

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.10.051

TOD 模式下城市立交节点开发利用评价研究

郭 凯¹,廖勇刚²

(1.广东省建筑设计研究院有限公司,广东 广州 510010;2.广州市政工程设计研究总院有限公司,广东 广州 510060)

摘 要: TOD 模式是一种以公共交通为导向的城市发展模式,近年来已出现 TOD 模式下城市立交节点的空间开发利用技术,并在实际项目中得到运用,但目前仍缺少 TOD 模式下立交节点开发利用的评价体系。为此,采用模糊层次分析法,定量与定性相结合,确定了评价因素集,构建了模糊层次综合评价体系,开展对 TOD 模式下城市立交节点开发利用的评价研究。最终通过东圃立交节点改造成 TOD 综合体的实例进行计算分析,证明该评价体系切实有效,可为后续 TOD 模式下城市道路交通节点开发利用评价提供参考与借鉴。

关键词: TOD 模式;城市立交节点;开发利用;层次分析法;综合评价

中图分类号: U491.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-7716(2023)10-0200-03

0 引 言

TOD 模式即公共交通导向发展模式,是一种以公交优先、适宜步行、用地功能混合等为核心理念的城市发展与建设模式^[1]。该概念在 20 世纪末由 Peter Carorpe 提出,然而随着 TOD 模式的发展与演变,不同国家和地区对 TOD 模式的定义和实践存在一定的差异,但普遍存在以下共识:

- (1)以公共交通站点或线路为核心,进行公共交通导向的综合开发。
- (2)以公共交通站点或线路为核心,进行布局紧凑、功能混合的土地开发^[2]。
- (3)以公共交通站点或线路为核心,在其辐射范围内满足居民日常生活需求。
- (4)以公共交通站点或线路为核心,搭建良好的慢行系统(步行及自行车)^[3]。

由于 TOD 模式下城市立交的空间开发利用技术出现较晚,该技术通常需通过匝道改造或搭建上盖平台来实现土地的开发利用。匝道改造是通过取消收费站,重新设计直连匝道代替绕行匝道,搭建上盖平台则是通过上盖横跨所有车道的绿化平台,衔接高速立交两侧土地开发项目,可以减少噪音,增加绿化^[4]。图 1 为东圃立交交通节点开发利用示意图。

TOD 模式下城市立交节点的开发利用已在现实落地,如东圃立交、新塘立交市政化改造等,但目前对其评价的研究仍较少,因此开展城市立交节点开

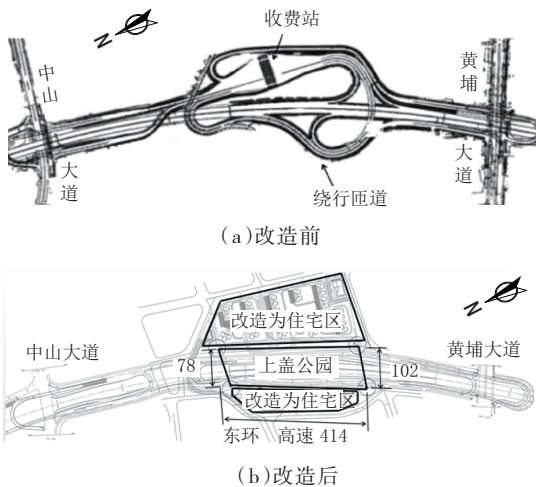


图 1 东圃立交交通节点开发利用示意图

发利用评价研究具有一定的现实意义。

1 确定评价因素集

本文选取“用地开发水平”来表征对节点土地资源的开发利用程度;“交通设施水平”来表征是否满足该节点覆盖范围内的居民交通出行需求;“社区建设品质”来表征节点开发社区的环境绿化与生活品质;“交通系统设计”来表征道路交通节点开发利用后的道路通达性与安全性。

1.1 用地开发水平

“用地开发水平”包括以下 3 个因素:

- (1)功能混合度。功能混合度用于表征用地功能的丰富程度,是该立交节点所开发的各种功能用地的混合程度。
- (2)容积率。容积率是指开发区域内所有建筑物的总建筑面积与总用地面积之间的比值,该指标用于

收稿日期: 2023-02-13
作者简介: 郭凯(1996—),男,硕士,助理工程师,从事市政路桥设计工作。

衡量建设用地开发强度。

(3)用地经济效益。用地经济效益是指通过开发高层住宅来实现居住用地价格增值;通过建设商业中心来实现商业价格增值^[5]。

1.2 交通设施水平

“交通设施水平”包括以下 3 个因素:

(1)公共交通完善性。公共交通优先原则是 TOD 模式的核心基本原则,公共交通完善性是指通过协调完善公共交通站点的布局,为人员提供更加有效便捷的公共交通出行服务。

