

基于运输需求的公路网可达性研究

刘世铎, 吴群琪

(长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

摘 要: 为有效度量公路网系统可达功能的实现状况, 运用系统分析理论, 对公路网可达性的含义进行了分析。分析认为, 由于路网可达性应包含空间可达性、运输可达性 2 个方面的内容, 基于公路网建设的目的, 不考虑运输需求的路网可达性只是空间可达性, 不足以反映路网可达功能的实现状态。同时认为, 由于空间可达性应从空间可达的状态与经济合理性 2 个方面考虑, 而运输可达性是指现行路网供给条件下的运输充分性及运输经济性, 现行公路网可达性测算方法难以显现线路等级合理性、运输充分性与运输经济性。为此, 建构了公路网可达性的指标体系和计算模型。

关键词: 路网可达性; 空间可达性; 运输可达性; 运输充分性; 运输经济性

中图分类号: F540

文献标志码: A

文章编号: 1671-6248(2010)01-0040-06

可达性是反映区域空间结构与交通网络关系的重要指标。国内外学者对可达性给出过时间、空间、社会学以及心理学等方面的多种阐释, 但是目前尚没有公认的定义。从 20 世纪 50 年代开始, 国外学者对可达性进行了许多研究。1958 年 Stewarz-Wamtz 最先提出以规模衡量城市区位的模型, 经过 Pooler 以及 James A 等人的补充和修订, 形成了以最小阻抗表示的可达性模型^[1-2]。Helling 等以亚特兰大为案例, 研究了 1980 ~ 1990 年美国大都市圈可达性的变化^[3]。国内学者杨涛、过秀成提出了包含可移动性、易动性和通达性的可达性指标^[4]; 罗鹏飞等则研究了京沪高速铁路将可能给沪宁地区可达性带来的影响^[5]; 刘贤腾和陈洁等对国内外城市交通可达性的度量方法进行了综述^[6-7]; 刘俊、陆玉麟利用 ARCVIEW 软件的网络分析模块, 采用加权平均时间距离指标及由其换算得出的可达性系数, 对江苏省县级及以上 65 个节点城市的可达性状况进行了

评价^[8]。以上研究只是对路网或交通系统的空间可达性的研究, 没有考虑运输问题。盖春英、裴玉龙引入节点重要度, 改进了计算路网可达性的模型, 并考虑了客运量、货运量对节点重要度的影响^[9]; 聂伟、邵春福分析了区域交通可达性的测算方法, 并提出客运可达性、货运可达性概念^[10]; 张生瑞、王超深、徐景翠进行了基于时间阻抗函数的路网可达性研究^[11], 以上研究开始关注运输问题, 其研究的共同点是认为交通需求及交通量、运输量影响路网可达性。有的在计算节点重要度时对运输量进行考虑; 有的在计算道路阻抗函数时对交通流量进行考虑等。以上研究都未考虑到潜在运输需求节点, 即以所有节点均有公路连通为前提的, 与现实不符; 未考虑路网非直线系数对路网可达性的影响等; 传统方法在使用最短时间计算节点可达性时, 使用的是不同等级公路的设计速度, 因为设计速度与实际运行速度是 2 个完全不同的概念。在公路过度闲置情况

收稿日期: 2009-09-01

基金项目: 交通部前期工作费项目(1230899402)

作者简介: 刘世铎(1979-), 女, 山东青州人, 工学博士研究生。

下,实际运行速度可能超过设计速度;在公路拥堵的情况下,交通阻抗很大,实际运行速度可能远远低于设计速度,其运行时间也就长于按照设计速度计算的最短时间。可见,用设计速度计算节点间的最短路径上的最短运行时间,并作为计算节点可达性的依据是不尽合理的。另外,传统的计算可达性(节点可达性、网络可达性)的方法,无法体现公路等级的合理性,也就无法体现空间可达性的经济合理性。路网可达性的传统含义只是公路网空间布局的可达性,无法反映运输的可达性,即无法反映现实路网以怎样的效率在多大程度上满足运输需求。

本文在重新界定运输需求含义的基础上,分析得出路网可达性应当包含路网可达的经济合理性(建设成本)和运输可达性(运输充分性、运输经济性)的内容,并根据交通阻抗,改进了计算路网可达性的模型。

