

基于运输经济性的总图方案综合评价模型

杨秋侠, 单春林, 蒋玉琼, 王耀华

(西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要:通过研究总图设计的原则与目的, 针对总图设计特点, 简化了总图布置方案的综合评价指标体系, 在此基础上建立了以总图布置运输方式经济性为对象的总图布置方案综合评价指标体系. 利用关联熵法, 结合复合物元的概念、信息理论, 确定了参加评价指标的权重, 反映了评价指标的重要性. 针对总图设计综合评价指标较多, 指标间关系复杂, 评价层次较多的问题, 以可拓设计评价方法为基础, 建立了针对总图设计的综合评价模型. 对总图设计方案经济性进行了量化分析, 从整体最优的角度反映了总图设计的水平. 结合实例, 给出了基于运输经济性的总图设计推荐方案.

关键词:总图方案设计; 可拓理论; 复合物元; 信息熵; 方案评价

中图分类号:F 224

文献标志码:A

文章编号:1006-7930(2013)06-0791-06

总图设计是工业设计的重要组成部分. 总图设计应以满足工艺流程, 节约用地, 合理安排人流、物流, 节约建设、运营费用为目标; 以场地自然条件为基础, 考虑工厂工艺, 建筑、设施之间的关系与布置要求; 在用地范围内合理的布置厂房建筑、道路、管线以及相关设施^[1]. 总图设计存在的问题在实施建设后, 势必对工厂的运营成本、厂区安全性、生产效率等方面造成负面影响. 故需要在设计方案实施前, 对方案进行分析.

由于总图布置系统, 尤其是大型工厂总图布置系统十分复杂, 技术指标、评价的层次较多, 多项布置原则和布置方式均为定性描述. 且目前在进行方案比选时多采用定性评价或以定性评价为基础量化指标进行方案评价. 定性评价方法在方案评价时不能排除参评人员个人喜好对评价结果的影响, 最终取舍依赖主观判断, 缺乏科学性和客观性^[2]. 尤其当各个参评方案的布置方案比较接近的时候, 很难进行准确评价.

定性评价常不能准确描述方案优劣程度^[3], 可以采用模糊数学方法^[4]和灰色关联法^[5]减少人为因素对评价结果的影响. 为了解决评价指标体系过大的问题, 有学者通过提取分析代表性指标判断总图方案的经济性^[6-7], 从经济性的角度分析总图设计优劣. 这些方法在实际的应用中都取得了良好的效果, 但计算过程较为复杂, 模糊算法的使用还存在矩阵是否收敛的问题.

总图方案中, 工厂运输经济性是评价总图设计方案好坏的重要指标. 为保证工厂运输的经济性, 要求合理组织生产物流、人流, 而人流、物流的组织依赖于道路、铁路等基础设施的布置. 道路、铁路等基础设施的性质决定这些设施一旦建设完成很难修改变动. 同时, 所选运输方式的建设成本和运营费用可以反映在工厂内厂房间距、物流安排的顺势程度等方面. 在总图布置满足安全距离、生产功能等必须满足的要求之后, 运输经济性的优化是方案布置的重点. 基于文献^[6]的研究, 工厂运输经济性可以反映总图布置的优化程度, 本文以运输经济性的评价结果反映总图设计方案的优劣.

可拓设计的评价方法是建立在可拓集合论基础上的评价方法^[8], 该方法以物元理论为基础, 借助物元的可拓性^[9]可以准确描述参评方案的特点和性质. 通过关联函数与指标函数的计算, 量化的描述评价目标, 得出推荐方案. 已有基于物元理论对总图方面问题的研究^[10-11]取得了很好的效果. 信息熵在信息论中代表某事件所含有自信息量的数学期望, 可以代表某事件所提供的信息量. 方案评价中某项指标提供的信息越多, 对决策的影响程度就越大. 根据信息熵的性质, 信息熵值可以作为方案评价的一个理想

收稿日期: 2013-06-09 修改稿日期: 2013-11-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(E080510); 西安建筑科技大学基础研究基金资助项目(JC1104)

作者简介: 杨秋侠(1970-), 女, 陕西高陵人, 博士, 副教授, 从事工业运输与总图布置的研究与教学.

尺度^[12-13],可以作为确定指标权重的参考.本文在总图设计方案评价中针对总图布置的特点,建立了描述总图设计方案的复合物元.通过对指标相应信息熵的计算,计算出各评价指标的权重,给出了参评方案的量化评价.最后根据量化数据,为决策者提供决策参考.

