

# 大型园林工程设计进度管理方法研究

王 坚<sup>1</sup>, 林冬青<sup>2</sup>

(1. 浙江金桂园工程公司, 浙江 温州 325400; 2. 浙江林学院 园林学院, 浙江 杭州 311300)

**摘 要:** 针对大型园林工程设计易窝工、返工的问题, 提出基于遗传算法的设计活动矩阵优化排序方法 DSM-GA, 较好的解决大型园林工程设计多专业性和活动耦合的问题, 从而减少设计循环, 提高设计效率。通过实际案例验证, DSM-GA 理顺了设计活动安排, 减少了设计循环, 提高了工作效率和效益。

**关键词:** 设计活动矩阵; 遗传算法; 园林工程设计; 设计进度管理

**中图分类号:** TU 986.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)09-0244-03

目前园林工程设计进度管理主要采用关键路线法 (Critical Path Method, CPM) 编制进度计划, 实际园林设计过程中存在假设、验算、会审和修改的耦合关系<sup>[1]</sup>。但 CPM 不许出现循环 workflow, 忽略了工程设计活动中的耦合关系, 低估了设计进度风险。

深入分析, 不难发现目前大型园林工程设计进度管理存在如下问题: 各专业任务量不一致, 意味着设计任务少时要等待, 同时早完成的设计活动又不得不根据后完成设计成果而修改; 常因各个专业之间互提资料不及时, 出现设计停滞或设计冲突; 各专业设计活动不是简单的并行工作, 是“先假设后验算再会审”的循环递进过程, 有的需要数次图纸会审、资料互提, 同时各个专业设计之间存在着紧密的耦合, 专业之间信息不协调, 容易造成返工。

## 1 设计活动矩阵建模

设计活动矩阵 (Design Structure Matrix, DSM) 是一种用矩阵来表达设计活动之间关系的分析方法, 通过分解设计过程建立依赖结构矩阵, 清晰地描述设计活动之间的信息流关系<sup>[2]</sup>。DSM 主要应用于机械产品的设计过程的建模, 目的是提高设计工作效率, 合理分配资源。定义设计活动交点为设计信息节点  $X_{rc}$ ,  $r$  代表行号,  $c$  代表列号。当  $r > c$  表示对角线左下边的设计活动, 其设计活动依赖于已经完成的设计, 信息是顺序传递;  $r < c$  表示对角线右上边的设计活动, 其设计活动依赖于未完成的设计, 设计信息逆序传递, 如图 3。设计活动优化就是调整设计活动的行 (列) 的位置, 尽可能的减少斜对角线以上的逆序设计活动或设计信息耦合范围。但 DSM 并没有提出具体的设计活动优化方法。

## 2 GA 排序优化

设计流程优化属于排序优化类问题, 采用遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 优化 DSM。以 DSM 行 (列) 为变量, 进行次序变换, 寻找适应性最好的设计活动排序, 达到优化设计进度的目的。GA 是非导数寻优方法, 对搜索空间没有要求, 鲁棒性强。GA 设计主要设计 5 个参数 (编码方式、适应函数设计、初始种群设定、种群规模和终止条件设计) 和 3 个遗传算子 (选择算子、交叉算子和变异算子)。

传统 GA 的交叉算子 (如单点交叉、双点交叉、均匀交叉) 造成个体基因不能满足排序基因唯一性。本文设计基因位交叉算子 (如图 1), 生成的后代个体的基因满足基因排序中唯一性的要求<sup>[3]</sup>。

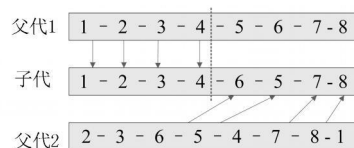


图 1 交叉方法

传统 GA 变异算子是对某个基因进行变异, 这样会导致个体中个别基因重复而其它基因缺失 (即解译为含有重复设计活动, 同时也缺少其它设计活动), 明显不适用于排序优化问题。该文采用基因位置随机交换的变异算子, 即随机选择 2 个基因并交换其位置, 生成新个体, 如图 2。

