

基于可达性的城市交通与土地利用一体化评价

张志伟, 母睿, 刘毅

(大连理工大学人文与社会科学学部公共管理系, 辽宁 大连 116024)

摘要: 城市交通与土地利用是城市规划的两项重要内容, 两者一体化程度越高越能够改善城市交通拥堵、促进城市持续发展。从可达性角度出发, 通过构建城市交通与土地利用一体化评价指标体系, 考量大连市地铁2号线7个典型车站600 m缓冲区内的交通指数和土地利用指数。根据指数结果及节点-场所模型, 将7个车站分为完全平衡、不完全平衡、非一体化和极端一体化四种类型。结果显示, 7个车站中平衡车站少于不平衡车站。在此基础上, 针对不同类型的车站提出增进城市交通与土地利用一体化的对策建议。

关键词: 交通规划; 城市交通; 土地利用; 节点-场所模型; 可达性; 一体化

Evaluation on the Integration of Urban Transportation and Land Use Based on Reachability

Zhang Zhiwei, Mu Rui, Liu Yi

(Department of Public Administration, Faculty of Humanities and Social Sciences, Dalian University of Technology, Dalian Liaoning 116024, China)

Abstract: Urban transportation and land use are two significant aspects of urban planning. Higher extent of integration of them can better relieve traffic congestion and promote sustainable development of cities. Through developing an evaluation indicator system of urban transportation and land use from the perspective of reachability, this paper assesses the transportation indicator and the land use indicator of the 600m buffer zone at seven typical stations of subway line 2 in Dalian. According to the index results and the node-site model, the seven stations are classified into four types, namely fully balanced, incompletely balanced, non-integrated, and extremely integrated. The results show that, among the seven stations, the number of balanced stations is less than that of unbalanced ones. Finally, the paper provides suggestions on how to improve the integration at different types of stations.

Keywords: transportation planning; urban transportation; land use; node-site model; reachability; integration

收稿日期: 2016-01-05

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于网络治理的城市公共交通与土地利用协同发展机制研究”(71403036)、国家自然科学基金项目“城市群环境治理背景下网络不确定性与政府间协作机制研究”(71774022)、国家自然科学基金“基于话语结构挖掘的PPP项目关联社会风险识别研究”(71774024)、大连理工大学大学生创新训练项目“基于网络治理的城市公共交通与土地利用协同发展机制研究”(2015101410894)

作者简介: 张志伟(1995—), 女, 山东青岛人, 主要研究方向: 公共政策分析、公共交通规划研究。E-mail: zzw_dalian2013@163.com

通信作者: 母睿(1983—), 女, 辽宁沈阳人, 博士, 副教授, 主要研究方向: 公共政策分析与城市可持续发展。E-mail: ruimu@dlut.edu.cn

0 引言

中国城镇化进程不断推进, 城市交通拥堵问题越来越严重。大量实践经验表明, 传统的治堵方式并不能从根本上解决交通问题; 限制小汽车购买和使用等强制性手段无

法从根本上抑制居民的购车欲望; 引入公共交通服务竞争机制的市场治理模式也无法真正提高公共交通对居民的吸引力从而促进出行方式的转变。因此, 政府需要寻找新的治理模式。国内外大量研究表明, 城市交通问题的解决并不局限于交通部门本身, 城市交

通与土地利用形态之间存在密切的源流反馈关系,交通拥堵问题的解决需要对城市的土地利用加以研究,通过提高城市交通与土地利用的一体化水平来解决交通问题。

可达性可用于评价城市交通与土地利用的有效互动。本文以节点-场所模型为基础,通过对可达性的研究建立一套评价交通与土地利用一体化的指标体系,并以大连市地铁2号线7个典型车站为例,评价其交通与土地利用的一体化程度,同时给出对策建议。

