

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.12.027

多因素分析法在濮阳综合管廊规划中的应用

宋欣欣¹, 闵海华², 刁钰³, 秘诚³

(1. 天津市市政工程设计研究院, 天津 300392; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074; 3. 天津大学 建筑工程学院, 天津 300072)

摘要: 目前国内多数管廊规划路径是基于政策和规范的定性分析,尚未进行定量研究。以河南濮阳市地下综合管廊规划为例,引入多因素分析法科学合理地确定综合管廊规划路径,针对不同因素权重值采用经验值而未找到科学依据的问题,提出了基于线性回归的权重求解法,可为类似工程提供参考。

关键词: 管廊规划; 多因素分析法; 多元线性回归; 权重求解法

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)12-0138-05

Application of Multi-factor Analysis Method in Puyang Utility Tunnel Planning

SONG Xin-xin¹, MIN Hai-hua², DIAO Yu³, MI Cheng³

(1. Tianjin Municipal Engineering Design & Research Institute, Tianjin 300392, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China; 3. School of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: At present, most of the utility tunnel planning path in China are based on qualitative analysis of policies and regulations, and few on quantitative studies. Taking the planning of utility tunnel in Puyang City of Henan Province as an example, this paper introduced the method of multi-factor analysis to scientifically and rationally determine the planning path of utility tunnel and proposed weight method based on multiple linear regression to solve the problem of using empirical value as weight value of different factors without scientific basis, which could provide reference for similar projects.

Key words: utility tunnel planning; multi-factor analysis; multiple linear regression; weight method

1 概述

近几年综合管廊在我国得到了快速发展,对提高城市基础设施建设及管理水平起到积极推动作用,但综合管廊作为集约综合利用地下空间的基础设施,其建设投资大、生命周期长^[1],因此,综合管廊规划路径的选择显得尤为重要。但目前国内很多管廊规划是基于政策和规范定性确定管廊规划路径^[2],尚未进行定量研究。笔者总结近年来参与管廊规划案例经验和参照国内外同类项目经验,以河南濮阳市地下综合管廊规划为例,引入多因素分析法科学合理地确定综合管廊的规划路径,针对不同

因素权重值采用经验值而未找到科学依据的问题,提出了基于线性回归的权重求解法,可为类似工程提供参考。

2 多因素分析法的应用

2.1 多因素分析法概述

多因素分析是一种定量分析方法,主要是指根据价值工程对象应考虑的各种因素,在分析人员的知识和经验的基础上,采用统计指标体系分析各种因素对现象总变化的影响程度,对研究对象进行综合研究和确定。多因素分析法的使用使得研究人员能够简化一组反映事物本质、状态和特征的变量,使

之成为反映事物内在联系的几个因素,并确定事物的本质特征。

2.2 多因素分析法的应用

2.2.1 濮阳管廊规划范围

濮阳市管廊规划范围共 5 个区域(见图 1),建设用地面积 140 km²。

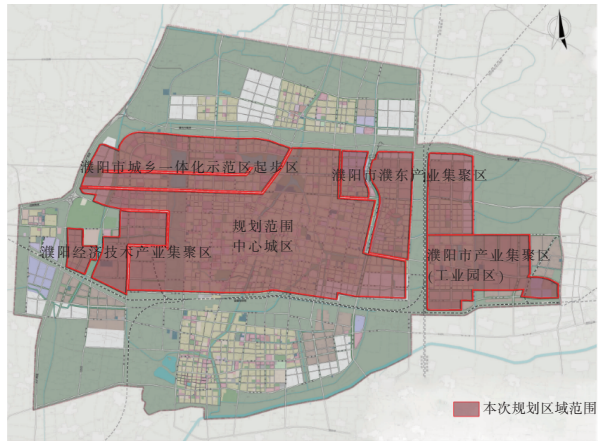


图 1 规划范围各区分布

Fig.1 Distribution of districts in the planning area

2.2.2 濮阳规划和现状条件

濮阳上位规划和现状资料齐全,管廊规划编制以城市总体规划为指引,并与经济技术开发区、城乡一体化示范区(起步区)、产业集聚区(工业园区)、濮东产业集聚区等区域性控制性详细规划、空间规划、轨道交通规划、相关市政管线专项规划、现状道路、现状管线资料等相衔接,确保可因地制宜进行管廊规划研究。