1 评价指标体系

1.1 指标体系的分析

在进行总图设计评价时,评价指标通常分为定性评价指标和定量评价指标.其中定性指标常用语言分析,难以量化标准.为了对工厂布置进行准确的模拟评价,现将评价指标分为两类:第一类为相关规范、布局原则强制要求的指标,记为 CL .工厂布置必须满足工厂生产工艺,同时还需要满足工业总图设计的相关规范要求,如绿化面积、设施配置情况等.这些指标可分为满足或不满足要求两种情况,由0—1函数描述.值取1表示符合指标要求,值取0表示不符合指标要求.第二类是运输距离、路线、经营成本等非强制要求,记为 C .这些指标通常可以分为成本型指标和效益型指标.

方案评价时须对两类指标同时考虑.在满足第一类强制要求的情况下,尽量使第二类指标达到最优.所有参评方案的第一类指标必须满足要求,方案的评价主要考虑第二类指标.

1.2 指标体系的确定

考虑强制要求和运输经济性^[6],建立评价指标体系如表1:

表1 总图布置评价指标体系表
Tab.1 Indices of transport layout grade evaluation

指标名	符号	指标描述
强制要求指标		
用地规模要求	CL_1	设计方案是否超出用地规模,红线
设施配置要求	CL_2	方案设施配置是否满足生产工艺需求
安全距离要求	CL_3	设施间安全距离是否满足规范要求
绿化系数要求	CL_4	绿化系数是否满足规范要求
通道距离要求	CL_5	通道设置是否满足交通,消防要求
非强制要求指标		
铁路经济指标	$C_1 C_2 C_3 C_4 C_5$	分别表示厂区铁路运输的基建成本,使用年限内运营费用,铁路单位运价,单位产品铁路长度,铁路运输量距积
道路经济指标	$C_6 C_7 C_8 C_9 C_{10}$	分别表示厂区道路运输的基建成本,使用年限内运营费用,单位运价,单位产品道路长度,道路运输量距积
带式经济指标	$C_{11} C_{12} C_{13} C_{14} C_{15}$	分别表示厂区带式运输的基建成本,使用年限内运营费用,单位运价,单位产品带式运输长度,带式运输量距积
管道经济指标	$C_{16} C_{17} C_{18} C_{19} C_{20}$	分别表示厂区管道运输的基建成本,使用年限内运营费用,单位运价,单位产品管道长度,管道运输量距积
其他经济指标	$C_{21} C_{22} C_{23} C_{24} C_{25}$	分别表示厂区其他运输方式的基建成本,使用年限内运营费用,单位运价,单位产品其他运输方式长度,其他运输方式运输量距积

2 评价模型

2.1 建立复合物元

总图布置方案是一个整体,其各项指标组成一个系统.各项指标之间相互影响的方式较为复杂:在厂区总运量一定的情况下,若某种运输方式承载了较多的运量,一般情况下这种运输方式需要的基建成本就会增加,相应其他运输方式承载的运输量减少,其他运输方式的基建费用便会降低.某种运输方式的基础建设不但取决于其承载运输量的大小,还与该运输方式布置的顺适程度有关,不合理的布局设计会导致设施建设费用增加,运营费增加.评价方案布置时,并没有一个简单的函数来表示各项指标间的关系.根据可拓学^[14]的基本理论,利用物元的可拓性可以解决上述问题.故选用复合物元^[13]来描述参选方案,可以集中表示各方案的指标特性.

设某次评价,共有 p 个参评方案,参选方案集记为 N ,每个参评方案由 q 项指标来描述,其中 i 项强制要求指标, $p-i$ 项非强制要求指标.由各指标建立用于方案评价的复合物元,记为 N_{pq} ,即:

$$N_{pq} = \begin{bmatrix} & N_1 & N_2 & \cdots & N_p \\ CL_1 & x_{1,1} & x_{2,1} & \cdots & x_{p,1} \\ CL_2 & x_{1,2} & x_{2,2} & \cdots & x_{p,2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ CL_i & x_{1,i} & x_{2,i} & \cdots & x_{p,i} \\ C_{i+1} & x_{1,i+1} & x_{2,i+1} & \cdots & x_{p,i+1} \\ C_{i+2} & x_{1,i+2} & x_{2,i+2} & \cdots & x_{p,i+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_q & x_{1,q} & x_{2,q} & \cdots & x_{p,q} \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中: N_i 表示第 i 个参选方案; CL_i 表示参选方案第 i 项强制要求指标,为 0—1 变量; C_{i+j} 表示第 j 项非强制要求指标; $x_{i,j}$ 表示第 i 个方案的第 j 项指标的数值.

