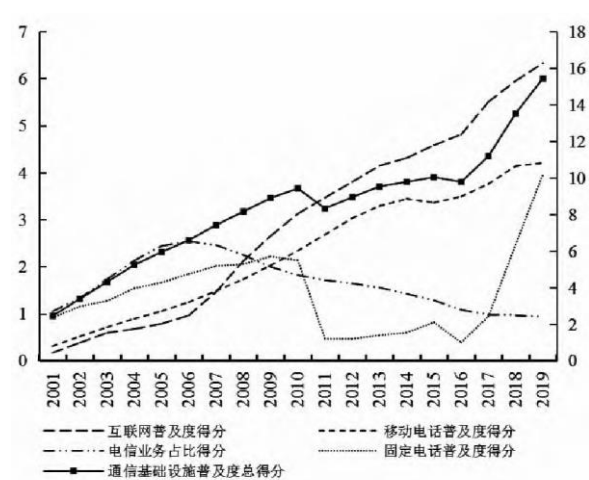


图 2b 全国通信基础设施普及度总得分变化趋势

由图 2a 可知, 全国层面通信基础设施通达性总得分在 2001—2012 年间显著提升, 2012 年后受到固定、局用交换机通达性收缩的影响, 通信基础设施通达性不断下降。而移动电话交换机通达性得分增长趋势十分稳定, 2001—2009 年、2015—2019 年间增速较高。同时, 长途光缆通达性得分稳步提升, 增速低于移动电话交换机, 趋势较平缓。与交通基础设施通达性评估结果相似, 相对传统的局用交换机等通信基础设施其通达性已处于长期下降阶段。根据图 2b, 2001—2019 年全国通信基础设施普及水平在不断上升, 尽管 2010—2016 年间出现波动, 但是总体仍具有增长趋势, 尤其近年来增速明显提升。其中, 互联网的普及度得分在 2006 年之后明显“提速”, 超越稳步增长的移动电话普及度得分。比较全国层面通信基础设施的通达性与普及度得分增速, 其建设发展与居民应用之间存在明显的偏差, 尤其是互联网、移动电话普及度与光缆、移动电话交换机通达性间的非均衡, 说明在一定程度上通信基础设施的需求增速大于供给增速。

(二) 省级地区通信与交通基础设施通达性与普及度排名

本部分根据交通与通信基础设施通达性、普及度熵值法评估得分对各省级地区进行排名(见图 3 至图 7)。如图 3 与图 4 所示,交通基础设施通达性的评估中,上海排名第一,其次为江苏、天津、北京、江苏、浙江、广东、山东等地,通达性较为落后的地区为内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、新疆等地。铁路通达性排名较靠前的地区为北京与天津,同时上海、辽宁、河北、陕西、山东、河南等地的铁路通达性也较高,且排名十分稳定。内蒙古、云南、甘肃、青海、新疆等地的铁路发展较落后。内河航道与地区自然条件息息相关,内河航道较发达的地区包括上海、江苏、浙江、广东、湖南等地。高速公路通达性得分较高的地区为天津、北京、上海、江苏、浙江、广东、山东、河南等地,而通达性较落后的地区为内蒙古、黑龙江、甘肃、云南、青海和新疆等地。一级公路与二级公路通达性排名中,上海、北京、天津、河北、辽宁、江苏、广东、山东等地的通达性较高,而内蒙古、黑龙江、甘肃、云南、青海、新疆等地排名较为落后。等外公路通达性排名靠前的地区为重庆、贵州、福建、河南、江西、云南、湖南、湖北等地,排名靠后的地区为北京、天津、上海、山东、内蒙古、宁夏等地,且各地区等外公路通达性排名波动较大。