(2)站点步行可达性。TOD 模式鼓励人们通过步行到达公共交通站点,乘坐公共交通出行。站点步行可达性是指通过搭建高效畅达的步行系统来衔接公共交通站点。

(3)自行车道便捷性。TOD 模式不仅需要高效畅达的步行系统,还要有便捷的自行车通行环境。自行车道便捷性指的是自行车道设置的合理性、安全性及连续性。

1.3 社区建设品质

“社区建设品质”包括以下 3 个因素:

(1)开放空间水平。开放空间水平是指公共建筑为居民及行人、乘客创造舒适公共环境,提供优质公共服务的水平^[6]。

(2)慢行系统设计。“步行友好”的理念是 TOD 模式的核心内涵,慢行系统的规划与设计不仅是为了衔接不同交通方式,同时也是为立交节点提供休闲活动的步行环境。

(3)绿化与城市景观。绿化是栽种植物以改善城市环境的活动,良好的城市绿化可以形成一道城市景观,还原城市生态系统,改善城市居民生活环境质量。

1.4 交通系统设计

“交通系统设计”包括以下 3 个因素:

(1)道路接驳水平。为了实现不同道路的交通衔接与转换,道路和道路之间需要较好的接驳水平。道路接驳水平是指区域内道路规模、类型的接驳是否能满足人们对交通汇集和疏散的需求。

(2)道路服务水平。不同等级的道路,其最大通行能力及服务水平也不同。道路服务水平指的是相衔接的道路能否承载该交通节点的最大出行需求,会不会造成拥堵。

(3)交通冲突程度。交通冲突是交通参与者之间或者与交通设施相互作用的结果,交通冲突程度是

指交通冲突导致交通事故发生的可能性程度^[7]。

2 模糊层次综合评价体系

2.1 构造层次结构模型

按照上述评价因素集,本文选取 TOD 模式下城市立交节点开发利用评价的准则层分别为:用地开发水平 U_1 ,交通设施水平 U_2 ,社区建设品质 U_3 ,交通系统设计 U_4 ; $U=\{U_1, U_2, U_3, U_4\}$,为一级指标;每个准则层 U_i 包括指标层的 3 个子因素,即 $U_i=\{U_{i1}, U_{i2}, U_{i3}\}$,为二级指标。

TOD 模式下城市立交节点开发利用评价体系见图 2。

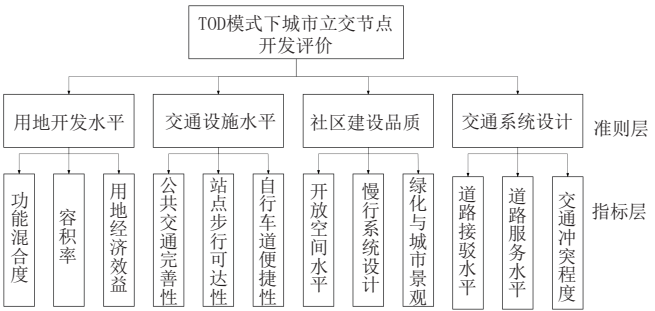


图 2 TOD 模式下城市立交节点开发利用评价体系

根据模糊层次评价结果,确定模糊评语集为: $S=\{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}=\{\text{优秀, 良好, 合格, 差, 很差}\}$ 。同时根据李克特量表法给模糊评语集赋予一定的数值,按等级确定为: $S=\{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}=\{5, 4, 3, 2, 1\}$ 。

2.2 计算各因素权重

2.2.1 构造判断矩阵

在层次结构模型基础上,需要对准则层及指标层各因素的相对重要性作出判断。判断的依据为 Saaty 建议的判断矩阵 9 级标度,判断结果用数值表示,写成矩阵形式来构成判断矩阵。判断矩阵组成形式见表 1。

表 1 判断矩阵组成形式

U	U_1	U_2	...	U_n
U_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
U_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
U_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

2.2.2 权重计算及一致性检验

本文使用 Python 层次分析法代码计算得出准则层一级权重 $W=\{w_1, w_2, w_3, w_4\}$ 和各指标层二级权重 $w_i=\{w_{i1}, w_{i2}, w_{i3}\}$ 。为确保同层各因素权重的合理性,

需要使用一致性指标 CI 和相对一致性指标 CR,对构造的判断矩阵进行一致性检验。

2.3 模糊综合评价

本文对 U_i 中的全部二级指标进行模糊评价,可通过专家打分得到定性评判,标准为优(5)、良(4)、合格(3)、差(2)、很差(1),得到评价矩阵 R_{U_i} ,其中的 r_{i11} 表示 U_i 中第 1 个指标占专家打分优秀的比例(见式(1));对 U_i 进行综合评判,得到综合评价向量 R_i (见式(2))。由各个向量 R_i 构成综合评价矩阵 R (见式(3))。

$$R_{U_i} = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & r_{i13} & r_{i14} & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & r_{i23} & r_{i24} & r_{i25} \\ r_{i31} & r_{i32} & r_{i33} & r_{i34} & r_{i35} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$R_i = w_i R_{U_i} = \{r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, r_{i4}, r_{i5}\} \quad (2)$$

