

基于多目标规划模型的轨道交通周边土地优化研究

魏薇¹, 张利², 余丽洁³

(1. 陕西工业职业技术学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 西咸新区轨道交通投资建设有限公司, 陕西 西安 710116;
3. 长安大学 运输工程学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 土地是否合理使用关系到城市空间布局的合理性, 直接影响城市是否能够快速健康地发展。为优化轨道交通站点研究范围内的土地布局, 本文提供一种基于多目标规划函数的定量研究方法, 以保障客流量、保证民生质量及开发合理化作为影响土地优化为目标, 对模型参数提前假设, 选取西宁地铁一号线博文路站作为研究对象。通过调查, 发现研究区域内存在就业机会少、周边居民配套设施不足等问题, 将模型应用于研究对象, 利用 Matlab 计算得到研究区域内土地优化后的方案。运算结果表明, 新方案能够提高商业用地与基础设施用地占比, 并给出具体的占比量值, 对于轨道交通站点周边的土地优化具有可操作性。

关键词: 土地优化; 轨道交通; 多目标规划模型; 西宁市

中图分类号: F301.2; U239.5

文献标识码: A

Study on Land Optimization Around Rail Transit Based on Multi-objective Planning Model

WEI Wei¹, ZHANG Li², YU Lijie³

(1. Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, Shaanxi, China; 2. Xi Xian New Area Rail Transit Investment and Construction Co., Ltd, Xi'an 710116, Shaanxi, China; 3. School of Transportation Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: The rational use of land is related to the rationality of urban spatial layout and directly affects the rapid and healthy development of the city. In order to optimize the land layout within the research scope of rail transit stations, this paper provides a quantitative research method based on multi-objective planning function, selects three major objectives that affect the land optimization, namely guarantee of passenger flow, good quality of people's livelihood and rationalization of development, and assumes the model parameters in advance. On this basis, Bowen Road Station of Xining Metro Line 1 is selected as the research object. Through the investigation, it is found that there are few employment opportunities in the current study area and the lack of supporting facilities for the residents. Applying models to research objects, the optimized scheme of land in the study area is obtained by Matlab calculation. The calculation results show that the new scheme can improve the proportion of commercial land and infrastructure land, and give the specific value of the proportion, which is feasible to optimize the land around the rail transit station.

Key words: land optimization; rail transit; multi-objective planning model; Xining City

近年来, 随着社会经济的快速发展, 人口密度高度集中化, 城市用地短缺、交通拥挤、环境污染、周边配套资源不足等问题越来越多, 给城

市居民带来了不便, 对于早期城市规划中存在遗留的问题, 急需建立起一套可以优化城市空间的方法。城市轨道交通的高速发展, 在一定程度上

收稿日期: 2022-11-18

作者简介: 魏薇, 讲师, 硕士, 研究方向为城际轨道交通客流预测

基金项目: 陕西省自然科学基金: 城市轨道交通客流与土地利用时空协同研究 (编号: 2022JQ-455)

能够促进城市结构调整,使之与城市同步发展,给城市土地优化带来了新的机遇。

关于城轨周边的土地优化问题,田文豪以广州市为例,建立三维评价指标,从用地开发、轨道交通服务、居住质量对城轨站点进行评价^[1]。叶倪等以新加坡为例,研究 TOD 模式对于轨道交通的影响,发现 TOD 模式能够促进交通与城市发展,进一步带动土地性质的优化^[2]。吴韬等建立了“节点—场所”模型,通过划分轨道交通站点区域,对站点的节点价值和场所价值进行分析,进而提出站点土地的优化策略^[3]。王帆等剖析杭州地铁6个站点,选取能够反映杭州地铁站点支撑水平的站点指标和能够反映土地集聚水平的场所指标构建评价体系,对站点土地开发进行评价^[4]。

从上述研究中发现,结合实例的研究较少,并且都着重在优化措施上的定性研究,很少有从数学模型角度出发的定量研究,同时,以往研究主要从城市规划的宏观角度分析轨道交通周边土地的开发,而缺乏从决策者的微观角度对土地优化给出决策依据。本文考虑多因素交叉影响土地优化方案最优解的前提下,从决策者角度出发,建立轨道、居民、用地三大决策要素,以此为基础设定多目标规划函数,依据相关文献对于参数进行标定,将模型应用于西宁市城市轨道交通1号线,通过 Matlab 函数计算得到最优解集,将方案与现状西宁市轨道交通站点周边土地开发情况进行对比,提供改善解决方法,改变以往研究仅限于定性研究方法,使得土地优化结果更为直观。