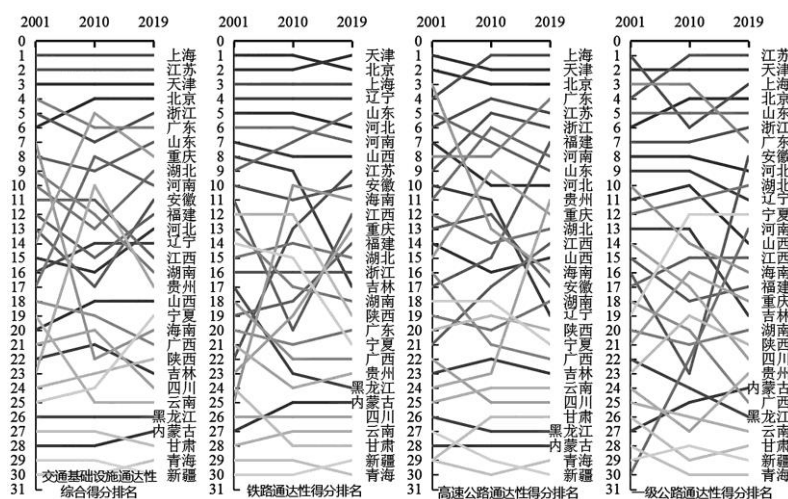


图3 各地区交通基础设施通达性综合得分与铁路、高速公路、一级公路通达性得分排名变化

根据交通基础设施普及程度的综合评估(见图 5),得分较高的地区为上海、海南、内蒙、浙江、安徽、山西、辽宁、天津等。其中铁路普及度得分较高的地区为山西、内蒙古、陕西、天津、河北、甘肃、辽宁等,主要集中在中西部,得分较低的地区包括云南、四川、海南、重庆、广东等地,总体排名较稳定,其中,北京排名有所下降,但是陕西、甘肃、青海的排名大幅度上升。各省公路普及度得分排名在 2001—2019 年间出现较大的变动,河北、内蒙、宁夏、辽宁、山西、江西、安徽、山东的公路普及水平排名大幅提升,而北京、江苏、浙江、福建、海南等地排名有所下降。对于水运普及度,由于自然条件的约束,水运普及度