1 节点-场所模型

城市交通系统和土地利用系统是城市可持续发展的两个重要部分。文献[1]指出城市交通与土地利用之间存在双向反馈机制。其源流反馈关系为:土地利用方式和空间布局决定城市交通的发生、吸引与方式选择;同时,交通基础设施的修建改变城市各区域的可达性,而可达性又进一步决定土地利用的属性、结构及地理形态^[2]。

根据城市交通与土地利用的源流反馈关系,文献[3]提出节点-场所模型(Node-Place Model, NPM),该模型将车站同时看作是城市交通网络中的节点和城市中的一个场所或位置。模型的基本假设是:提高车站所在区位的交通容量,通过改善可达性条件以利于进一步推动车站地区活动的强化与多样化。相应地,车站区位活动的强化与多样化将导致对交通连接线的需求增加从而创造适于进一步发展基础设施的条件。在该模型中(见图1),y轴代表一个地区交通供给量的充足程度,数值越高表示越多的人能够到达这一

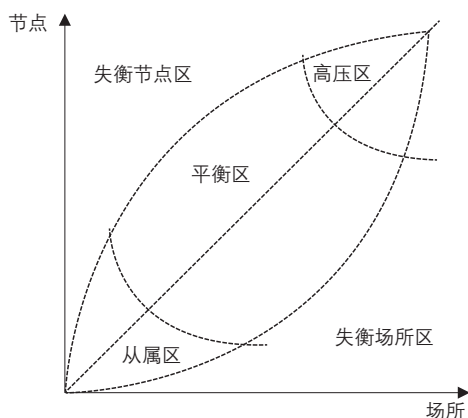


图1 节点-场所模型

Fig.1 Node-site model

资料来源:文献[3]。

区域,也就意味着这一区域中人与人之间的交互活动越频繁;x轴代表一个地区土地利用的强度和多样性程度,数值越高表示一个地区所能提供的生产、生活活动越多样,这一区域中人与人之间的交互活动也越频繁。文献[3-4]也指出人与人之间交互活动的频率与潜力是研究一个区域交通导向发展政策的关键所在。模型划分了五种典型区域:1)在弧线内,斜线的中心区域为平衡区,代表某一地区的交通与土地利用很好地实现了平衡(即高度一体化);2)斜线的顶端区域为高压区,代表某一地区的交通与土地利用使用情况都达到最大值(即极端一体化)并产生了紧张和冲突的情况;3)斜线的底端区域为从属区,代表这一地区的交通与土地利用的提供量和需求量都非常少;4)弧线外左侧区域为失衡节点区,该区域为交通可达性远大于利用强度和多样性;5)弧线外右侧区域为失衡场所区,该区域与失衡节点区情况相反。

许多学者围绕节点-场所模型的应用和改进进行了大量研究,主要有以下几个方面的成果。1)将此模型应用在以交通为导向的发展政策研究中。文献[5]以该模型为基础探究东京轨道交通车站周边的空间发展动力,分析节点和场所因素对车站区域发展的影响以及车站影响力的辐射程度。在此基础上,学者们也针对不同地区的现实情况研究了车站周围的交通的土地协同发展政策。2)利用该模型对铁路车站进行分类并进行规划设计。根据该模型的理论,文献[6]强调在对铁路车站进行分类时应考虑车站所处的系统环境,包括土地使用密度和用地性质等,分类标准不能单纯依赖于乘客出行频率;也有越来越多的学者研究了不同国家铁路车站分类并提出规划建议。3)对该模型的扩展,包括提出第三个维度即车站的“交往”价值、一些商业公司例如巴克国际顾问公司据此模型预测房地产价值,以及在该模型基础上发展出来的沙漏模型和利害协同模型等^[4]。

2 节点-场所模型视角下可达性及其评价指标体系构建

文献[3]指出,可达性为评价交通和土地利用状况提供了标准,基于节点-场所模型,通过对某一区域内交通和土地两方面构建评价指标体系,并对指标数据进行分析得出该区域可达性,进而可将该可达性对应到