2.2.3 多因素分析法的模型构建

根据管廊政策文件、规范和濮阳各上位规划、现状资料等,将影响管廊规划路径的因素归纳为 6 个,分别为用地功能与强度、管线重要度、道路等级与建成度、地下开发情况、交通路况、景观功能^[3],并将搜集到的濮阳规划和现状资料整合后融入到这 6 个因素中。

多因素分析法构建评价模型如下:

$$S = \sum_{i=1}^n W_i X_i (i=1,2,3,\cdots,n)$$
 (1)

式中 S——综合管廊适建路径综合评价指数

W_i——第 i 种评价因子的权重

X_i——第 i 种评价因子的得分

n——参与评价的因子数量

评价因子分档及权重见表 1。

表 1 评价因子分档及权重

Tab.1 Grading and weight of evaluation factor

评价因子	权重	指标含义	分档依据	单项评分
用地功能与强度	0.30	道路两侧相邻地块用地容积率	>7	10
			5~7	7
			2~5	4
			<2	2
管线重要度	0.25	综合考虑现状、规划管线数量和管径规模(主干管线走向)	≥6	10
			4~5	7
			2~3	4
			1	2
道路等级与建成度	0.15	现状、规划、拟改造道路建设情况(次干路以上等级道路管线增容需求较大,路幅较宽适宜管廊建设)	规划和拟改造主干路及以上等级道路	10
			规划和拟改造次干路	7
			已建主干道路	4
			已建次干道路	2
地下开发情况	0.10	地下空间开发强度,根据上位规划中关于地下空间的不同开发强度,对相邻道路进行赋值	高强度	10
			中等强度	7
			低强度	3
交通路况	0.10	交通量大的地区路网稳定性较高,减少道路开挖造成的交通堵塞,根据上位规划进行交通量模拟,用道路饱和度反映	0.8~0.9	10
			0.6~0.8	7
			0.3~0.6	4
			0~0.3	2
景观功能	0.10	按照上位规划确定是否作为景观道路,优美景观风貌的载体(沿景观道路设置高压电力架空线路或由于管线增容反复开挖道路会极大影响景观价值)	是	10

需要注意的是:

① 该分析方法适用于干线、干支线混合型和支线综合管廊路由布局,缆线管廊可以只分析“管线重要度”,进行单因素分析。

② 每个评价因子都以道路上两个路口间为一个计算单元,即每段道路(两个路口间)都进行了评价因子的分段计算。

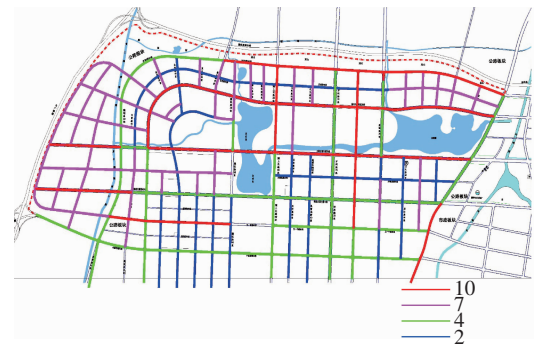
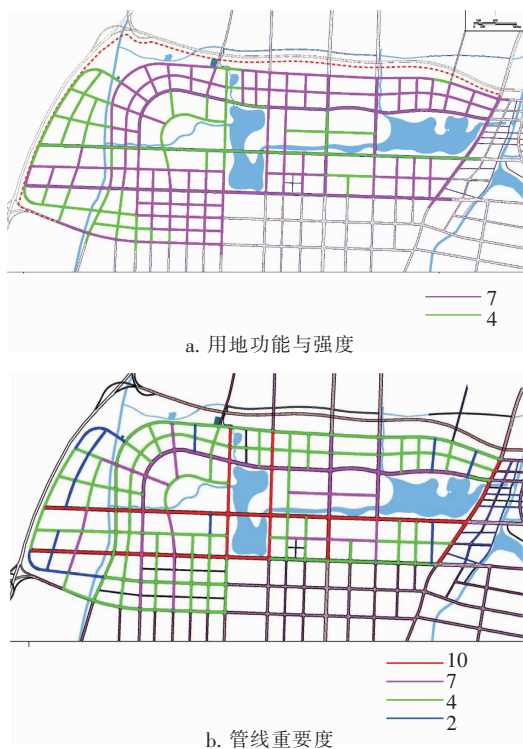
③ 该工程案例涉及到以上评价因素,其他工