得分排名较高的地区集中在南方。

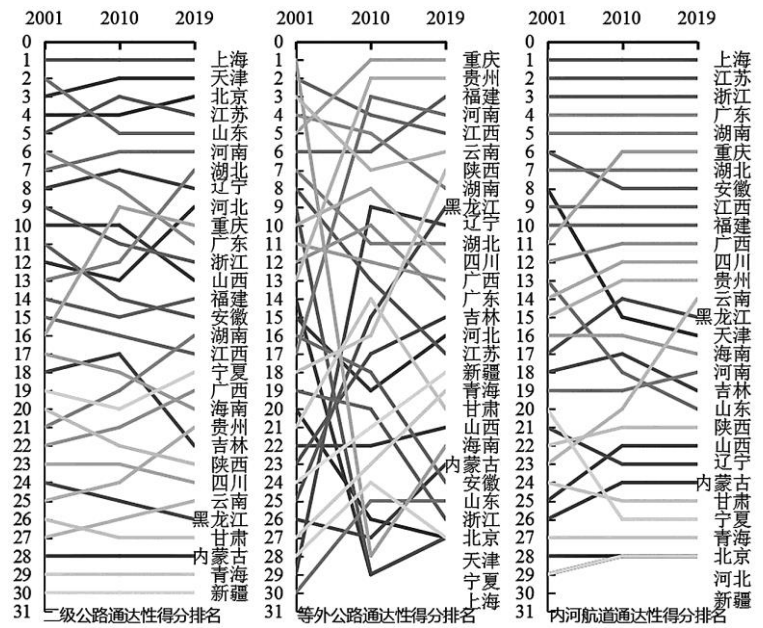


图 4 各地区二级公路、等外公路与内河航道通达性得分排名变化

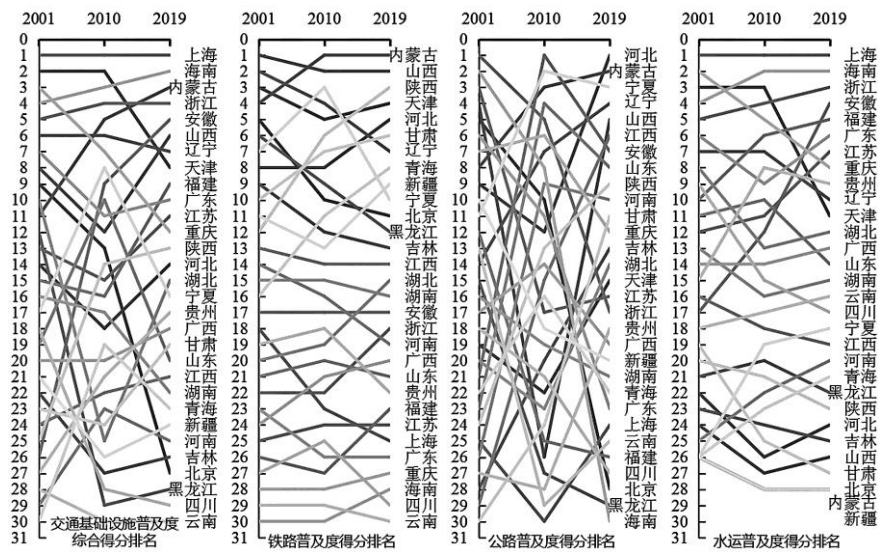


图 5 各地区交通基础设施普及度综合得分与分项普及度得分排名变化

对比各省级地区交通基础设施的通达性与普及度得分排名，通达性排名显著高于普及度排名的地区为北京、江苏、江西、山东、河南、湖北、湖南，一定程度上这些地区交通建设水平超前于利用程度。而通达性排名显著低于普及度排名的地区包括山西、内蒙古、辽宁、陕西等地，这些地区可能面临交通需求大于基础设施通达供给。

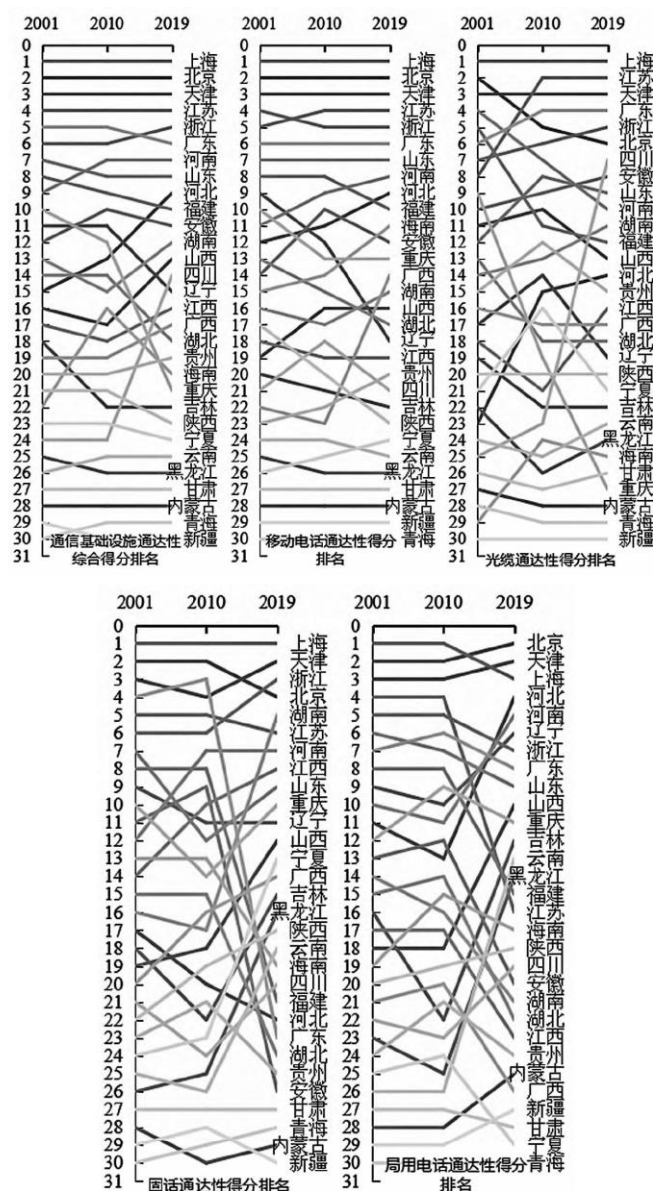


图 6 各地区通信基础设施通达性综合得分与分项得分排名变化

通信基础设施通达性综合评估(见图 6),上海排名第一,其次为北京、天津、江苏、浙江、广东,较为落后的地区包括内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、新疆等。通信基础设施中长途光缆通达性排名第一的地区为上海,且排名稳定,江苏、浙江、广东、天津、北京等长途光缆通达水平较高,内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、新疆的长途光缆通达水平较低。在移动电话基础设施通达性排名中,上海依然长期排名第一,同时北京、天津、江苏、浙江、福建、山东等地移动电话基础设施发展状况较好,而内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、新疆等地排名靠后。固定电话交换机通达性排名第一的地区为上海,且上海、浙江、天津、北京、江苏、浙江排名在 2001—2019 年期间始终靠前。局用电话交换机通达性前二名为北京和上海,天津、浙江、广东、山东的排名靠前且稳定。

根据通信基础设施普及度综合评估(见图 7),北京、天津、上海、广东通信基础设施普及程度稳定靠前,但江苏、浙江等地排名下降,广西、青海、宁夏等地排名显著提升。移动电话普及度得分最高地区为北京,其次为上海、浙江、广东、天津,且排