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{15} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{25} \\ r_{31} & r_{32} & \cdots & r_{35} \\ r_{41} & r_{42} & \cdots & r_{45} \end{bmatrix} \quad (3)$$

对 U_i 进行综合评判,得到模糊综合评价分数 $Q = WRS^T$ 。

3 实例分析计算

东圃立交节点通过综合设计和空间开发利用,两侧土地开发为住宅及商业,立交上方上盖为立交公园,以减少噪音并连通两侧住宅(见图 3)。



图 3 东圃立交开发改造后效果

通过 Python 层次分析法算法,得到各个指标的权重,即得到准则层 U 的一级权重向量 W 及指标层 U_i 的二级权重向量 w_i ,且各因素权重通过了一致性检验,结果见表 2。

根据专家对指标层给出的各个因素评分,将其归一化可得评价矩阵 R_{U_i} ,结果见表 3。

根据表 2、表 3 所得的二级评价权向量 w_i 和二级指标的评价矩阵 R_{U_i} ,两者相乘可得综合评价向量 R_i, R_i 组成综合评价矩阵 R ,见式(4)。

表 2 因素权重及一致性检验表

层次	各评价层归一化对应的权重				一致性检验	
U	U_1	U_2	U_3	U_4	CI	CR
W	0.489 4	0.149 7	0.101 0	0.259 9	0.012 9	0.014 5
U_1	U_{11}	U_{12}	U_{13}		CI	CR
w_1	0.309 1	0.109 6	0.581 3		0.001 8	0.003 6
U_2	U_{21}	U_{22}	U_{23}		CI	CR
w_2	0.251 9	0.159 2	0.588 9		0.026 1	0.051 6
U_3	U_{31}	U_{32}	U_{33}		CI	CR
w_3	0.538 9	0.297 3	0.163 8		0.004 6	0.008 8
U_4	U_{41}	U_{42}	U_{43}		CI	CR
w_4	0.209 9	0.240 2	0.549 9		0.009 1	0.017 6

表 3 隶属函数结果

准则层	指标层	评定等级				
		优秀	良好	合格	差	很差
用地开发水平 U_1	功能混合度 U_{11}	0.1	0.8	0.1	0	0
	容积率 U_{12}	0.1	0.6	0.3	0	0
	用地经济效益 U_{13}	0.3	0.6	0.1	0	0
交通设施水平 U_2	公共交通完善性 U_{21}	0	0.7	0.2	0.1	0
	站点步行可达性 U_{22}	0.1	0.5	0.2	0.2	0
	自行车道便捷性 U_{23}	0.2	0.7	0.1	0	0
社区建设品质 U_3	开放空间水平 U_{31}	0.1	0.7	0.2	0	0
	慢行系统设计 U_{32}	0.4	0.6	0	0	0
	绿化与城市景观 U_{33}	0.5	0.5	0	0	0
交通系统设计 U_4	道路接驳水平 U_{41}	0.2	0.5	0.2	0.1	0
	道路服务水平 U_{42}	0	0.5	0.3	0.2	0
	交通冲突程度 U_{43}	0	0.6	0.2	0.2	0

$$R = \begin{bmatrix} 0.216\ 26 & 0.661\ 82 & 0.121\ 92 & 0 & 0 \\ 0.133\ 70 & 0.668\ 16 & 0.141\ 11 & 0.057\ 03 & 0 \\ 0.254\ 71 & 0.637\ 51 & 0.107\ 78 & 0 & 0 \\ 0.041\ 98 & 0.554\ 99 & 0.224\ 02 & 0.179\ 01 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

对 U_i 进行综合评判,得到模糊综合评价分数 $Q = WRS^T = 3.902\ 5$,可知该城市立交节点开发利用评分较为良好,处于合格与良好之间。

4 结 语

针对现阶段对于城市立交节点评价体系研究的缺乏,本文以用地开发水平、交通设施水平、社区建设品质、交通系统设计这 4 个方面作为准则层,并选取准则层下具有代表性的 12 个评价指标作为指标层,构建 TOD 模式下城市立交节点开发利用的层次评价体系,并通过层次分析法和模糊综合评判对立交节点的开发利用进行综合评价。

最终通过东圃立交节点改造成 TOD 综合体的实

(下转第 208 页)

碰撞效应对墩梁相对位移的影响要较墩底内力更为明显。

(3)随着邻梁初始间隙的增加,邻梁碰撞次数会减小;不同初始间隙下曲线外侧的邻梁碰撞力最大为 276.16 kN,最小为 211.13 kN,曲线内侧最大为 303.83 kN,最小为 205.38 kN。