1 建立模型

1.1 参数假设

对轨道交通车站研究范围内土地优化构造函数,应满足以下参数假设:①构建城轨车站周边用地多目标的规划函数,最终目的使得结果权衡各方利弊满足最大化收益。②根据城市控规已有区域用地性质及面积基础,应用函数进行优化处理。③土地开发强度与容积率有关^[5],本文通过容积率来调节多目标的规划函数,得到最优解。④以某一轨道交通车站为中心,以该站点可达性为半径确定研究范围^[6],半径值可以通过居民可达距离折算得到。⑤假设选择乘坐城轨的居民都是从本站点上车乘车^[7]。⑥依据《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB 50137—2011)^[8],

将研究区域内的地块分为住宅地块、商业地块、公用设施地块三大类。

1.2 多目标规划模型

最优土地规划方案,受多因素交叉影响,需要考虑多目标因素,具体公式如下:

$$\begin{aligned} \text{Max}(\text{Min})Z &= F(X) \\ \text{s. t.} \quad \Phi(X) &\leq G \end{aligned} \quad (1)$$

多目标规划模型权衡多因素影响下目标函数的最优解,而非追求单一影响因素下的最优解。本文应用多目标规划函数,以城轨线路中的某个车站作为研究点,依据文献^[8]多目标模式下“3D”原则,即土地(Density)、品质(Design)、多样性(Diversity),通过开发站点土地来提高轨道交通客流量,通过提升站点土地的生活质量来提升环境,通过土地的合理性与多样性降低区域间的通行量。基于此可建立对应的3个目标函数。提取容积率作为指标变量,确定周边用地规模的最优解。土地规划多目标影响因素如下:

目标1:保障轨道交通客流量。土地开发后,会产生乘坐轨道交通客流,轨道交通客流大小与轨道交通可达范围,周边地块商业与住宅面积,以及交通方式的分担比例,土地开发得越集中,带来的城轨的流量值越大,轨道交通建设需要有客流作为支撑,因此需保障轨道交通客流量。公式如下:

$$\text{Max}Z_1 = \frac{\sum_m S_m^r \times X_m^r}{a^r} \times T \times K + \frac{\sum_m S_m^b \times X_m^b}{a^b} \times \gamma \times T \times K \quad (2)$$

上式中, S_m^r 为 m 类住宅地块面积, X_m^r 为 m 类住宅地块中容积率数值, S_m^b 为 m 类商业地块面积, X_m^b 为 m 类商业地块中容积率数值, T 为居民平均每天出行次数(人次/天), K 为轨道交通分担比, γ 为居民数量与可提供岗位比例。

目标2:保障居民生活质量。居民生活质量高低主要以规划区内的配套设施多少、绿化面积大小来衡量,在规划用地内,应当保障公共设施用地、商业用地以及绿地规划,用该性质地块面积与区域总面积作比,数值越大,代表居民生活质量越高。公式如下:

$$\text{Max}Z_2 = \frac{S''}{\sum_m S_m^r \times X_m^r + \sum_m S_m^b \times X_m^b} \quad (3)$$

上式中, S'' 为公共设施地块面积,将上述公式进行线性代换,得到:

$$\text{Min}Z'_2 = \frac{\sum_m S_m^r \times X_m^r + \sum_m S_m^b \times X_m^b}{S^u} \quad (4)$$

目标3:保障土地开发性质合理化。保障土地性质均衡合理是土地开发中要考虑的必要因素,土地规划是否合理可以通过该区域人口数量与可提供就业岗位比值衡量,比值趋近于1,代表区域土地规划合理;差别越大,代表均衡差越大。公式如下:

$$\text{Min}Z_3 = \left| \frac{\frac{\sum_m S_m^r \times X_m^r}{a^r}}{\frac{\sum_m S_m^b \times X_m^b}{a^b}} - \gamma \right| \quad (5)$$

式中, a^r 为 m 类住宅地块每人平均占地面积, a^b 为 m 类商业地块就业岗位平均占地面积。将上述公式进行线性代换,得到:

$$\text{Min}Z_3' = \left| \frac{\sum_m S_m^r \times X_m^r}{a^r} - \gamma \times \frac{\sum_m S_m^b \times X_m^b}{a^b} \right| \quad (6)$$