名稳定，普及水平较低的地区为安徽、江西、河北、湖南、广西等。互联网普及水平较高的地区包括上海、北京、天津、广东、福建、辽宁等，甘肃、青海、宁夏、新疆、山西、内蒙古的排名有所提升，而浙江、江苏排名有所下降。固定电话普及度排名较前的地区为北京、天津、上海、浙江等，其余地区排名均呈现波动趋势。根据电信业务排名情况，广东、北京、上海、海南排名有所下降，而广西、贵州、甘肃、青海、宁夏等地排名显著提升，云南、新疆排名稳定靠前。与交通基础设施不同的是，通信基础设施普及度排名在研究期内变动频繁。

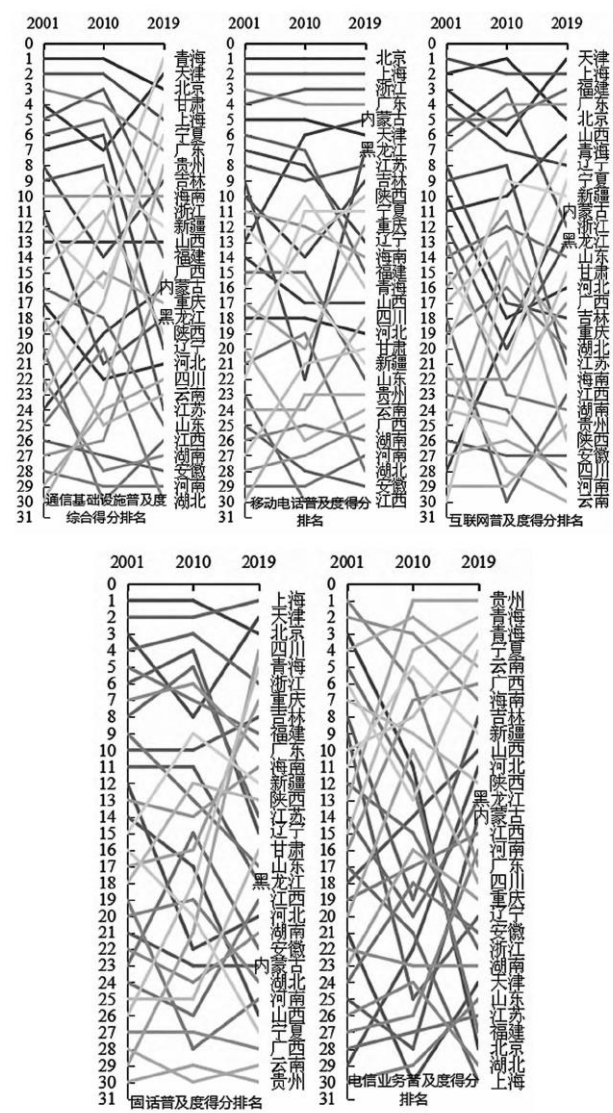


图7 各地区通信基础设施普及度综合得分与分项得分排名变化

值得注意的是，对比各省级地区通信基础设施通达性与普及度得分排名，通达性排名显著高于普及度排名的地区为河北、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖南。而通达性排名显著低于普及度排名的地区包括内蒙古、吉林、海南、陕西，这些地区可能面临通信需求大于通信供给。