2.2 首次评价

根据强制要求指标集 CL 进行初次评价.本指标集中所列指标为 0—1 函数,描述参评方案必须满足的指标.初次评价应删去不符合强制要求的参评方案,这些方案无论指标多么优秀,由于不符合最基本的规范安全要求,均应被舍去.对于任意参评方案 N_m ,满足 $\forall x_{m,n} = 1 (n = 1, 2, \dots, i)$,则该方案从参选方案集 N 中被提出,所有被提出的参评方案组成二次参评方案集 R ,取 R 中所有方案的非强制指标,组成新的复合物元^[15],记为 R_{mn} .

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & x_{1,1} & x_{2,1} & \cdots & x_{m,1} \\ C_2 & x_{1,2} & x_{2,2} & \cdots & x_{m,2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & x_{1,n} & x_{2,n} & \cdots & x_{m,n} \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中: M_i 表示第 i 个参选方案; C_i 表示第 i 项非强制要求指标; $x_{i,j}$ 表示第 i 个方案第 j 项指标的取值.

2.3 标准化处理

由于构建指标集时考虑运输经济性,选取的指标为成本型指标,分别按固定型指标和区间型指标分别进行标准化.根据交通工程基本原理,交通流量 Q 与密度 K 为二次函数关系 $Q = Kv_f(1 - \frac{K}{K_j})$.单位重量运价取决于物料运输顺畅程度:若某一物料运输组织不顺畅,则该物料在路上运行时间加长,同时会影响其他物料的运输在该线路上的运输情况.这类指标对应的惩罚性应该增加.本文选取的评价指标均为极小型指标,各个指标数量级不尽相同,考虑对指标进行无量纲化处理.量距积和运价与交通量由式(3)进行标准化处理.其他指标根据式(4)~(5)标准化处理(假设参选方案均由设计人员精心设计,总体比较合理,没有致命错误).

$$\alpha_j = \min x_{i,j} \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

$$\alpha_{i,j} = \frac{\alpha_j^2}{x_{i,j}^2} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

$$\alpha_{i,j} = \frac{\alpha_j}{x_{i,j}} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (\text{成本型指标}) \quad (4)$$

$$\alpha_{i,j} = \begin{cases} \frac{\frac{1}{2}(v_2 - v_1)}{\max\{v_1 - x_{i,j}, x_{i,j} - v_2\} + \frac{1}{2}(v_2 - v_1)} & x_{i,j} \notin [v_1, v_2] \\ 1 & x_{i,j} \in [v_1, v_2] \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (\text{区间型指标,区间为 } [v_1, v_2]) \quad (5)$$

经标准化处理,得 m 个参评方案的复合物元 $R_{\sim mm}$:

$$R_{\sim mm} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & \alpha_{1,1} & \alpha_{2,1} & \cdots & \alpha_{m,1} \\ C_2 & \alpha_{1,2} & \alpha_{2,2} & \cdots & \alpha_{m,2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n & \alpha_{1,n} & \alpha_{2,n} & \cdots & \alpha_{m,n} \end{bmatrix} \quad (6)$$

2.4 确定优劣

总图布置方案中各项指标之间的影响关系复杂,须从整体最优角度考虑,不能局限于某几项指标.关联熵法通过计算指标间关联度及熵反映不同指标的相互关系,可以体现方案指标的均衡性.本文使用关联熵法确定指标权重:

关联度的计算使用灰色系统中关联度计算公式如下:

$$\gamma_{i,j} = \frac{\min_i \min_j |\mu_{i,j} - \mu_{0,j}| + \zeta \max_i \max_j |\mu_{i,j} - \mu_{0,j}|}{|\mu_{i,j} - \mu_{0,j}| + \zeta \max_i \max_j |\mu_{i,j} - \mu_{0,j}|} (\zeta \in (0,1)) \quad (7)$$

(ζ 取 0.5, $\mu_{0,j} = \max_i \mu_{i,j}$ ($j = 1, 2, \dots, n$))