土地的开发强度可以通过该地块中容积率来调节,但是在城市规划管理规定中,根据文献^[10]的研究成果,结合目前国内城市对容积率管控的特点,容积率有上下限阈值的定义,本文用以下公式进行约束:

$$\begin{cases} f_m^{r\ l} \leq X_m^r \leq f_m^{r\ u} \\ f_m^{b\ l} \leq X_m^b \leq f_m^{b\ u} \end{cases} \quad (7)$$

式中, $f_m^{r\ l}$ 为 m 类住宅地块容积率下限阈值, $f_m^{r\ u}$ 为 m 类住宅地块容积率上限阈值, $f_m^{b\ l}$ 为 m 类商业地块容积率下限阈值, $f_m^{b\ u}$ 为 m 类商业地块容积率上限阈值。除了容积率外,政府一般为保障城市居民生活质量,对城市公共设施用地有明确规定,不能低于城市控规中要求的下限值,本文用以下公式进行约束:

$$\frac{S^u}{\frac{\sum_m S_m^r \times X_m^r}{a^r}} \geq g \quad (8)$$

式中, g 为居民平均公共设施用地下限阈值,因此,城轨周边土地开发的多目标规划函数可以表述如下:

$$\text{Max}Z_1; \text{Min}Z_2; \text{Min}Z_3 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Max}Z_1 &= \frac{481702X_1 + 50059X_2}{35.92} \times 2.34 \times 8.1\% + \frac{221844X_3 + 56048X_4 + 232444X_5}{72.34} \times 1.64 \times 2.34 \times 8.1\% \\ \text{Min}Z_2 &= \frac{481702X_1 + 50059X_2 + 221844X_3 + 56048X_4 + 232444X_5}{220560} \end{aligned}$$

分析多目标规模模型,其中,目标1与目标2和3存在矛盾,目标1为增加客运量而提升站点周围土地开发强度,而目标2是要提升站点周边居民生活质量需控制开发强度,目标3是为保证站点周边土地的均衡性需降低开发的多样性,所以目标1与目标2、3需要均衡。因此本模型求非劣解集可用 Matlab 对多目标规划模型求解,非劣解集可为决策者提供依据。

3 实例分析

3.1 研究区域概况

本文以西宁市轨道交通1号线为例,选取博文路站点周边的土地作为研究对象,应用多目标规划模型对已有方案进行优化。以博文路为中选点选取半径值为634 m^[11],将圆形覆盖区域作为研究区,结合西宁市城市控规将区域内各类用地分类统计,如表1所示。

表1 研究区域内土地类别统计

用地类别	总面积/m ²	建筑面积/m ²	容积率
二类住宅地块	481 702	864 528	1.79
三类住宅地块	50 059	72 050	1.44
大型商业地块	221 844	695 104	3.13
一般商业地块	56 048	120 244	2.15
其他商业地块	232 444	288 240	1.24
公共设施地块	220 560	224 020	1.24

博文路周边主要为通勤客流,土地开发主要以二、三类住宅地块为主,占研究区域总面积的一半,商业地块面积较小,不利于轨道交通建成后客流规模的形成,同时分区不明,需要进一步优化。

3.2 参数及模型确定

根据多目标规划函数,对研究区域内的各类参数确定,依据文献^[11],得到城轨占总交通方式的分担率为8.1%,居民数量与可提供岗位比例为1.64,住宅地块居民平均占地为35.92 m²/人,商业地块就业岗位平均占地为72.34 m²/岗。依据文献^[12],2021年西宁市居民平均每天出行次数2.34人次/天,居民平均公共设施用地下限阈值为6 m²/人。将以上参数代入公式(1)~(9),得到如下过程:

$$\text{Min}Z_3 = \left| \frac{481702X_1 + 50059X_2}{35.92} - 1.64 \times \frac{221844X_3 + 56048X_4 + 232444X_5}{72.34} \right|$$

$$1.79 \leq X_1 \leq 3.0$$

$$1.44 \leq X_2 \leq 1.6$$

$$\text{s. t. } 3.13 \leq X_3 \leq 4.0$$

$$2.15 \leq X_4 \leq 3.0$$

$$1.24 \leq X_5 \leq 1.5$$

$$\frac{220560 \times 35.92}{481702X_1 + 50059X_2} \geq 6$$

3.3 站点用地开发优化

将上述多目标规划函数代入 Matlab 软件求解函数最优解,对于目标函数应用 solve 函数编程处理,对研究区应用多目标模型进行求解,求解可以得到函数的最优解方案集合见表2,共6个方案。