(三) 八大经济区域的通信与交通基础设施通达性与普及度评估与比较

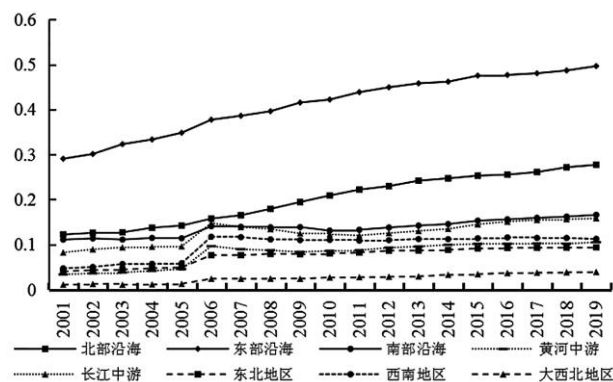


图 8a 八大经济区交通通达性均分变化趋势

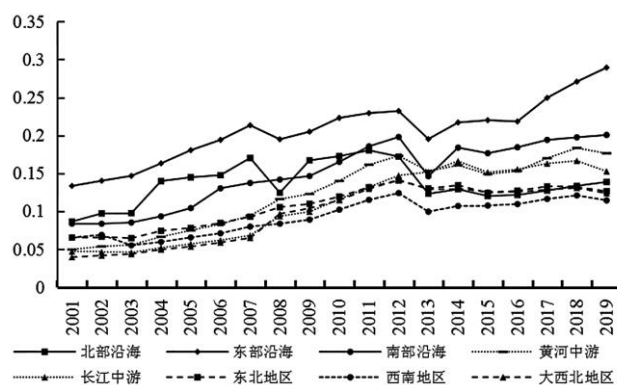


图 8b 八大经济区交通普及度均分变化趋势

本文根据国家统计局的经济区划方法将样本地区划分为北部沿海、东部沿海、南部沿海、黄河中游、长江中游、东北地区、西南地区、大西北地区八个经济区域。并将这八大经济区域作为研究单元，从通达性与普及度两个角度深入分析和比较交通与通信基础设施的区域分布差异与演变特征。其中北部沿海区包括北京、天津、河北、山东，东部沿海区包括上海、江苏、浙江，南部沿海区包括福建、广东、海南，黄河中游区包括山西、内蒙古、河南、陕西，长江中游区包括安徽、江西、湖北、湖南，东北地区包括辽宁、吉林、黑龙江，西南地区包括广西、重庆、四川、贵州、云南，大西北地区包括甘肃、青海、宁夏、新疆和西藏。

八大经济区交通基础设施通达性均分变化趋势如图 8a 所示，可以发现，东部沿海交通基础设施通达性均分远高于其他地区，且增长趋势平稳；其次为北部沿海地区，尽管与东部沿海的交通基础设施通达性有差距，但两个区域通达性得分增速同步。南部沿海与长江中游通达性接近；西南地区、黄河中游与东北地区交通基础设施通达性得分逐步趋同，但得分增长并不明显；交通基础设施通达水平最低的地区为大西北地区。我国交通基础设施通达性存在显著的区域分布差异，且差距有所扩大。交通基础设施普及度均分变化趋势如图 8b 所示，东部沿海交通基础设施普及度得分仍高于其他地区，且差距在 2016 年后明显扩大；北部沿海地区在 2001—2011 年期间波动上升，但 2011 年之后大幅下降，2013 年后维持在低位水平；南部沿海、黄河中游、长江中游地区在 2001—2014 年之间波动上升，2014 年之后小幅提升；大西北地区、东北地区与西南地区在 2001—2012 年稳定上升，但 2012 年后经历小幅下降后维持平稳水平。值得注意的是，交通基础设施普及度的区域差距虽然存在，但明显小于通达性得分的地区差距。

根据八大经济区域通信基础设施通达性得分变化趋势(见图 9a)，可以发现，各个地区通信通达性变化趋势与全国总得分变化

趋势相似。具体而言，东部沿海通达性得分高于其他地区得分；其次为北部沿海，但是与东部沿海的通信基础设施通达性得分存在较大差距；南部沿海与北部沿海的差距在 2013 年后不断加大；长江中游、黄河中游与西南地区通达性得分较为接近；通信基础设施通达水平最低的地区为大西北地区。其中，长途电话与局用电话交换机通达性在 2007 年之后逐步下降，使得通信基础设施通达性得分在 2011 年后也出现下降趋势，东部沿海得分下降幅度较大，但仍然远高于其他地区。我国通信基础设施存在较大的区域分布差异。基于普及度得分评估结果(见图 9b), 2017 年及以前，东部沿海普及度得分高于其他地区，但是 2017 年后东部沿海地区被大西北地区超越，并与南部沿海地区、北部沿海地区趋近；南部沿海与北部沿海的通信基础设施普及水平有收敛趋同趋势；西南地区在近几年也出现超越黄河中游地区的趋向；得分持续低位的地区为长江中游地区和西南地区，其中长江中游地区与其他地区的差距不断扩大。值得注意的是，通信基础设施普及度的区域差距虽然存在，但明显小于通达性区域差距。