根据信息论中最大离散熵定理,当各个符号出现概率相等时熵最大,值为 $H_{\max} = \ln M$. 则某指标 C_j 对应的信息熵如下:

$$F_j = K \sum_{i=1}^m f_{i,j} \ln f_{i,j} \quad (8)$$

其中 $K = -(H_{\max})^{-1}$, ($M = n$), $f_{i,j} = \frac{\zeta_{i,j}}{\sum_{i=1}^m \zeta_{i,j}}$ ($j = 1, 2, \dots, n$), 偏差度为 $d_j = 1 - F_j$,

指标 C_j 的权重系数如下:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n k_j} \quad (9)$$

总图布置评价指标权重物元 R_{wj} 为:

$$R_{wj} = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & \cdots & C_n \\ w & w_1 & w_2 & \cdots & w_n \end{bmatrix} \quad (10)$$

计算信息熵时,变量为每个信源出现的概率.每项指标标准值和权重乘积的大小对应其出现的概率,大小为 $P(w_j \mu_{i,j}) = \frac{w_j \mu_{i,j}}{\sum_{j=1}^n w_j \mu_{i,j}}$.

最终总图布置评价的复合关联熵物元 $R_{\sim mH}$:

$$R_{\sim mH} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_i & \cdots & M_m \\ H & H_1 & H_2 & \cdots & H_i & \cdots & H_m \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} M_1 & \cdots & M_i & \cdots & M_m \\ H & -\sum_{j=1}^n P(w_j \mu_{1,j}) \ln P(w_j \mu_{1,j}) & \cdots & -\sum_{j=1}^n P(w_j \mu_{i,j}) \ln P(w_j \mu_{i,j}) & \cdots & -\sum_{j=1}^n P(w_j \mu_{m,j}) \ln P(w_j \mu_{m,j}) \end{bmatrix} \quad (11)$$

由熵值的定义可知,熵值越大表示工厂总图布置越合理,经济性越好.故以熵值大小对参评方案进行排序并给出推荐方案.

3 应用分析

考虑为某钢铁厂 12 个总图设计方案进行评价推优.

根据方案数据建立复合物元 N_{pq} . 对复合物元进行首次评价,生成新的复合物元 R_{mm} ,新的复合物元中排除了两个未满足强制要求的方案.根据(3)~(5)式对复合物元 R_{mm} 进行归一化处理,得到 10 个

参评方案的复合物元 $R_{\sim mm}$.

$$R_{\sim mm} = \begin{bmatrix} 0.099\ 2 & 0.200\ 0 & 0.098\ 4 & 0.077\ 2 & \cdots & \cdots & 0.056\ 6 & 1.000\ 0 & 0.056\ 2 & 0.098\ 4 \\ 0.403\ 8 & 0.218\ 8 & 1.000\ 0 & 0.304\ 3 & \cdots & \cdots & 0.230\ 8 & 0.512\ 2 & 0.295\ 8 & 0.583\ 3 \\ 0.169\ 6 & 0.604\ 9 & 0.163\ 1 & 0.486\ 7 & \cdots & \cdots & 0.111\ 1 & 1.000\ 0 & 0.911\ 2 & 0.360\ 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0.271\ 2 & 1.000\ 0 & 0.564\ 0 & 0.166\ 3 & \cdots & \cdots & 0.323\ 4 & 0.1885\ 0 & 0.705\ 0 & 0.282\ 0 \\ 0.072\ 0 & 0.072\ 0 & 0.210\ 1 & 0.257\ 0 & \cdots & \cdots & 1.000\ 0 & 0.0554\ 8 & 0.078\ 7 & 0.033\ 6 \\ 0.342\ 9 & 0.480\ 0 & 0.250\ 0 & 0.193\ 5 & \cdots & \cdots & 0.184\ 6 & 0.6666\ 7 & 0.800\ 0 & 0.375\ 0 \\ 0.001\ 8 & 1.000\ 0 & 0.000\ 9 & 1.000\ 0 & \cdots & \cdots & 0.033\ 3 & 0.3600\ 0 & 0.016\ 2 & 0.001\ 0 \end{bmatrix} .$$

对复合物元 $R_{\sim mm}$ 由(7)(8)(9)(10)计算,得到 25 个指标的权重,12 个方案按得分依次为:

$$R_{wj} = \begin{bmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & \cdots & C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} \\ w & 0.040\ 3 & 0.039\ 1 & 0.039\ 9 & 0.039\ 1 & 0.040\ 7 & \cdots & 0.038\ 9 & 0.039\ 5 & 0.040\ 1 & 0.039\ 4 & 0.042\ 2 \end{bmatrix}$$

根据式(11)计算得到 12 个参评方案评价结果,如表 2:

表 2 总图布置评价结果
Tab.2 Synthetic evaluation results of general transport layouts

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
得分	排除	排除	2.799	2.814	2.798	2.805	2.843	2.794	2.721	2.837	2.661	2.664

参加评价的总图方案最终评价排序为:方案 7,方案 10,方案 4,方案 6,方案 3,方案 5,方案 8, 方案 9, 方案 12, 方案 11,方案 1 方案 2 没有通过初次评价,排除.