表2 Matlab 函数最优解集合

方案	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
1	10 512	10.06	42.13	1.9	1.6	3.6	2.2	1.3
2	10 513	10.06	47.45	1.9	1.6	3.5	2.6	1.3
3	10 514	10.06	52.77	1.9	1.6	3.4	3	1.3
4	10 517	10.07	66.16	1.9	1.6	3.5	2.2	1.4
5	10 518	10.07	71.48	1.9	1.6	3.4	2.6	1.4
6	10 519	10.07	76.81	1.9	1.6	3.3	3	1.4

1) 各地块优化分析

最优解下的方案各地块建筑面积见表3,从优化结果来看,研究区域内以住宅用地为主,其次是商业地块,公共设施地块占比低,这反映出现状区域内的就业岗位与居民人口不成正比,同时配套生活娱乐设施少,居民生活质量偏低。在优化后的方案中,提高商业地块及公共设施地块的占比,能够改善当下研究区域内存在的问题,同时随着西宁城市轨道交通1号线的引入,可以提供可靠的消费人流,进一步带动商业地块的发展,这也与该区域未来规划相一致。

表3 最优解方案下各地块建筑面积 单位: m^2

方案	二类居住 地块	三类居住 地块	大型商业 地块	一般商业 地块	公共设施 地块
1	915 234	80 094	798 638	123 306	302 177
2	915 234	80 094	776 454	145 725	302 177
3	915 234	80 094	754 270	168 144	302 177
4	915 234	80 094	776 454	123 306	325 422
5	915 234	80 094	754 270	145 725	325 422
6	915 234	80 094	732 085	168 144	325 422

2) 容积率优化分析

优化后的项目区土地开发容积率对比如表4、图1所示。从优化结果来看,各地块容积率均提升,其中提升最多的是商业地块,其次为公共设

施地块,结合该区域未来发展需求,商业和服务业容积率的提高,不仅保证了轨道交通开通后的客流量,满足居民出行,又保证了站点居住区生活环境以及土地利用的均衡性发展。

表4 站点周边土地开发前后容积率对比

用地类型	现状容积率	控规容积率	优化后容积率	提升百分比/%
二类居住	1.5	1.79	1.9	26.67
三类居住	1.2	1.44	1.6	33.33
大型商业	2.3	3.13	3.3	43.48
一般商业	1.6	2.15	2.4	50.00
公共设施	0.9	1.24	1.3	44.44

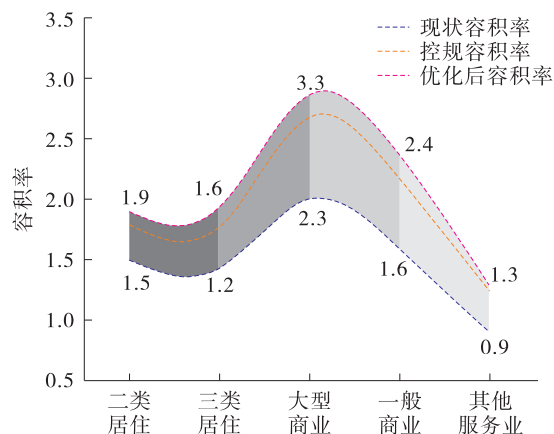


图1 站点周边土地开发前后容积率对比

4 结论

本文建立基于轨道、居民、用地三大目标建立多目标函数,通过对各类参数进行假定,确定各地块的面积及容积率,将模型应用于西宁市城市轨道交通一号线的博文路站点,通过 Matlab 函数计算得到最优解集,将优化后的博文路站点地块面积及容积率与现状情况作对比,提供改善解决方法。在今后的研究中,对于多目标规划模型进行各类用地的开发研究应进一步优化:①在多目标规划模型的用地分类中,本文以国标用地标准进行分类,可对用地类型进一步细化;②多目
(下转第54页)

0.1903, 0.0986, 0.1749}。

进一步, 计算总 $CI=0.0474$, $CR=0.0383 < 0.1$, 因此总排序权向量通过一致性检验, 总排序可行。因此, 针对这6个视频监控点, 服务级别由高到低分别为 b_1 、 b_4 、 b_2 、 b_6 、 b_3 、 b_5 。设6个监控点分3层管理, 第一层的监控点数为1个, 计算得到公差为1, 则第二层的监控点数为2个、第三层为3个。因此, 监控点 b_1 属于优先级最高的第一层, b_4 、 b_2 属于次优先的第二层, b_6 、 b_3 、 b_5 属于优先级最低的第三层。