程案例可根据项目需求增加分析评价因素,进行更加深入的管廊规划分析。

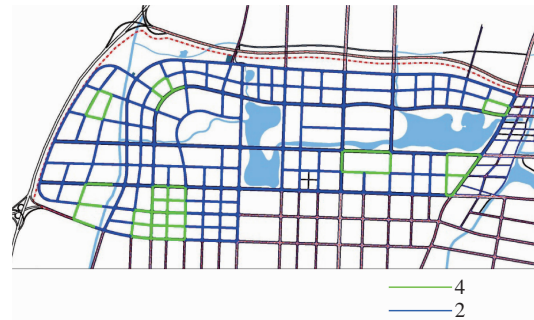
④ 利用多因素分析法所得结果进行适建性分析时,目前尚未有较好的方法。该工程案例按照如下操作进行:a. 单因素打分,分为4个级别(适宜性、较适宜性、可建设、不可建设,分别与单项评分10、7、4、2一一对应);b. 计算单因素每个级别得分占该因子总得分的比例;c. 这个比例乘以该评价因子的权重,将每个级别的多因素加权求和,得到多因素的适建性比例;d. 对多因素分析结果按照最终适建性评分排序,按得到的多因素适建性比例划分适建性等级,即适宜建设、较适宜建设、可建设和不宜建设。

2.2.4 在起步区的应用

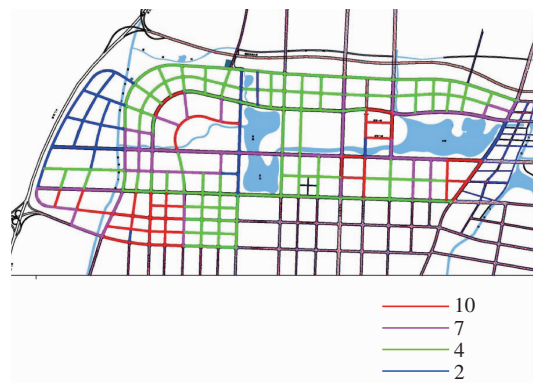
城乡一体化示范区的起步区为中原经济区东北部的重要商务金融中心,集行政商务办公、教育科研、休闲旅游、生态居住功能于一体,规划总用地为3 049.86 hm²,居住人口规模为27万人,规划结构为“两带连三区,两轴串四心”,其中两带:东西湖生态景观带、龙山生态景观带;三区:城市公共活力区、教育科创综合区、生态宜居休闲区;两轴:东西湖公共服务轴、开州路城市发展轴;四心:公共服务核心、生态休闲中心、文化休闲中心、教育服务中心。采用多因素分析法对该区管廊规划路径进行科学分析,各因素分档评分见图2。



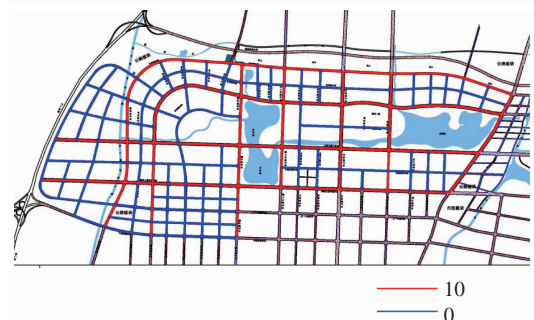
c. 道路等级与建成度



d. 地下开发情况



e. 交通路况



f. 景观功能

图2 用地功能与强度、管线重要度、道路等级与建成度、地下开发情况、交通路况和景观功能分档评分

Fig. 2 Grading chart of land function and intensity, pipeline importance, road grade and completion, underground development, traffic condition and landscape function
规划路径评价见图3。