方案 7 为最佳方案,方案 11 为最差方案.对比方案 7、方案 10、方案 4 的基础数据可得,三个方案各项指标较为均衡,各种运输方式比例协调,布置顺适,总体单位运价,投资和运营费用较合适.虽然有些指标(R_{mm} 中 7 列 25 行,10 列 15 行)低于平均值,但从总体经济性的角度来讲这三个方案都是比较合适的,优于其他方案,计算结果与实际情况吻合.

4 结 语

总图方案实施建成后再进行改动非常困难,改变布局成本较大.为了使项目建成后总体效益达到最优,在总平面布置实施前需要对其布置水平进行分析评估,选取最优的设计方案实施建设.所以,在项目建设前对其总平面布置进行评价十分必要.本文对评价指标筛选,选取代表性指标建立以总图布置运输方式经济性为对象的评价指标体系,解决了总图方案评价指标过多且有指标难以量化分析的问题.对参评方案进行筛选,仅对筛选后保留的方案进行评价.将可拓评价方法和关联熵法应用于总图布置的评价,解决了评价指标之间关系复杂,量化描述各项指标比较困难的问题.对参评方案进行了量化分析,通过得分描述了各参评方案间的差距.实例分析表明,本评价方法步骤清晰,算法高效、稳定性好,评价结果符合实际情况.相比以往定性分析的方法,本方法结果客观,避免了人为因素对评价结果的干扰.在方案布置较为接近,人为判断方案优劣较为困难时,本方法效果尤为出色.最终为决策者提供了参评总图方案的排序,给出了推荐方案,为决策提供参考.

参考文献 References

[1] 雷 明. 工业企业总平面设计[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1998.
LEI Ming. The General Layout System in industry [M]. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Publishing House,1988.

[2] 王秋平,吴进朴,张 琦,等. 基于灰色关联分析法的总图设计方案评价[J]. 兰州理工大学学报,2009, 35(3):131-133.
WANG Qiu-ping, WU Jin-pu, ZHANG Qi, et al. Projects evaluation of general layout design based on grey inci-