模型相应区域中。因此，理解可达性及构建其评价指标是分析车站区域交通与土地利用一体化的关键。

2.1 可达性概念界定

对于可达性的概念，不同学者从克服空间阻隔的难易程度、可接近的发展机会数以及相互作用力、人的因素等方面进行了定义^[7-9]。本文采用文献[10]给出的较为普遍的定义：可达性是指利用一种特定的交通系统从某一给定区位到达活动地点的便利程度，以居民的最短平均出行距离、最短平均出行时间或最小平均出行费用作为衡量指标，反映空间实体之间克服距离障碍进行交流的难易程度，表达空间实体之间的亲疏关系。

可达性在城市交通与土地利用的互动关系中发挥重要作用。首先，城市交通对土地利用的影响通过可达性体现：无论哪一种交通方式，到达一个地区所花费的成本越高意味着越不容易到达该地区，即空间可达性越差，进而影响该地区的土地利用类型和土地利用密度。其次，土地利用对城市交通的影响也通过可达性体现，如一个地区的土地利用类型越丰富、建筑密度越大意味着该地区需要的配套交通系统越发达，因而该地区到达其他地区的可达性越好。

2.2 可达性评价模型和评价指标

在可达性评价模型方面，不同学者提出不同的范式。这些范式可分为两大类，基于

个体需求的评价以及基于地理因素的评价(见表1)。

本文结合基于地理因素的四种可达性评价模型的优势选择可达性评价指标，在指标数据收集过程中遵循以下原则：1)距离度量法是最基本的方法；2)测评公共交通车站周边其他交通方式的接驳数量以及步行空间接驳面积时借鉴拓扑度量法的思想，将地铁车站与目的地抽象成节点，不考虑实际距离，仅考虑它们之间的最短路径数；3)在交通与土地利用指数的计算过程中考虑“车站附近步行空间接驳面积”指标，根据其他学者的研究并考虑收集数据的实际情况，将以600 m为半径的圆形区域作为缓冲区(400~800 m为步行最舒适距离，文献[3]等国外研究采用公共交通车站700 m半径作为缓冲区，而中国土地利用密度较高)，考量缓冲区内所能接近的机会时借鉴重力度量法中的衰减方法，随着距离的增大某地所能接近机会的效应相应衰减；4)基于累积机会法，考量缓冲区内从某一公共交通车站出发所能接近的机会的多少。

可达性评价指标分为两大部分：一部分为交通系统，另一部分为土地利用系统。结合大连地区的实际交通情况，提出交通与土地利用一体化评价指标体系(见表2)。

3 轨道交通与土地利用一体化检验

本文以大连市地铁2号线7个典型车站

表1 可达性评价模型汇总

Tab.1 Summary of reachability evaluation models

因素	度量法	内涵	评价方法	应用
个体因素	心理可达性	度量人们按照主观意愿选择可到达某一点的难易程度	度量不同性别、年龄、贫富差距人群对可达性的心理感知	研究穷人与富人，体格健全与残疾人士对可达性评价的差异
	距离度量法	使用空间距离、时间距离(跨越空间距离所需的时间)或经济距离(为跨越空间距离所支付的费用)对两点之间的可达性进行度量	通常以直线距离、旅行距离、旅行费用、旅行时间或其他相关的耗费衡量	用于简单测量不同地域之间的空间阻隔，测量方法虽简洁但受到许多限制，文献[8]对此方法进行了改进
地理因素	拓扑度量法	将现实中的网络抽象成图，对网络中各个节点或整个网络的可达性进行度量	对整个网络进行度量过程中只考虑点与点之间的连接性而不考虑实际距离，每一对互相连接的节点之间的距离是等值的，连接两点间具有最少线段数的路径是这两个节点之间的最短路径，最短路径包含的线段数即两点之间的拓扑距离	常用于衡量交通网络中各地之间的交通方便程度、航空交通网络可达性度量，在铁路和公路网络度量中往往与距离度量法结合使用
	重力度量法	将自然间隔与各个地理实体的自身属性相结合衡量可达性；用该方法度量所得的可达性通常也称为潜能	通常借用物理学中的重力模型评价可达性，城市等地理实体的空间效应随距离而衰减，与万有引力数学表达方式类似	将城市划分为中心区和亚区，评价亚区到中心区的可达性
	累积机会法	在设定的出行距离或出行时间之内，用从某地点出发能接近的机会的多少来衡量可达性	在不考虑距离衰减效应的情况下，随着设定的出行时间或出行距离的增加，计算对应的可达性的增加值	度量一个区域中所能达到的就学、就业、购物和就医等机会