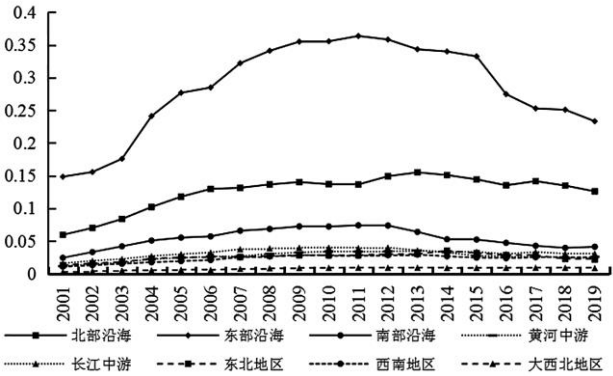


图 9a 八大经济区域通信通达性均分变化趋势

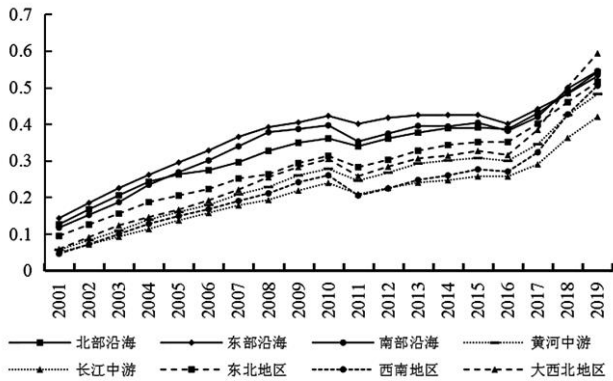


图 9b 八大经济区域通信普及度均分变化趋势

五、基于门槛模型的实证结果分析

根据理论分析，基础设施对经济的影响可能是非线性的。通信基础设施对地区经济的作用可能在一定程度上依赖或与较高水平的交通基础设施有关。同理，交通基础设施的经济影响也可能依赖当地通信基础设施的建设或普及程度。为进一步检验交通与通信基础设施的门槛效应，本文构建面板门槛模型，具体检验结果如表 4 所示。

表 4 列 (1) 设定的核心变量为通信基础设施通达性变量，门槛变量为交通基础设施通达性。根据检验结果可知，通信基础设施通达性提高对地区经济的影响其显著性会因交通基础设施通达性的不同而出现不同，当交通基础设施的通达性得分高于 0.003

后，通信基础设施通达性的系数变为显著。这说明，当交通基础设施通达性跨过门槛值后，通信基础设施才会对经济发展产生积极影响。同时交通基础设施的通达性对地区经济的影响是正向显著的。

表 4 列 (2) 设定的核心变量为通信基础设施普及度变量，门槛变量为交通基础设施普及度。可以发现，交通与通信基础设施的普及水平对地区经济均具有正向有利的作用。而通信基础设施普及度的经济影响大小与交通基础设施有关，当交通基础设施普及度达到门槛值 0.235 后，通信基础设施普及度的系数大小明显提升。这说明，当交通基础设施普及度跨过门槛值后，通信基础设施的应用、推广带来的经济作用更大。同时，交通基础设施的普及度对地区经济的影响仍是正向显著的。通过列 (1)、列 (2) 结果可以发现，通信基础设施对经济的影响与交通基础设施通达、普及水平密切相关。值得注意的是，通信基础设施普及度变量系数大小高于通达性变量系数大小，在一定程度说明通信基础设施作用于经济的“需求引致”机制。

表 4 列 (3) 设定的核心变量为交通基础设施通达性变量，门槛变量为通信基础设施的通达性变量。根据列 (3) 检验结果，交通基础设施通达性对地区经济的影响与通信基础设施通达性水平有关，当通信基础设施通达性水平超过 0.273 后，交通基础设施通达性的系数大小出现明显变化，从 0.113 达到 0.213。在这一模型中，通信基础设施通达性对经济的影响失去显著性，这一结果也与 (1) 列所示结果相呼应，说明通信基础设施通达性对经济的影响并非是线性显著的。表 4 列 (4) 设定的核心变量为交通基础设施普及度变量，门槛变量为通信基础设施普及度变量。根据列 (4) 结果，交通基础设施普及度对经济的影响与通信基础设施普及度的影响相关性不强，说明交通基础设施的“需求引致”效应并不明显。而列 (4) 中通信基础设施普及度的系数为正，与列 (2) 结果相对应。此外，对地区经济具有稳定显著影响的控制变量还包括高铁开通、金融发展、对外开放水平。值得注意的是，城乡差距扩大对地区经济发展具有显著的不利影响。

表 4 基于门槛模型的实证结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
门槛变量	TRANSACC	TRANSPPOP	COMACC	COMAPOP
门槛值	0.003	0.235	0.273	0.188
LnCOMACC ₀	0.011 (0.016)			
LnCOMACC ₁	0.037** (0.016)			
LnTRANSACC	0.137*** (0.016)			
LnCOMPOP ₀		0.136*** (0.018)		
LnCOMPOP ₁		0.182*** (0.023)		
LnTRANSPPOP		0.046*** (0.018)		
LnTRANSACC ₀			0.113*** (0.016)	
LnTRANSACC ₁			0.213*** (0.030)	
LnCOMACC			0.018 (0.016)	
LnTRANSPPOP ₀				0.037** (0.017)
LnTRANSPPOP ₁				0.016 (0.018)