一、路网可达性的相关概念

路网可达性是表示公路网特性的一项重要指标,用以反映公路网布局、路线等级等合理性。路网可达性一般由节点可达性来表征。

(一)节点可达性的概念

节点可达性主要是反映公路网中某一节点与其他节点间的相互关系以及该节点在路网中的地位,反映节点对外交通联系的便捷程度。在路线的连接方式上,2个节点之间可以直接连接,也可以通过其他节点迂回建立联系。对2个节点之间,如果有以上2种连接方式,在不考虑经济合理性的情况下,节点间的可达性程度要大于只有一种连接方式的情况。按照可达性的一般定义,节点与节点间连接线路越多,空间可达状态就越好。可见,节点与节点之间连接线的条数是影响节点可达性的因素之一。

(二)路网可达性的概念

路网可达性作为公路网特性的重要指标,一般反映路网中各节点间交通的便捷程度。路网可达性通常由节点可达性来表征。

二、基于运输需求的路网可达性

传统可达性概念只包含空间可达性,在考虑路

线等级结构与运输需求匹配的情况下,空间可达性的经济合理性和运输可达性也应是基于运输需求的路网可达性的应有之义。

(一)路网可达性含义

空间可达性是传统的评价公路网结构的指标之一,但其只能反映公路网的空间布局,无法反映路网等级结构是否合理。用最短时间表示的节点可达性,用两点之间的最短距离与速度之比来表示,此时的速度是不同等级公路的设计速度,并不是实际的行程速度,且体现不出运输可达性。图1中有A、B、C共3个点,在假设AB、AC之间的公路等级一致的前提下,按照传统的节点可达性计算方法,由于AB之间的距离小于AC之间的距离,而设计速度是一致的,AB的可达性,要大于AC的可达性。但是,在考虑运输可达性的情况下,AB之间的运输可达性,可能会小于AC之间的运输可达性。在AB之间路线等级配置过低,路线极端拥堵的情况下,AB之间的运输需求实现过程中,交通阻抗很大,位移时间可能趋于无穷大,而AC之间路线等级配置合理,车辆畅行无阻。在这种情况下,AB之间的运输可达性,会小于AC之间的运输可达性。

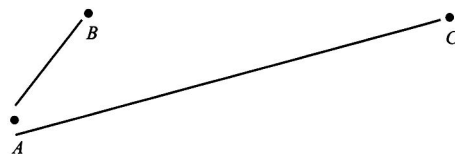


图1 连接三节点的简单路网

另外,在仅仅考虑这3个节点连接的情况下,BC之间通过A节点实现迂回连接,BC之间的运输需求实现过程必然通过节点A。如果在BC之间修建一条公路,BC之间的可达性必然提高,由于连接边数的增多,整个路网的可达性必然提高。BC之间的运输路径也会缩短,但是由于新建公路需要投入大量资金,并占用大量土地,在考虑这些因素的情况下,为实现BC之间的方便连接,为提高节点可达性而修建新公路的做法可能不必要或者说不经济。因此,必须在充分把握BC之间运输需求的特性(包括流量、流时、流动实体等)的前提下,综合权衡建设成本、占地成本、运输成本,考虑是否修建新的公路。

通过对可达性定义的比较,本文认为路网可达性应包括2个方面的含义。一方面是从公路基础设施角度考虑的空间可达性,此方面空间可达性的含义与传统的空间可达性概念含义基本相同。空间可

达性可以在一定程度上从布局或结构上反映路网合理性。在计算路网可达性时,要将路网非直线系数考虑进去,还要对一些潜在运输需求节点进行分析,评价该连通的节点是否连通。另一个方面是从公路网的服务对象——运输用户出发考虑的运输可达性,即在现有公路网结构与布局下运输需求实现的程度。在每个方面的含义中不容忽视的内容是可达性的经济合理性,空间可达性的经济合理性就是要考虑节点间路线等级的配置是否合理、多线路连接是否经济合理,也就是从建设成本角度考虑路网可达性的合理性等;运输可达性的经济合理性就是要考虑运输需求实现的运输成本是不是最低的。基于运输需求的路网可达性的具体内容见图 2 所示。