根据用户的实际需求调研, b_1 是最常用、最重要的监控点位, 其次为 b_4 、 b_2 、 b_6 、 b_3 , b_5 为最不常用的监控点位, 与方法的计算结果吻合, 验证说明了方法的科学有效性。

5 结语

本文提出了一种城市视频监控点服务级别的管理方法, 该方法能够有效帮助用户记录、考虑并定义自己的真实需求, 在海量的视频监控点中快速区分出不同的服务级别, 为服务提供商提供关键的决策信息, 从而保证服务提供商能够提供更具针对性、更符合用户需求的服务, 能大大地提高现有的运维服务效率, 节省大量的人力资源成本, 同时提高行业的服务管理水平, 更好地满足用户需求。此外, 该方法能推广应用到其他基

础设施的运维管理, 有利于这些设施的快速维护和满足用户的需求。

参考文献:

- [1] 张孜, 林晓丽. 基于 ITIL 理念的交通信息设施运维管理系统设计与实践[J]. 交通运输系统工程与信息, 2011, 11(4): 41-45.
- [2] 王河堂, 吴慧韞. 基于 ITIL 架构的高校一卡通运维管理体系的研究[J]. 现代电子技术, 2014(12): 19-22.
- [3] 戚伟强, 沈潇军, 洪建光, 等. 基于 ITIL 的电力信息自动化运维体系研究[J]. 现代电子技术, 2017, 40(3): 153-156.
- [4] 梁磊, 王艳娥. 基于 ITIL 的物流中心信息网络运维体系研究[J]. 物流技术, 2016, 35(3): 155-158.
- [5] 周新, 梁宏伟, 赵彦清, 等. 基于 ITIL 的集成 IT 服务管理平台设计与实现[J]. 中国烟草学报, 2018, 24(4): 79-85.
- [6] 王楠, 刘尔康, 汪俊华. 基于 IT 服务管理的运维体系[J]. 企业管理, 2016(10): 110-112.
- [7] 陈智慧, 刘君. 关于视频监控运行维护管理规范化系统化的思考[J]. 科学咨询, 2018(40): 21.
- [8] 苏志贤. 城市视频监控系统的运维服务流程方案设计[J]. 无线互联科技, 2020, 17(10): 75-77.
- [9] 邓美容. 浅谈视频运维如何更加智慧化发展[J]. 中国安防, 2020(7): 74-79.
- [10] 段文凯. 视频网“安全+运维”一体化建设浅析[J]. 中国安防, 2020(8): 104-107.

(上接第44页)

标函数在轨道决策因素中主要考虑了客流量, 还可增加考虑站点周边站点土地开发情况以作补充; ②多目标函数中的三大目标在后期研究中应当进一步考虑相互间的影响关系, 使计算结果更加贴合实际情况, 这也是未来进一步研究的内容之一。

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] 叶倪, 周怡. 新加坡地铁 TOD 发展模式对无锡地铁建设的启示[J]. 无锡商业职业技术学院学报, 2020, 20(5): 22-25.
- [3] 吴韬, 张梦莹. 基于节点—场所模型的站区空间一体化评价[J]. 都市快轨交通, 2020, 33(6): 69-74.
- [4] 王帆, 周健勇. 城市轨道交通站点周边交通与土地开发的协调性研究[J]. 物流科技, 2021, 44(2): 126-130.

- [5] 李宝琼. 基于路网容量的城市区域用地模型研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2015.
- [6] 李楠. 轨道交通站点核心区域的城市外部空间特征[D]. 上海: 同济大学, 2008.
- [7] 张利. TOD 模式下带形城市轨道交通站点周边用地开发研究[D]. 西安: 长安大学, 2016.
- [8] 住房和城乡建设部. 城市用地分类与规划建设用地标准: GB 50137—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [9] 莫一魁, 邓军, 王京元. 城市轨道交通站点地区 TOD 规划模型及应用[J]. 土木建筑与环境工程, 2009, 31(2): 116-120.
- [10] LIN J J, GAU C C. A TOD Planning Model to review the regulation of allowable development densities around subway stations[J]. Land Use Policy, 2006, 23: 353-360.
- [11] 长安大学. 西宁市城市轨道交通建设规划客流预测报告[R]. 西安, 2019.
- [12] 长安大学. 西宁城市居民出行调查报告[R]. 西安, 2021.