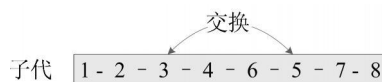


图 2 变异方法

第一作者简介: 王坚 (1975-), 男, 浙江平阳人, 硕士, 工程师, 现主要从事工程管理工作。

收稿日期: 2010-01-29

适应度是指个体对环境适应程度的表现, 适应度值越大, 设计活动排列越优。适应度函数值与各设计活动的位置有关。在 DSM 对角线右上方为设计活动离 DSM 对角线越近, 设计循环圈越小, 适应值高。由此, 定义适应度函数如公式 1。

$$F = 1 / \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{j-1} R_{ij} (j - i)^2 \quad (1)。$$

式中:  $F$ — 适应值,  $R$ — 相关因子, 表示设计活动  $i$  对设计活动  $j$  的设计成果的依赖程度,  $R$  取值见表 1。表 1  $R$  取值表

表 1		R 取值表			
R 值	1	0.5	0.3	0	
属性	极重要	重要	有些相关	无关联	

3 设计工期预测

在 DSM-GA 优化后的矩阵, 绘制成改进的 CPM。在改进的网络图 CPM 中就可能出现设计活动循环偶合、搭接, 因此, 设计进度工期应考虑关键设计活动持续时间, 设计信息循环流持续时间、紧前设计活动搭接和紧后设计活动搭接等<sup>[4]</sup>。改进 CPM 工期期望的计算如

公式 2。

$$T_{DSM-GA} = \sum D_p + \sum T_c (1 - p_c) + \sum_{i=1}^{n-1} (\max p_{ij} \mid j = 1, i - 1) - \sum_{i=1}^n (\min s_{ij} \mid j = i + 1, n) \quad (2)。$$

其中:  $n$ — 设计活动数量;  $D_p$ — 设计活动的持续时间;  $T_c$ — 设计循环流时间;  $P_c$ — 发生设计循环的概率;  $P_{ij}$ — 紧前活动的时间搭接;  $S_{ij}$ — 紧后活动的时间搭接。为了便于推广, 只考虑一次设计循环, 不考虑紧前紧后时间搭接, 改进型 CPM 工期包括关键活动的持续时间和一次设计循环时间, 如公式 3。

$$T_{DSM-GA} = \sum D_p + \sum T_c \quad (3)。$$

4 实例研究

该文以温州珊溪水库公园设计为研究案例。通过相关专家访谈, 分解项目设计活动, 确定设计活动之间的相关因子  $R$  值, 建立初始 DSM, 见图 3。

c \ r															
	亭榭廊等	水系	假山置石	花架	雕塑小品	附属用房	给水喷灌	排水排污	照明灯光	地形设计	植物配置	交通道路	园林道路		
A		0.5								0.5		0.3			
B						设计大循环				1		1			
C		0.5								1		0.3			
D		0.3										0.3			
E	1	0.3									0.3		0.3		
F										0.5	0.3	0.3			
G		0.5	0.3								1	0.5	0.5		
H		1					0.3				0.3	1	1		
I	1	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3				1	1	1		
J		0.3													
K	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3										
L										1					
M	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5				1		1			

图 3 初始 DSM 图

c \ r	地形设计	交通道路	水系	亭榭廊等	假山置石	花架	雕塑小品	附属用房	园林道路	植物配置	给水喷灌	排水排污	照明灯光
	J	L	B	A	C	D	E	F	M	K	G	H	I
地形设计	J		0.3										
交通道路	L	1											
水系	B	1	1										
亭榭廊等	A	0.5	0.3	0.5									
假山置石	C	1	0.3	0.5									
花架	D		0.3	0.3									
雕塑小品	E			0.3	1				0.3	0.3			
附属用房	F	0.5	0.3							0.3			
园林道路	M	1	1	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5					
植物配置	K			0.5	0.3	0.3	0.3		1				
给水喷灌	G		0.5	0.5		0.3			0.5	1			
排水排污	H		1	1					1	0.3	0.3		
照明灯光	I		1	0.5	1	0.3	0.3	0.5	1	1	0.3		

图 4 优化后 DSM

在设计活动模型中,凡是  $R \neq 0$  并位于矩阵对角线的上方,该设计活动依赖于未完成任务,即该设计需要事先假设其它设计成果作为设计输入,事后再会审,代表设计信息流是逆序,存在循环信息流。很明显图 3 的 DSM 的设计活动,还不是优化方案,存在大设计循环圈(涉及了 11 活动)。利用公式 1,可得初始前适应值为 0.000 195。