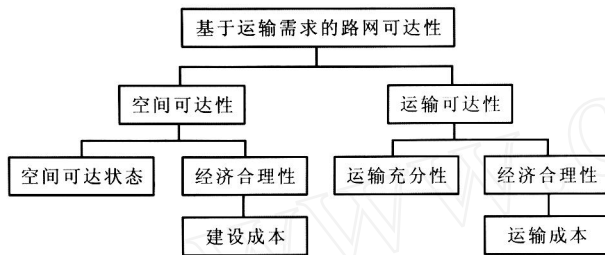


图 2 基于运输需求的路网可达性的具体内容

空间可达性的经济合理性以及运输可达性(运输可达状态、经济合理性)在以往路网可达性的研究中都未见涉及。因此,以传统路网可达性定义为基础,将路网可达性定义为:公路网中,运输流通过合理等级的公路,以最短的运行时间或最低的运输成本实现节点之间位移的难易程度。

(二)基于运输需求的路网可达性影响因素

1 运输需求概念的重新界定

运输需求是运输经济学理论的基础概念之一,几乎所有的运输经济学理论都对运输需求做过界定,目前国内许庆斌、荣朝和、马云、邵振一、陈贻龙、严作人、张戎等学者都曾给出过具有代表性的运输需求定义^[12-15],其中大多数学者将运输需求定义为“在一定的时期、一定的价格水平下,消费者愿意并且能够购买的商品数量”。这些运输需求定义具有共同点,如运输需要是运输需求形成的前提条件;支付能力和支付意愿是运输需求形成的必要条件;没有支付能力的运输需要不能形成运输需求等。

随着运输经济学理论不断发展及运输实践活动的不断深入,吴群琪、马暎对运输需求做出了新的

解释:“运输需求是指一切有利于国民经济及社会发展的对人与物的位移的需要”^[16]。该定义体现了运输需求的客观性、运输行为的本质和运输需求主导的观念。基于该定义,运输需求应该包括现实运输需求和潜在运输需求。现实运输需求是指在现状路网条件下实现的运输需求,是指现实的运输量;潜在运输需求是指由于路网配置、布局等方面的原因而无法得以有效实现的运输需求。

2 基于运输需求的路网可达性影响因素

由于路网可达性有空间可达性、运输可达性 2 个方面的含义,基于运输需求的路网可达性的影响因素也要从这 2 个方面来进行分析。

根据可达性的一般定义,假设公路等级足够高,通行能力足够大,路网交通阻抗为零,公路网中的节点之间均有公路连通,可达性最好,在这样的路网上,可以以最短的时间、最短的距离、最低的运输成本实现节点之间的位移。剔除假设前提,仅从路网建设成本考虑,这样的路网不一定是可达性最好的路网。连通是可达的必要条件而非充分条件。公路建设成本受区域经济发展限制,并不是无约束。不管是公路建设投资还是占用的土地资源,都是有限的。从运输用户角度考虑运输时间、运输成本的同时,也要考虑公路的等级配置是否合理,考虑路网可达性的建设成本问题。假设需要三级公路连接,却有一级公路甚至高速公路连接的情况下,虽然路网可达性很高,但是是不经济的。另外,运输需求强度不同的节点组成的不同区域,应该具有不同结构的路网,具有相同数目节点的区域,有的可能树状路网更合理,有的可能网状路网更合理。

产业布局的变化极有可能导致现在重要的运输需求节点的重要性在未来相比其他节点降低;现在非重要的运输需求节点、甚至目前还不是运输需求的节点未来可能变成重要的运输需求节点,产业布局对后者的影响尤其重大。如杭州千岛湖,从最初的人迹罕至,到现在的旅游胜地,就是其节点重要度发生了重大变化。因此,潜在的运输需求节点也会影响到未来的路网可达性。

运输可达性可以理解为运输需求通过公路网实现节点间位移的难易程度,与节点之间是否有直达线路(直线形)、线路的长短、线路的等级有关。运输可达性包括 2 个方面的内容,即运输充分性与运输经济性。前者是指在现有路网供给条件下运输需