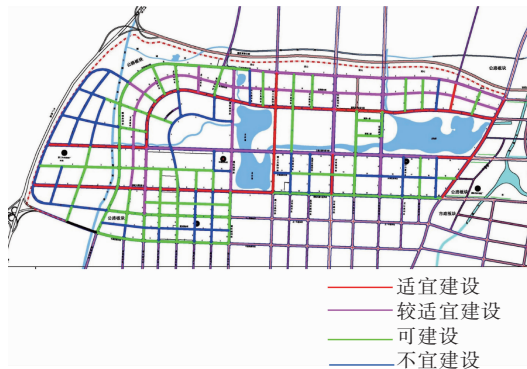


图3 综合管廊规划路径评价

Fig.3 Evaluation chart of utility tunnel planning path

根据多因素分析法模型分析,适宜建设的占12.8%,较适宜建设的占12.55%,可建设的占52.08%,不宜建设的占41.05%,在适宜建设和较适宜建设的道路上进行综合管廊规划,确定在卫都大道、绿城路、龙泽大街、京开大道、濮上北路、智诚路、开州路等道路上适宜进行综合管廊建设(见图4),将分析结果提交给建设单位,建设单位认为多因素分析的结果符合起步区管廊的实际建设情况,可在这些道路上进行综合管廊的规划。

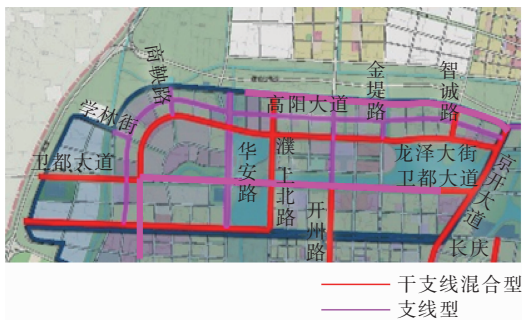


图4 起步区综合管廊规划路由

Fig.4 Planning route of utility tunnel planning in starting district

同样采用多因素分析对中心城区、经济技术开发区、产业集聚区(工业园区)和濮东产业集聚区的管廊规划进行系统布局。

2.3 多因素分析法应用中存在的问题

多因素分析法在濮阳综合管廊规划应用中,不同因素分档的量化评分通过文献综述法、专家评分法、交通流量模拟算法进行确定^[3],但各个因素的权重是经验值,当时尚未找到科学依据,因此,亟需寻找一种科学的方法来定量验证评价不同影响因素的权重值。

3 权重求解方法研究

鉴于综合管廊影响因素权重值的经验性,提出基于多元线性回归的权重求解法,以定量评价管廊规划中各影响因素的权重值。

3.1 算法概述

线性回归是一种统计分析方法,利用数理统计中的回归分析来确定两个或多个相互依赖的变量之间的定量关系。在该案例中包括多个自变量,若认为管廊路径最终评分与各个因素间为线性关系则可认为本问题为多元线性回归分析问题。利用多元线性回归算法可以得到与管廊规划路径有关的各个因素的重要程度,即各个因素的打分所占最终管廊规划路径评估得分的权重大小。该算法简单明了,运算时间快,对于线性问题表现良好。

3.2 基于线性回归的权重求解法建模

建立线性回归方程:

$$h_w(x^i) = w + w_1x_1 + w_2x_2 + \cdots + w_6x_6 \quad (2)$$

以矩阵形式表示为:

$$h_w(x^i) = WX \quad (3)$$

得到该线性函数的最小二乘法求损失函数的数学形式:

$$L(w) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 (h_w(x^i) - y^i)^2 \quad (4)$$

将损失函数转换为矩阵形式:

$$L(w) = \frac{1}{2} (XW - Y)^T (XW - Y) \quad (5)$$

对其求导:

$$\frac{\partial L}{\partial w} = \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial W} (W^T X^T XW - W^T X^T Y - Y^T XW + Y^T Y) = X^T XW - X^T Y$$