资料来源：根据文献[7-11]总结整理。

为分析对象，根据表2的可达性评价指标体系，评价轨道交通与土地利用的一体化程度。

3.1 大连市地铁2号线车站选取及数据收集

大连市地铁2号线一期工程开通段为机场—会议中心，途经17个车站。本文综合考虑途经车站的特点，选取土地利用类型特征最突出的7个车站作为研究对象，包括机场站(交通用地集中)、虹港路站(居住用地集中)、辽师站(教育用地集中)、西安路站(商业用地集中)、人民广场站(医疗及政府用地集中)、中山广场站(商务办公用地集中)和会议中心站(终点站)。车站分布及600 m缓冲区的交通-土地利用情况如图2所示。

本文采用田野调查法、文献资料法等收集各车站数据。在田野调查中实地考察每个车站周围的土地利用情况；同时，通过查阅报纸、统计年鉴收集交通方面的数据。当一些数据较难通过上述两种方法获得时，本文借鉴已有案例研究中的数据。

3.2 车站一体化评价

基于获得的数据(见增强出版网络文件附表1^①)，本文采用对变量取常对数的方法进行分析。通过对土地利用系统变量常对数

和交通系统变量常对数值求平均数得出每个车站的土地利用指数和交通指数(见表3)。根据表3数据绘制地铁2号线7个车站的交通与土地利用一体化情况(见图3)。进一步分析，可将7个车站按照交通与土地利用一体化程度进行分类：

1) 完全平衡车站。

该类车站交通指数与土地利用指数基本一致，处于模型的中心位置。虹港路站处于交通与土地平衡区域内，该区域内主要的土地利用类型为居住用地，土地利用密度虽然较高但类型较为单一，因此车站缓冲区交通供给量能够满足交通需求，致使该区域平衡状态较为稳定。在这一状态下不应减少交通提供量，如果该区域新增土地利用，则需要相应提升交通供给量以继续维持一体化状况。

2) 不完全平衡车站。

包括两种交通与土地利用一体化的状态：一种是所得结果在模型平衡区域内，但交通指数略高于土地利用指数；另一种是所得结果在模型的平衡区域内，但土地利用指数略高于交通指数。会议中心站和机场站属于不完全一体化中交通指数略高于土地利用指数的状态。会议中心站和机场站处于交通和土地利用平衡区域内，说明会议中心站和机场站缓冲区内交通供给量与土地利用达到