LnCOMPOP				0.119*** (0.018)
HSR	0.050*** (0.011)	0.045*** (0.011)	0.055*** (0.012)	0.045*** (0.011)
LnFIS	0.005 (0.028)	0.095*** (0.029)	0.020 (0.028)	0.081*** (0.028)
LnFIN	0.486*** (0.017)	0.429*** (0.021)	0.486*** (0.018)	0.432*** (0.021)
LnOPEN	0.103*** (0.011)	0.089*** (0.011)	0.116*** (0.011)	0.082*** (0.011)
门槛变量	TRANSACC	TRANSPop	COMACC	COMAPOP
门槛值	0.003	0.235	0.273	0.188
LnINDUS	0.041 (0.032)	-0.002 (0.036)	0.015 (0.033)	-0.029 (0.036)
LnURBAN	0.017 (0.037)	-0.024 (0.038)	0.017 (0.037)	-0.037 (0.037)
lnGAP	-0.105** (0.044)	-0.140*** (0.043)	-0.087** (0.044)	-0.136*** (0.043)
LnEMP	-0.007 (0.026)	0.012 (0.024)	-0.020 (0.026)	0.024 (0.024)
N	570	570	570	570
R 方	0.984	0.984	0.984	0.984

注：*p<0.1, **p<0.05, ***p<0.01。

六、结论与对策

本文以 2001—2019 年中国省级面板数据为基础，从通达性和普及度双视角对多种通信与交通基础设施的建设供给和应用普及程度进行描述，通过构建综合评估体系和运用熵值法评估 2001—2019 年各省区交通、通信基础设施的通达性得分与普及度得分，并进行地区排名和经济区得分对比分析。进一步采用面板门槛回归模型检验交通基础设施对地区经济的影响是否与通信基础设施通达性或普及度有关，以及通信基础设施的经济作用是否与交通基础设施的通达性与普及度有关。研究发现：

第一，关于全国层面的交通基础设施通达性，其中高速与一级公路通达性增长较快，铁路与二级公路通达性得分也逐步提高，而近年来等外公路通达水平不断下降。交通基础设施普及度视角下，铁路、公路、水运基础设施普及水平在波动中逐步上升，其中公路普及得分上升幅度最大。2012 年之前，通信基础设施通达水平不断提升，2012 年之后由于受到局用交换机等通达性收缩的影响，通信基础设施通达性下降；移动电话交换机和长途光缆通达性提升趋势稳定。互联网普及度得分在 2006 年后增速超越移动电话普及度得分。从评估得分的增速来看，互联网与移动电话基础设施的建设服务水平与普及应用程度间具有一定偏差。

第二，我国八大经济区交通与通信基础设施的通达性存在显著差距，形成明显的梯度空间分布特征，而两类基础设施的普及度却趋向于空间均衡分布。具体而言，东部沿海交通基础设施通达性均分远远高于其他地区，东部沿海、北部沿海的通达性得分增速高于其他地区；交通基础设施通达水平最低的地区为大西北地区。此外，东部沿海通信基础设施通达性得分也高于其他地区，其次为北部沿海地区，八大经济区的区域差距不断扩大。交通与通信基础设施普及度的区域差距较小，且具有趋同的发展趋势，说明我国各经济区交通与通信的普及水平、应用程度以及需求分布更趋向于空间均衡，而两类基础设施通达性的空间差距较大，供需空间格局失衡现象较为突出。

第三，交通基础设施通达性、通信基础设施普及度对地区经济的正向影响通过显著性检验。同时，当交通基础设施通达性达到一定水平后，通信基础设施扩张才会对经济发展产生积极影响。当交通基础设施普及度跨过门槛值后，通信基础设施推广其经济作用更大。此外，对地区经济具有显著影响的控制变量还包括，高铁开通、金融发展、对外开放水平，而城乡差距扩大对省级地区经济发展具有显著的不利影响。