求的实现程度;后者是指现实运输需求的运输成本问题。如果针对规划路网,前者是指区域未来运输需求的实现程度;后者是指区域未来的平均运输成本问题。

三、基于运输需求的路网可达性指标及其计算方法

基于运输需求的路网可达性包含空间可达性、运输可达性两方面的内容。在构建公路网可达性计量指标时需要对节点可达性、交通阻抗、运输充分性、运输经济性进行充分考虑。

(一) 节点可达性

假设节点 i, j 之间有 n 条路径, l_{ij} 为 i, j 之间的实际长度, 则节点 i, j 的可达性可表示为

$$k_{ij} = \frac{l_{ij(\text{shortest})}}{n \cdot \bar{l}_{ij}} = \frac{l_{ij(\text{shortest})}}{n \cdot l_{ij}} \quad (1)$$

式中: k_{ij} 为节点 i, j 之间的可达性; $l_{ij(\text{shortest})}$ 为节点 i, j 之间的最短距离; \bar{l}_{ij} 为节点 i, j 之间所有 n 条路径的总长度, s 为路径条数; l_{ij} 为节点 i, j 之间路径的平均长度。

由此可见, 当 l_{ij} 为最小值时, 即 i, j 之间距离为 $l_{ij(\text{shortest})}$, k_{ij} 取最小值, 此时 i, j 节点之间具有最大可达性; 并且 n 越大, 即节点 i, j 之间路径越多, k_{ij} 也就越小, 节点可达性越大, 反映了路径条数对可达性的影响。

但是在实际情况中, 可达性往往以时间最小为衡量指标, 此时虽然路径最小, 但是在行为人都选择最短路径导致交通拥挤时, 很有可能使得车速降低、时间延续加长, 导致可达性降低。因此有必要引入交通阻抗函数的概念来弥补这一缺陷。

(二) 交通阻抗函数

交通阻抗函数是指用交通网络上路段之间的运行距离、运行时间、费用、舒适度等单项指标或者将各项指标综合起来表达出行难度的函数^[11], 它的大小可以直接反映节点之间的交通往来难易程度, 其值越大, 说明交通便利性越低、空间联系越难、可达性越低。

车辆在公路路段上所需运行时间是随着该路段上交通流量的增加而增加, 其运行时间与交通流量的关系可表示为

$$t_a = f(q_a) \quad (2)$$

式中: t_a 为通过路段 a 所需的时间; q_a 为路段 a 上通过的交通流量。

对于交通阻抗函数, 被广泛应用的是由美国道路局 (Bureau of Public Road, BPR) 开发的函数, 又被称为 BPR 函数, 其形式为

$$t_a(q_a) = t_a(0) [1 + (\frac{q_a}{e_a})^4] \quad (3)$$

式中: $t_a(0)$ 为路段 a 上车辆自由运行的平均时间, $t_a(0)$ 可由路段的实测数据分析得到; α 为待标定的参数, BPR 建议 $\alpha = 0.15$, $\beta = 4$, 它们也可以由实际数据回归分析求得; e_a 为路段 a 的实际通行能力, 即单位时间里可通过的最大车辆数, 对于参数 e_a 可由路段 a 的实测数据分析得到。

某区域内, 应该由公路连通却未连通的潜在运输需求节点, 如规划开发但尚未开发的旅游景区、已探明但尚未开发的矿产所在地等, 其现有实现运输需求的阻抗可看作无穷大, 其他节点到这个节点或者这个节点到其他节点的时间阻抗为无穷大。由于节点间的运输需求较大, 该由二级公路连接, 却只有四级公路连接的情况, 其阻抗也是很大的。这种情况下, e_a 可看作 0。

综上所述, 为了将时间概念体现在式 (1) 所表示的模型中, 将该节点可达性模型改进为

$$k_{ij} = k_{ij} \cdot t_a = \frac{l_{ij(\text{shortest})}}{n \cdot l_{ij}} t_a(0) [1 + (\frac{q_a}{e_a})^4] \quad (4)$$