GA 参数的设计:采用 [0、1] 二进制编码;种群规模为 50;初始种群为随机设置;计算迭代终止代数 100;选择算子采用赌盘选择法;交叉概率取 0.8;变异概率取

0.02,交叉算子、变异算子和适应性函数在上文已详细描述。利用 Matlab GA 工具箱实现设计 DSM 的优化计算,优化后的 DSM 见图 4,优化后的关键设计活动顺序为 J-L-B-D-F-M-K-G-H,在经过 GA 优化,并不改变设计活动之间的耦合关系,只是设计活动次序发生变化。图 4 所示适应值为 0.15873。

根据 DSM-GA 优化结果,设计经理可以编出成带设计循环的网络示意图,见图 5,图中加粗线为关键线路。

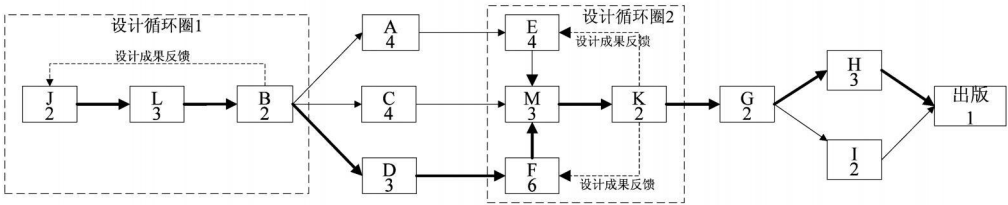


图 5 带设计循环的网络计划示意图

根据公式 3,可以计算得 DSM-GA 优化后设计活动工期为 46 d,其中循环设计活动为 18 d。不难发现,设计活动未优化前,设计活动循环圈共涉及 A-L 等 11 项设计活动(见图 3),该 11 项设计活动都需要假设或预估设计参数,后期修改工作量大。优化后,整个设计活动虽还存在两个设计圈,但已有明显优化效果。

地形设计 J、交通道路 L 和 水系 B 之间形成一个设计循环 1;附属用房 F、园林道路 M 和绿化种植 K 之间形成一个设计循环 2。由此避免了原先设计中出现与现场实地不符、在纸上瞎画圈等情况。对于表 3 中的设计循环圈 1 和 2 采用设计会审和文件互提就可以解决。

5 结论

运用 DSM-GA 的优化,可以把大量对角线以上的逆序关系优化至对角线以下,或贴近对角线上方,使得

各专业之间设计复杂的藕合问题变得简单,减少返工,达到优化设计活动目的。DSM-GA 理顺设计活动安排,减少设计循环工作,提高工作效率和效益。

参考文献

[1] 何家勇,李伟,徐晓刚,等.设计迭代管理策略的分析[J].重庆大学学报(自然科学版),2002,25(6): 13-15.  
[2] Austin S, Baldwin A L, Walkett P. Analytical Design Planning Technique: a dependency structure matrix tool to schedule the building design Process[J]. Construction Management and Economics, 2000(8): 173-182.  
[3] 黄刚,姚志力,郭虎.一类无缓冲区涂装喷漆排序问题[J].华中科技大学学报(自然科学版),2008,36(7): 108-111.  
[4] 万小兵.设计结构矩阵在项目进度计划中的应用研究[D].西安:西北工业大学,2007: 27-30.

Study on Engineering Schedule Management of Landscape Project

WANG Jian<sup>1</sup>, LIN Dong-qing<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Jingui Landscape Engineering and Construction Corp, Wenzhou, Zhejiang 325400; 2. Zhejiang Forestry University, Hangzhou, Zhejiang 311300)

**Abstract:** According to resolve the rework problem of the landscape design, this paper proposed a new design management approach, that genetic algorithm is applied in design structure matrix, to well resolve the problem of design iterative flow interactively, in order to optimize the landscape design process, improve design efficiency. Verified through actual case, DSM-GA streamline the design activity arrangements, reducing the design cycle, improve work efficiency and effectiveness.

**Key words:** design structure matrix; genetic algorithm; engineering process; engineering management