鉴于此，本文研究的政策意义在于：第一，交通基础设施普及度得分区域差距较小，通信基础设施普及度得分随时间变化出现空间趋同趋势，而交通与通信基础设施通达性得分的空间差距有所扩大，形成间距较大的空间“梯队”分布形态。在各经济区通信与交通基础设施应用普及与需求水平在空间上逐步趋于均衡的形势下，应通过持续加大薄弱地区基础设施投资建设力度、提升重点地区基础设施通达性以改变普及度与通达性空间分布失衡问题。

第二，从通达性视角来看，客货运力或信息传输能力相对较弱的基础设施已进入长期“收缩”阶段，更为先进或运力更强的基础设施其通达性逐步提升，但其通达性得分增速仍低于其普及度提升速度。因此，应逐步明晰交通与通信基础设施的发展规律与脉络、重视未来需求重心和新增长点，有针对性地开展基础设施投资建设和推广工作。

第三，通信基础设施经济作用的发挥与交通基础设施的通达与普及水平密切相关，强调了交通与通信基础设施同步发展的重要性。因此，应大力推动两类基础设施的同步规划，地区基础设施建设结构中交通与通信基础设施不可偏废其一，在制定发展规划时应科学统筹、全盘规划，在交通与通信基础设施整合发展过程中充分挖掘基础设施的经济带动能力。

参考文献:

- [1]方福前,田鸽,肖寒.基础设施对中国经济增长的影响及机制研究——基于扩展的 Barro 增长模型[J].经济理论与经济管理,2020(12):13-27.
- [2]黄寿峰.廉洁度、公共投资与基础设施质量:宏观表现与微观证据[J].经济研究,2016,51(05):57-71.
- [3]孙文杰,严文沁.我国通信基础设施对城乡收入差距的影响研究——基于空间溢出的视角[J].中国经济问题,2021(06):33-46.
- [4]杨仲舒,那艺.交通基础设施、制造业资本规模与区域经济增长[J].经济问题探索,2020(11):13.
- [5]刘秉镰,武鹏,刘玉海.交通基础设施与中国全要素生产率增长——基于省域数据的空间面板计量分析[J].中国工业经济,2010(03):54-64.
- [6]赵培阳,鲁志国.粤港澳大湾区信息基础设施对经济增长的空间溢出效应——基于空间计量和门槛效应的实证分析[J].经济问题探索,2021(08):65-81.
- [7]王威,夏仕成.基础设施建设投资“走出去”的PPP模式选择研究[J].中央财经大学学报,2020(06):3-11.
- [8]陈晓佳,徐玮,安虎森.交通结构、市场规模与经济增长[J].世界经济,2021,44(06):72-96.
- [9]Nadiri M. I., Nandi B. Benefits of Communications Infrastructure Capital in U.S. Economy[J]. Economics of Innovation & New Technology, 2001, 10(2-3):89-107.

[10]Aldashev A.,Batkeyev B.Broadband Infrastructure and Economic Growth in Rural Areas[J].Information Economics and Policy,2021(4):100936.

[11]Nadiri M. I.,Nandi B.,Akoz K. K. Impact of Modern Communication Infrastructure on Productivity,Production Structure and Factor Demands of US Industries:Impact Revisited[J].Telecommunications Policy,2018,42(6):433-451.

[12]王勇, 黎鹏. 信息通信基础设施对东盟全要素生产率的影响[J]. 亚太经济, 2019(02):12-23.

[13]Aschauer D. A. Is Public Expenditure Productive?[J]. Journal of Monetary Economics, 1989, 23(2):177-200.

[14]Bartłomiej R.,Marcin S. Major Transport Infrastructure Investment and Regional Economic Development -An Accessibility-Based Approach[J]. Journal of Transport Geography, 2018, 72:36-49.

[15]Holtz-Eakin D. Public-Sector Capital and the Productivity Puzzle[J]. Review of Economics & Statistics, 1994, 76, 12 - 21.

[16]Evans P.,Karras G. Is Government Capital Productive?Evidence from a Panel of Seven Countries[J]. Journal of Macroeconomics, 1994, 16(2):271-279.

[17]Vickerman R. Transit Investment and Economic Development[J]. Research in Transportation Economics, 2008, 23(1):107-115.

[18]Karlsson C.,Gråsjö U. Accessibility:a Useful Analytical and Empirical Tool in Spatial Economics——Experiences from Sweden[J]. Working Paper, 2013.

[19]谢呈阳, 王明辉. 交通基础设施对工业活动空间分布的影响研究[J]. 管理世界, 2020, 36(12):52-66.

注释:

1 2020 年交通运输行业发展统计公报-政府信息公开-交通运输部(mot. gov. cn)。

2 2020 年通信业年度统计数据.pdf。