表2 可达性评价指标体系

Tab.2 Indicator system of reachability evaluation

影响因素		评价内容	依据
土地利用系统	土地利用类型	土地利用类型的数量	土地利用性质按照《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)中12个一级类划分：耕地、园地、林地、草地、商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地
	车站缓冲区内居民数量	居住用地中的居民数量	文献[3, 12]
	车站缓冲区内工作机会数量	包括零售业、工业、科教文卫、交通枢纽和政府部门的就业岗位数量	文献[3, 5]
交通系统	车站每日地铁发车班次	每日从每个车站离开的地铁班次数量	文献[3, 13]
	车站缓冲区内其他交通方式每日接驳频率	车站缓冲区内其他交通方式的日发车数量	文献[14-16]
	车站缓冲区内其他交通方式接驳数量	车站缓冲区内其他交通方式的线路数量，包括常规公交、快速公交、轨道交通的线路数	文献[17]
	车站缓冲区内换乘常规公交线路的时间	从地铁车站出站到达缓冲区内公共汽车站的总用时	文献[13]
	车站缓冲区内步行空间接驳面积	车站缓冲区内连接车站的人行道面积	文献[18-19]
	车站与最近的城市主干路的距离	车站到最近的城市主干路的直线距离	文献[3, 13]
	车站缓冲区内停车位数量	车站缓冲区内停车位的数量(包括收费停车场和免费停车场)	文献[3]

平衡。会议中心站属于城市边缘新开发的車站，交通配套设施较为齐全，从当前的一体化状况分析来看，该地区可以配合交通设施的建设进行进一步的土地开发利用。机场站处于平衡范围的边缘区域，其周边土地利用类型较为单一，多数用地为机场建设用地，因此交通指数略高。该区域可以在交通设施

配套建设的同时进行适度合理的土地开发，也可以在原有的基础上提高场所的利用价值。

3) 非一体化车站。

包括两种状态：一种是土地利用指数明显高于交通指数；一种是交通指数明显高于土地利用指数。辽师站和中山广场站均为交通指数明显高于土地利用指数，这两个车站

表3 大连市地铁2号线7个车站交通与土地利用指标得分

Tab.3 Scores of transportation and land use indicators at the seven stations of subway line 2 in Dalian

变量	车站						
	机场站	虹港路站	辽师站	西安路站	人民广场站	中山广场站	会议中心站
交通系统变量常对数	车站每日地铁发车班次 $\log(x_1)$	2.057	2.057	2.057	2.057	2.057	2.057
	车站缓冲区内其他交通方式接驳频率 $\log(x_2)$	3.079	2.875	3.021	3.380	3.591	3.431
	车站缓冲区内其他交通线路接驳数量 $\log(x_3)$	0.903	0.699	0.845	1.204	1.415	1.279
	车站缓冲区内停车位数量 $\log(x_4)$	3.301	2.813	3.176	3.544	3.579	3.831
	车站缓冲区内换乘常规公交线路的时间 $\log(x_5)$	0.699	0.699	0.699	0.845	0.447	0.699
	车站缓冲区内步行空间接驳面积 $\log(x_6)$	4.206	4.160	4.268	4.329	4.613	3.609
	车站与最近的城市主干路的距离 $\log(x_7)$	1.477	2.447	1.000	1.301	1.602	1.477
交通指数	2.246	2.250	2.152	2.380	2.472	2.340	2.293
土地利用系统变量常对数	车站缓冲区内居民数量 $\log(y_1)$	3.301	3.956	4.580	4.520	4.559	3.960
	车站缓冲区内零售业就业岗位数量 $\log(y_2)$	3.681	2.361	2.477	3.950	3.947	4.783
	车站缓冲区内工业就业岗位数量 $\log(y_3)$	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	车站缓冲区内科教文卫就业岗位数量 $\log(y_4)$	0.000	2.089	3.338	3.020	3.665	3.255
	车站缓冲区内交通枢纽就业岗位数量 $\log(y_5)$	4.625	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	车站缓冲区内政府部门就业岗位数量 $\log(y_6)$	0.000	0.000	0.000	2.217	3.460	3.480
	车站缓冲区内土地利用类型 $\log(y_7)$	0.163	0.000 35	0.163	0.123	0.098	0.113
土地利用指数	1.681	1.200	1.508	1.976	2.247	2.227	1.632