式中: k_{ij} 为考虑时间阻抗函数的节点可达性。

交通量只是在现有路网供给条件下可以实现运输需求的表现, 无法体现潜在运输需求。并且, 从式 (4) 中无法体现运输需求实现程度, 因此, 必须引入运输充分性概念。

(三) 运输充分性

运输充分性可以体现现有公路网供给条件下运输需求的实现程度。由前文论述可知, 运输需求是指一切有利于国民经济及社会发展的对人与物的位移的需要, 包括可实现运输需求和潜在运输需求。因此, 运输需求的实现程度可以表示为

$$E_{ij} = \frac{Q_{ij}}{D_{ij}} \quad (5)$$

式中: E_{ij} 为节点 i, j 之间运输需求实现程度, 可以反映运输充分性; Q_{ij} 为节点 i, j 的总体可实现运输需求; D_{ij} 为 i, j 间的运输需求总量。

(四) 运输经济性

运输经济性是指运输用户的经济成本高低问题。运输用户经济成本可以理解为运输需求方为实现运输所付出的代价或丧失的利益。如海鲜等品质型需求具有较强的时效性,运输的延误等造成的损失将是商品价值的完全丧失;高产值的精细产品往往要求小批量运输,准时性要求很高,运输的不及时不仅延长占用资金的周转期,降低资金周转率,还可能造成贻误商机,影响企业信誉,此时运价相对于这些重大损失可谓是九牛一毛。因此,对于运输需求者来说,考虑的不仅仅是运价,而是权衡运输全程支付的总额,而经济成本必须考虑占用资源的成本,不仅包括显性成本,而且包括机会成本。从运输全过程及其对用户利益影响来分析,运输需求方要承担的经济成本应包括运输过程的时间价值损失、空间价值损失、其他潜在的损失及支付的全程费用(运费、保险费、装卸费等)。

节点间可能有多条路径,但总有一条最短路径,在不考虑高等级公路收费的情况下,最短路径上的运输用户经济成本应该是最低的。因此,路网的运输经济性可以用最短路径上实现的运输量及运输用户经济成本与节点间实现的总的运输量及总的经济成本的比值来确定。其比值越高,运输经济性越高。

$$W_{ij} = \frac{Q_{ij(\text{shortest})} \cdot C_{ij(\text{shortest})}}{\sum_{m=1}^n Q_{ij(m)} \cdot C_{ij(m)}} \quad (6)$$

式中: W_{ij} 为 i, j 间的运输经济性; $Q_{ij(\text{shortest})}$ 为 i, j 间最短路径上的运输量; $C_{ij(\text{shortest})}$ 为最短路径上的单位运输成本; m 为 i, j 间路径数量; $\sum_{m=1}^n Q_{ij(m)}$ 为 i, j 间 n 条路径的总运输量; $Q_{ij(m)}$ 为 i, j 间第 m 条路径的运输量; $C_{ij(m)}$ 为 i, j 间第 m 条路径的单位运输成本。

(五) 路网可达性

在路线等级确定的情况下,直线路径的便捷程度要高于迂回连接,此处的直线路径与前文提到的最短路径不是一个概念,本文中 shortest 是指实际的最短路径。直线路径可以理解为理想最短路径,是指节点之间假想的连接路线,与实际路网无关。因此,引入路网非直线系数 (λ) 概念作为衡量路网可达性的一个因素。

假设在某一区域公路网中有 p 个节点,则整个路网的可达性 (A_{net}) 可表示为

$$A_{\text{net}} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p W_{ij} \cdot E_{ij} \cdot k_{ij} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p W_{ij} \cdot E_{ij} \cdot \frac{L_{ij(\text{shortest})}}{n \cdot L_{ij}} t_a(0) [1 + (\frac{q_a}{e_a})] \quad (7)$$

式中: $\frac{1}{p} \sum_{i=1}^p W_{ij}$ 为 i, j 间 p 个节点的运输经济性。

该测算公路网可达性的模型中,考虑了路网非直线系数、运输充分性、运输经济性、节点间路径数目、连接路线等级对路网可达性的影响;换言之,该模型包含了路网的空间可达性(可达状态、经济合理性)和运输可达性(运输充分性、运输经济性)2个方面的内容。