- dence analysis method [J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2009, 35(3): 131-133.
- [3] HATZOPOULU M, MILLER E J. Transport policy evaluation in metropolitan areas: The role of modeling in decision making [J]. Transportation Research Part A, 2009, 43(2): 323-338.
- [4] 李振福. 基于可拓模糊层次分析法的城市交通文化系统评价[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(3): 45-53.
LI Zhen-fu. Value of urban communication culture system based on extension fuzzy AHP method [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2009, 39(3): 45-53.
- [5] 胡启洲, 张卫华. 城市公交线网优化的灰色关联度决策模型[J]. 系统工程学报, 2007, 22(6): 607-612.
HU Qi-zhou, ZHANG Wei-hua. Grey related degree model for the optimization of urban public transport network [J]. Journal of Systems Engineering, 2007, 22(6): 607-612.
- [6] 杨秋侠, 左精力. 钢铁企业厂内运输方式经济性模糊分析[J]. 四川建筑, 2012, 32(3): 307-311.
YANG Qiou-xia, ZUO Jing-li. Fuzzy appreciation on factory transportation [J]. Sichuan Architectural, 2012, 32(3): 307-311.
- [7] 颜辉. 周转量在物流运输成本分析中的应用[J]. 工业工程, 2010, 13(1): 108-111.
YAN Hui. Material Handling Cost Analysis in Facility Layout Design Based on Turnover Volume [J]. Industrial Engineering Journal, 2010, 13(1): 108-111.
- [8] 赵燕伟, 苏楠. 可拓设计[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
ZHAO Yan-wei, SU Nan. Method of Extension Design [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [9] 应时彦, 汪胜, 殷建军. 基于物元可拓性的配置规则衍生技术[J]. 浙江大学学报: 工学版, 2010, 44(6): 1113-1117.
YING Shi-yan, WANG Sheng, YIN Jian-jun. Derivation technology of product configuration rule based on extension of matter-element [J]. Journal of Zhejiang University: Engineering Science, 2010, 44(6): 1113-1117.
- [10] 陈大鹏, 杨国英, 宋康. 基于AHP的物元分析法在厂址最优位置评价及选择中的应用[J]. 兰州理工大学学报, 2012, 38(5): 129-132.
CHEN Da-peng, YANG Guo-ying, SONG Kang. Application of AHP-based matter element analysis to evaluation and selection of optimal plant location [J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2012, 38(5): 129-132.
- [11] 张琦, 王秋平. 基于可拓工程理论的工业企业总图设计方案评价[J]. 工业工程, 2012, 15(3): 110-114.
ZHANG Qi, WANG Qiu-ping. Evaluation of Factory Layout Schemes Based on Extension Engineering Theory [J]. Industrial Engineering Journal, 2012, 15(3): 110-114.
- [12] 张志峰, 肖人彬. 基于熵模型的生产物流系统运行评价[J]. 计算机集成制造系统, 2010, 16(4): 810-816.
ZHANG Zhi-feng, XIAO Ren-bin. Operation evaluation of production logistics system based on entropy model [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2010, 16(4): 810-816.
- [13] 胡启洲, 陆化普, 蔚欣欣, 等. 基于关联熵与复合物元的公交系统综合测度模型[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(1): 186-192.
HU Qi-zhou, LU Hua-pu, YU Xin-xin, et al. Compressive measurement of urban public traffic system based on relational entropy anti complex matter element [J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2011, 31(1): 186-192.
- [14] 蔡文, 杨春燕, 王光华. 一门新的交叉学科: 可拓学[J]. 中国科学基金, 2004, 18(5): 268-272.
CAI Wen, YANG Chun-yan, WANG Wen-hua. A new cross subject-extenics [J]. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2004, 18(5): 268-272.
- [15] 张锦华, 门宝辉, 张新全, 等. 基于信息熵的天然草地综合评价的模糊物元分析法[J]. 山地学报, 2003, 21(S1): 64-68.
ZHANG Jin-hua, MEN Bao-hui, ZHANG Xin-quan, et al. Fuzzy Matter Element Analysis of Grassland Types Based on Information Entropy [J]. Journal Of Mountain Science, 2003, 21(S1): 64-68.

(下转第 802 页)

- [10] TSUI Y, CHENG Y M. A Fundamental Study of Braced Excavation Construction[J]. Computer and Geotechnics, 1989, 105(4): 481-498.

Optimal selection of deep foundation pit support program based on AHP and grey system

SA Li-wei¹, LIU Zhi-zhong², YAN Zeng-feng¹

(1. School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: As a complex systems complex engineering, many factors should be taken into consideration: project cost, quality, progress and environment around foundation pit and so on. On the basis of the grey system theory, the main factors that influence the deep foundation pit supporting selection is analyzed. First the membership degree according to the membership function is obtained. Then the weight of each factor by using analytic hierarchy process is acquired, and the weight of each factor, multiplied and summed up. Lastly, the comprehensive evaluation index of the supporting solution, is arrived at to provide theoretical basis for selecting the foundation pit supporting solution.

Key words: *deep foundation pit support; AHP; grey system; membership; evaluation index*

Biography: SA Li-wei, Associate Professor, Candidate for Ph. D., Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-29-82205881, E-mail: xaslw@126. com

(上接第 796 页)

Evaluation method for general transport layout based on economic analysis of transportation

YANG Qiu-xia, SHAN Chun-lin

(School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: On the basis of the general transport layout principles and objective, characteristics of transport layout and economic analysis, the general transport layout evaluation system is set up. Adopted is the complex matter-element model, information theory, extension method and the partial entropy to determine the weight of the evaluation index. Aiming at the complex numerous indexes and correlations among them, considering each factor of the general transport layout, a new transport layout evaluation method is established. The economic conditions of transports is analyzed integrally, and a quantitative analysis of transport layout is made. A case study is conducted, and the economies global optimal option is selected by means of comparison.

Key words: *general transport layout; extension method; complex matter-element; comentropy; scheme evaluation*

Biography: YANG Qiu-xia, Ph. D., Associate Professor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-13772537676, E-mail: 1071277061@qq. com