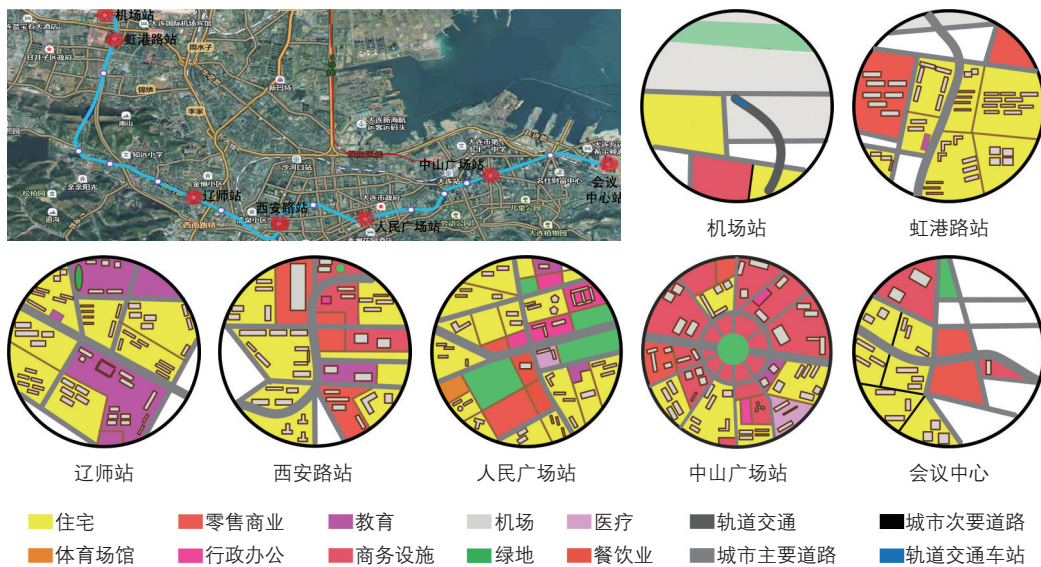


图2 大连市地铁2号线车站分布及缓冲区土地利用情况

Fig.2 Land use of buffer zones at different stations of subway line 2 in Dalian

都处于交通和土地利用平衡区域外,说明车站缓冲区内交通供给量与土地利用未达到平衡。辽师站周边由于土地利用类型较为单一使得交通指数较高;中山广场站已处于极端一体化区域的边缘,说明该区域的交通和土地利用均已接近饱和状态,中山广场有较面积的绿地用地,因此其交通指数明显较高。虽然这些区域显示交通指数高于土地利用指数,但仍然存在一定的交通拥堵现象,究其原因可能是受调查数据难以反映占道停车以及信号控制时间、信号灯位置设置不合理等因素影响。建议这些区域可以适度提高土地利用价值,但在开发利用的同时也要考虑维持原有的交通设施供给,同时对不合理的交通行为加以管制。

4) 极端一体化车站。

包括两种状态:一种是交通指数和土地利用指数都极端低,即该类车站处在郊区地带,该地区的交通和土地利用都亟待开发;一种是交通指数和土地利用指数都极端高,即该类车站附近的交通和土地利用已处于饱和状态,需要迁出一定人口和用地项目来缓解饱和状态。西安路站和人民广场站属于该类车站,均处于交通和土地利用平衡区域内,说明这两个车站缓冲区内交通供给量与土地利用达到平衡,但是交通指数和土地利用指数都极端高。西安路站处于大连市核心商圈范围内,除了较多的大型零售业用地

外,住宅用地也是主要的土地利用类型,同时该地区还有学校等公共事业用地,丰富多样的土地利用类型致使该地区产生大量人流;人民广场站主要为大连市政府的核心区域,相比于其他车站,其缓冲区内行政办公用地较多,不论是政府办公人员还是前来办事的人员都给该区域带来了大量人流。从模型角度看这两个区域虽然能提供充足的交通设施处于平衡状态,但这种高度饱和的状态致使这些区域容易出现交通运行速度缓慢、公共交通使用状态极为拥挤等状况。对于此类车站不宜再增加新的土地开发,同时需要在适当的情况下进行大型用地项目的搬迁,而城市规划部门也需要联合交通部门对这些车站周边进行重新规划。