(4)随着摩擦摆支座等效活动半径的增加,曲线外侧的碰撞力逐渐减小,变化率可达到 31.24%,曲线内侧碰撞力的变化率在 5.13%以内;墩底内力、墩梁相对位移以及板式橡胶支座剪力的变化则相对复杂。

参考文献:

- [1] 邓育林,雷凡,何雄君.地震作用下高墩桥梁横向碰撞效应研究[J].桥梁建设,2014,44(3):25-31.
- [2] 李正英,刘斌,杨跃威.强震作用下曲线连续梁桥碰撞响应分析[J].建筑结构学报,2016,37(S1):349-355.
- [3] 杨孟刚,孟栋梁,卫康华,等.高铁简支梁桥横向地震碰撞效应及减震研究[J].西南交通大学学报,2020,55(1):100-108.
- [4] 张常勇,钟铁毅,董晓,等.摩擦摆支座隔震城轨连续梁桥碰撞响应研究[J].公路,2017,62(10):101-107.
- [5] 张文学,吴海军,王景景.连梁装置对斜拉桥与引桥碰撞影响分析[J].北京工业大学学报,2013,39(5):684-689.
- [6] 闫斌,戴公连,栗森.考虑轨道约束的高速铁路简支梁碰撞效应研究[J].桥梁建设,2014,44(6):24-28.
- [7] 石岩,王军文,王东升,等.地震作用下高速铁路简支箱梁桥横向偏心碰撞反应分析[J].铁道学报,2013,35(2):99-105.
- [8] 邓育林,雷凡,何雄君.地震作用下考虑土-桥台-上部结构相互作用的大跨桥梁伸缩缝处碰撞效应研究[J].中国公路学报,2015,28(3):44-51.
- [9] 孙广俊,李鸿晶,赵鹏飞.简支梁桥地震落梁失效控制模式研究[J].南京工业大学学报(自然科学版),2014,36(2):40-47.
- [10] 李娜娜,许维炳,陈彦江,等.近断层地震作用下曲线桥碰撞效应及影响试验研究[J].振动与冲击,2020,39(12):40-47.
- [11] 张文学,寇文琦,汪振.曲线梁桥地震响应影响因素分析[J].世界桥梁,2016,44(4):64-70.
- [12] 闫聚考,李少华,王军文.强震下多跨斜交简支梁桥桥面旋转机理研究[J].桥梁建设,2017,47(1):29-34.
- [13] 徐略勤,魏晓龙.地震作用下双薄壁高墩刚构桥桥台处的碰撞效应及减碰措施[J].地震工程学报,2017,39(3):425-433.
- [14] 王军文,吴天宇,李少华,等.斜交简支梁桥纵向地震碰撞反应精细化研究[J].振动与冲击,2016,35(8):194-200.
- [15] 沈贤,胡玉娟,赵文,等.板式橡胶支座对斜交连续梁桥地震反应的影响[J].世界地震工程,2021,37(1):78-85.
- [16] JT/T 4—2019,公路桥梁板式橡胶支座[S].2019.
- [17] JTG/T 2231-01—2020,公路桥梁抗震设计规范[S].2020.
- [18] 焦驰宇,龙佩恒,李士铎,等.地震作用下中小跨度梁桥横向碰撞参数影响分析[J].振动与冲击,2014,33(8):48-53,77.
- [19] 韦杰,孙广俊,李鸿晶.板式橡胶支座曲线梁桥地震反应与参数影响分析[J].防灾减灾工程学报,2015,35(2):145-152,179.

(上接第 202 页)

例进行计算分析,分析结果证明该评价技术具有一定的合理性和实用性,可为后续 TOD 模式下立交节点的开发利用评价提供一定的借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 田文豪.TOD 模式下轨道交通站点地区土地利用评价研究——以广州主城区为例[D].广州:华南理工大学,2019.
- [2] 王一鸣.TOD 导向下城市轨道交通站点地区规划研究——以济南 R2 线腊山站为例[D].济南:山东建筑大学,2017.
- [3] 祝超.公交导向的土地开发模式评价指标体系及方法研究[D].北京:北京交通大学,2012.
- [4] 廖勇刚,郭凯,王晟,等.TOD 模式城市道路交通节点空间开发及综合设计技术[J].公路,2021(6):298-301.
- [5] 侯雪.基于 TOD 理念的轨道交通站点周边土地利用评价及优化模型[D].北京:北京交通大学,2012.
- [6] 张昊,张忠国.美国阿灵顿城市轨道交通发展模式的分析与借鉴[J].国际城市规划,2011(2):5.
- [7] 刘森森,鲁光泉,王云鹏,等.交叉口交通冲突严重程度量化方法[J].交通运输工程学报,2012,12(3):7.