四、结 语

可达性是公路网规划方案的重要评价指标之一,对可达性的研究也是目前公路网规划方案评价指标体系的研究重点之一。路网可达性包含空间可达性、运输可达性2个方面的内容。前者从公路基础设施供给方出发,包括空间可达状态、经济合理性2个方面的内容;后者从运输用户角度出发,包括运输充分性、运输经济性2个方面的内容。由于现有公路网可达性测算方法难以体现路线等级合理性、运输需求实现程度及其经济合理性,本文在剖析可达性影响因素的基础上,对公路网可达性测算模型进行了改进,引入了路网非直线系数、运输需求实现程度、运输经济性等指标反映路网的整体可达性。由于数据资料的限制,未进行详细和深入的模型验证分析,这一方面还有待于进一步展开研究。

参考文献:

- [1] Mackiewicz, Andrzej, Ratajczak, Waldemar Towards a new definition of topological accessibility[J]. Transportation Research: Part B, 1996, 30(1): 47-79.
- [2] Pooler, James A. The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility[J]. Transportation Research: Part A, 1995, 29(6): 421-427.
- [3] Helling, Amy Changing intra-metropolitan accessibility in the USA: evidence from Atlanta[J]. Transportation Research: Part B, 1998, 49(2): 55-107.
- [4] 杨涛,过秀成.城市交通可达性新概念及其应用研究[J].中国公路学报,1995,8(2): 25-30, 73.
- [5] 罗鹏飞,徐逸伦,张楠楠.高速铁路对区域可达性的影响研究:以沪宁地区为例[J].经济地理,2004, 24

- (3): 407-411.
- [6] 刘贤腾. 空间可达性研究综述[J]. 城市交通, 2007, 5(6): 36-43.
- [7] 陈洁. 可达性度量方法及应用研究进展评述[J]. 地理科学进展, 2007, 26(5): 100-110.
- [8] 刘俊, 陆玉麟. 江苏省公路交通网络可达性评价研究[J]. 南京师大学报: 自然科学版, 2008, 31(3): 129-134.
- [9] 盖春英, 裴玉龙. 公路网络可达性研究[J]. 公路交通科技, 2006, 23(6): 104-107.
- [10] 聂伟, 邵春福. 区域交通可达性测算方法分析[J]. 交通科技与经济, 2008, 10(4): 85-87.
- [11] 张生瑞, 王超深, 徐景翠. 基于时间阻抗函数的路网可达性研究[J]. 地理科学进展, 2008, 27(4): 17-21.
- [12] 许庆斌, 荣朝和, 马运, 等. 运输经济学导论[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
- [13] 陈貽龙, 邵振一. 运输经济学[M]. 北京: 人民交通出版社, 1999.
- [14] 严作人, 张戎. 运输经济学[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [15] 荣朝和. 西方运输经济学[M]. 北京: 经济科学出版社, 2003.
- [16] 吴群琪, 马 瞰. 对运输需求理论问题的再认识[J]. 综合运输, 2004, 26(3): 8-11.

Accessibility of highway network on the basis of transportation demand

LU Shi-duo, WU Qun-qi

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: In order to measure the functions of highway network reasonably, and through systematic analysis of the status quo about researches on accessibility of highway network, the authors improve the connotation of accessibility of highway network so as to find the defects existing in the current researches which lack the consideration about transport demand and its degree of realization. The conclusion made in this study is that accessibility of highway network can be understood from two aspects: space accessibility and transportation accessibility. However, there is scarce study about transportation accessibility. The purpose of highway construction is providing service for transportation. Therefore, the accessibility that doesn't consider the transport demand is only space accessibility of highway network, and it can not reflect the whole function of accessibility. Space accessibility can be considered from the state and economic rationality, and transportation accessibility is considered from transportation adequacy and transportation users' economics under the highway network supply. As there exist the defects that the current methods in calculating the accessibility of highway network fail to reflect the reasonability of highway grades, the transportation adequacy and transportation users' economics, the authors improve the current the model to measure the accessibility of highway network, which is of great theoretical significance.

Key words: accessibility of highway network; space accessibility; transportation accessibility; transportation adequacy; transportation economics