总体而言,7个车站虽然不包括郊区车站,但存在极端一体化的车站,同时平衡车站少于不平衡车站,因此需要加以改进以实现交通与土地利用一体化发展。

4 结语

本文以节点-场所模型和可达性概念为基础,为评价城市交通与土地利用的一体化建立评价指标体系,以大连市地铁2号线一期工程的7个车站为例评价其一体化水平,并对地铁车站周边的综合开发提出了规划建议。在计算交通和土地利用指数时,本文做了常对数和平均值处理,未来可以增加指标权重并考虑应用其他计算公式。本文所构建的一体化指标体系亦可进行调整并应用于铁路车站等其他交通与土地利用一体化情况的评价中。

注释:

Notes:

① 增强出版网络文件可在中国知网在线阅读。

参考文献:

References:

[1] 毛蒋兴, 闫小培. 国外城市交通系统与土地利用互动关系研究[J]. 城市规划, 2004, 28(7): 64-69.
Mao Jiangxing, Yan Xiaopei. An International Study on the Mutualrelationship Between Urban Transport System and Land Use[J]. City Planning Review, 2004, 28(7): 64-69.

[2] Pfaffenbichler P, Emberger G, Shepherd S. A

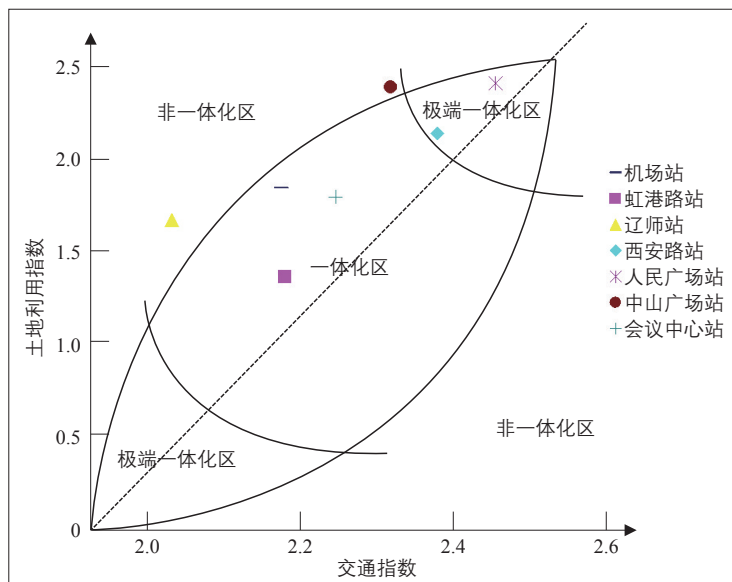


图3 大连市地铁2号线7个车站的交通与土地利用一体化情况

Fig.3 Integration of transportation and land use at the seven stations of subway line 2 in Dalian