令上式为0,得到损失函数的驻点,在该点损失函数值最小,线性回归结果最为准确,可求得权重值矩阵为:

$$W = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (6)$$

3.3 基于线性回归的权重求解的编程实现

以濮阳管廊规划为例,利用Python语言进行线性回归算法的编写与调试,由于该案例数据量不大,且线性回归算法结构简洁,对于集成开发环境的要求并不高,故选用Jupyter Notebook编写算法并进行训练,利用pandas工具进行原始数据的读写,原始数据保存为CSV格式,以便于读写和调用。在算法中将原始数据分为200组7维行向量作为训练集,

其中每个行向量的第一条数据为最终规划路径评分;90组6维行向量作为测试集,将程序所求得的权重导入该90组数据中所得到的适建性得分与该道路原始得分进行对比,得到算法的偏差程度(放入290组数据表,尝试修改结果)。

具体操作过程如下:

① 导入 Numpy 库并从 Numpy 库中导入 genfromtxt 工具作为读取原始数据的工具,从 sklearn 库中导入 linear_model 工具作为线性回归部分的主程序。这样,导入库及工具的准备工作完成。

② 读取原始数据。读取事先处理好的 CSV 格式数据,由于 CSV 格式数据为用逗号分割的数据,故需利用 genfromtxt 工具将原始数据分割成为算法可以识别的数据,即为 Numpy Array 格式。读取完成后将数据导出,确保数据读取过程无误。

③ 读取自变量及因变量。此时原始数据为 Numpy Array 格式的数组,并未分割为自变量,故需要向程序表明有哪些数据为自变量,哪些数据为因变量,在该过程中使用 deliveryData 工具读取每个向量中的相应数据。

④ 导入 linear_model 工具,并选用 linear_model 工具中的 LinearRegression 模块作为线性回归的主模块,将自变量与因变量的数据装配到 LinearRegression 工具中,利用 LinearRegression 工具拟合自变量与因变量的关系,并将拟合的相关信息导出。

⑤ 将最终所得的权重及截距数据导出,完成计算。

3.4 计算结果

由于样本的线性特点显著,计算中得到了很准确的各个因素权重值。该权重值在测试集中表现同样优秀,若自变量与因变量之间的线性关系不显著,则该算法难以得到令人满意的结果。算法求得的各个影响因子权重分别为 0.3、0.25、0.15、0.1、0.1、0.1,截距为 8.9×10^{-16} ,可以按 0 考虑。

基于线性回归的权重求解法计算出的权重值与经验值一致,为多因素分析法在管廊规划中应用的权重值提供了科学的参考。

4 结论

综合管廊作为集约综合利用地下空间的基础设施,其建设投资大、生命周期长,因此综合管廊规划路径的选择显得尤为重要。以河南濮阳市地下综合

管廊规划为例,引入多因素分析法来科学合理地确定综合管廊的规划路径,构建了评价模型,将影响管廊规划路径的因素归纳为 6 个,通过文献综述法、专家评分法、交通流量模拟算法对不同因素进行分档的量化评分。针对不同因素权重值采用经验值而未找到科学依据的问题,提出了基于多元线性回归的权重求解法,其计算出的权重值与经验值一致,为多因素分析法在管廊规划中应用的权重值提供了科学的参考。

参考文献:

- [1] 刘应明,何瑶,张华. 共同沟规划设计中相关问题分析[J]. 土木建筑与环境工程,2011,33(2):94-97.
Liu Yingming, He Yao, Zhang Hua. Study on some relevant problems of planning and design of utility tunnel[J]. Journal of Civil Architectural & Environmental Engineering,2011,33(2):94-97(in Chinese).
- [2] 詹洁霖. 城市综合管廊布局规划案例研究[J]. 城市道桥与防洪,2013(10):67-71.
Zhan Jielin. Study on layout planning cases of urban engineering tunnel[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control,2013(10):67-71(in Chinese).
- [3] 徐波. 城市地下综合管廊路径适建性评价体系研究[J]. 城市道桥与防洪,2016(9):61-64,74.
Xu Bo. Study on evaluation system for the suitability of urban utility tunnel[J]. Urban Roads Bridges & Flood Control,2016(9):61-64,74(in Chinese).



作者简介:宋欣欣(1983—),女,河北石家庄人,硕士,高级工程师,现主要从事综合管廊、水处理和给排水管网的相关研究和工程设计工作。

E-mail:Songxx_0728@163.com

收稿日期:2020-01-19