资料来源: 基于文献[3]节点-场所模型计算、绘制。

- System Dynamics Approach to Land Use Transport Interaction Modelling: The Strategic Model MARS and Its Application[J]. *System Dynamics Review*, 2010, 26(3): 262-282.
- [3] Bertolini L. Spatial Development Patterns and Public Transport: The Application of an Analytical Model in the Netherlands[J]. *Planning Practice & Research*, 1999, 14(2): 199-210.
- [4] 赫特·约斯特·皮克, 卢卡·贝托里尼, 汉斯·德扬. 透视站点地区的发展潜能: 荷兰节点-场所模型的10年发展回顾[J]. 惠晓曦, 曹浩伟, 赵之枫, 译. *国际城市规划*, 2011, 26(6): 63-71.
- Gert-Joost Peek, Luca Bertolini, Hans de Jonge. Gaining Insight in the Development Potential of Station Areas: A Decade of Node-place Modeling in the Netherlands[J]. *Hui Xiaoxi, Cao Haowei, Zhao Zhifeng, translated. Urban Planning International*, 2011, 26(6): 63-71.
- [5] Chorus P, Bertolini L. An Application of the Node Place Model to Explore the Spatial Development Dynamics of Station Areas in Tokyo[J]. *The Journal of Transport and Land Use*, 2011, 4(1): 45-58.
- [6] Zemp S, Stauffacher M, Lang D J, et al. Classifying Railway Stations for Strategic Transport and Land Use Planning: Context Matters! [J]. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(4): 670-679.
- [7] 刘贤腾. 空间可达性研究综述[J]. *城市交通*, 2007, 5(6): 36-43.
- Liu Xianteng. General Description of Spatial Accessibility[J]. *Urban Transport of China*, 2007, 5(6): 36-43.
- [8] 杨家文, 周一星. 通达性: 概念, 度量及应用[J]. *地理学与国土研究*, 1999(2): 63-66.
- [9] 李平华, 陆玉麒. 可达性研究的回顾与展望[J]. *地理科学进展*, 2005, 24(3): 69-78.
- Li Pinghua, Lu Yuqi. Review and Prospectation of Accessibility Research[J]. *Progress in Geography*, 2005, 24(3): 69-78.
- [10] 张正康, 何峻岭. 基于交通可达性的城市土地利用布局探讨: 以《广州亚运村规划设计》为例[J]. *规划师*, 2009, 25(2): 30-35.
- Zhang Zhengkang, He Junling. Land Use Plan and Layout Based on Transportation Accessibility: A Case Study of Guangzhou Asian Olympics Village Plan[J]. *Planners*, 2009, 25(2): 30-35.
- [11] 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.
- Yang Tao, Guo Xiucheng. New Concept of Urban Travel Accessibility and Its Application[J]. *China Journal of Highway and Transport*, 1995, 8(2): 25-30.
- [12] Reusser D E, Loukopoulos P, Stauffacher M, Scholz R W. Classifying Railway Stations for Sustainable Transitions- Balancing Node and Place Functions[J]. *Journal of Transport Geography*, 2008, 16(3): 191-202.
- [13] Vale D S. Transit-Oriented Development, Integration of Land Use and Transport, and Pedestrian Accessibility: Combining Node-Place Model with Pedestrian Shed Ratio to Evaluate and Classify Station Areas in Lisbon[J]. *Journal of Transport Geography*, 2015, 45: 70-80.
- [14] Jacobson J, Forsyth A. Seven American TODs: Good Practices for Urban Design in Transit-Oriented Development Projects[J]. *Transport Land Use*, 2008, 1(2): 51-88.
- [15] Frank L D, Schmid T L, Sallis J F, Chapman J, Saelens B E. Linking Objectively Measured Physical Activity with Objectively Measured Urban Form: Findings from SMARTRAQ[J]. *Prev Med*, 2008, 28(2): 117-125.
- [16] Frank L D, Sallis J F, Conway T L, Chapman J E, Saelens B E, Bachman W. Many Pathways from Land Use to Health: Associations Between Neighborhood Walkability and Active Transportation, Body Mass Index, and Air Quality[J]. *Plan Assoc*, 2006(72): 75-87.
- [17] Papa E, Bertolini L. Accessibility and Transit-Oriented Development in European Metropolitan Areas[J]. *Journal of Transport Geography*, 2015, 47: 70-83.
- [18] Kamruzzaman M, Baker D, Washington S, Turrel G. Advance Transit Oriented Development Typology: Case Study in Brisbane, Australia[J]. *Journal of Transport Geography*, 2014, 34: 54-70.
- [19] Transport for London. Measuring Public Transport Accessibility Levels(PTALs): Summary[R]. London: Transport for London, 2010.