



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102446236 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201010522701. 3

(22) 申请日 2010. 10. 13

(73) 专利权人 中国石油大学 (华东)

地址 257061 山东省东营市北二路 271 号

(72) 发明人 伊鹏 刘衍聪 石永军 沈龙泽

曲杨 郑焕鹏

(74) 专利代理机构 北京风雅颂专利代理有限公司

司 11403

代理人 李弘 李翔

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006. 01)

G06N 3/12 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1790345 A, 2006. 06. 21, 全文 .

CN 1790347 A, 2006. 06. 21, 全文 .

伊鹏, 等 . 基于改进自适应遗传算法的海洋平台管路优化设计方法 . 《中国海上油气》. 2010, 第 22 卷 (第 2 期), 第 134 页第 1 栏第 1 段和第

2 栏第 1 段, 第 135 页第 1 栏最后一段至第 2 栏第 3 段, 第 137 页第 1 段至最后一段, 表 2.

伊鹏, 等 . 基于改进自适应遗传算法的海洋平台管路优化设计方法 . 《中国海上油气》. 2010, 第 22 卷 (第 2 期), 第 134 页第 1 栏第 1 段和第 2 栏第 1 段, 第 135 页第 1 栏最后一段至第 2 栏第 3 段, 第 137 页第 1 段至最后一段, 表 2.

罗忠贤, 等 . 基于分类遗传算法的给水管径优化设计 . 《兰州交通大学学报 (自然科学版) 》. 2005, 第 24 卷 (第 3 期), 图 1.

审查员 吴雪

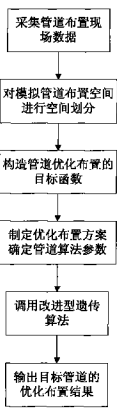
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

基于改进型遗传算法的管道自动优化布置方法

(57) 摘要

一种基于改进型遗传算法的管道自动优化布置的方法, 包括以下步骤 :1. 采集管道布置现场数据 ;2. 对模拟管道布置空间进行空间划分, 将空间划分为不同的行、列和层 ;3. 构造以管长、弯头数、能量和重力势能为优化目标的管道优化布置目标函数 ;4. 制定目标管道优化布置方案, 确定算法参数 ;5. 调用改进型遗传算法, 对路径种群进行遗传运算操作 ;6. 输出目标管道的优化布置结果在管道布置空间中的分布图形。本发明提供了一种管道自动优化布置方法, 提高了遗传算法在管道优化布置应用中的收敛速度和稳定性, 极大地降低了管道优化布置工作工作量和人工经验操作的失误。



1. 一种基于改进型遗传算法的管道自动优化布置的方法,其特征在于包含以下步骤:

(1) 采集管道布置现场数据,确定现场的设备位置、大小尺寸、管道接口位置以及管道半径这些管道布置参数;

(2) 在计算机内对模拟管道布置空间进行空间划分,将管道布置空间划分为不同的行、列和层;

(3) 构造以管长、弯头数、能量和重力势能为权重系数的管道优化布置的目标函数;

(4) 制定目标管道的优化布置方案,确定目标管道的算法参数;

(5) 调用改进型遗传算法,采用对管道路径种群进行改进型遗传运算操作,得到目标管道的最终优化路径;

(6) 输出目标管道的优化布置结果在管道布置空间中的分布图形,当管道布置空间内存在多条目标管道时,能够依次进行,将已布置完成的管道路径作为障碍物处理,重复以上步骤,直至完成所有目标管道的优化布置;

其中,对模拟管道布置空间进行空间划分时,具体做法如下:将设备作为障碍物简化成包容该障碍物的长方体包容盒,根据管道直径及管道与包容盒的最小安全距离,将包容盒向外扩展一定的距离,对于管道布置空间来说是向内收缩一定距离,对交叠的包容盒重新划分,得到相互邻接的包容盒,同时管道则收缩成线,得到姿态空间,将姿态空间作为新的管道布置空间,设备上的原始管道接口点沿管道方向发出射线与扩展后的包容盒表面交于一点,该点作为姿态空间中新的管道接口点,以各包容盒界面以及管道起点和终点处的局部坐标平面为分割面将空间划分为不同的行、列和层,在进行多条管路布置时,已布置完成的管路作为新的障碍物处理。

2. 根据权利要求1所述的基于改进型遗传算法的管道自动优化布置的方法,其特征在于在构造管道优化布置的目标函数时,引入了管长、弯头数、能量和重力势能的权重系数,通过不同的权重系数调整可以满足不同的管道优化布置方案的要求。

3. 根据权利要求1所述的基于改进型遗传算法的管道自动优化布置的方法,其特征在于改进型遗传算法采用了双重编码方式和启发式变异改进的遗传算法操作,包含以下步骤:

第一步:编码路径,以管道中的弯头为节点,以模拟管道布置空间中连接管路起点和终点的节点串的形式对管道路径进行编码,节点坐标的表示方式选用节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号和路径节点在模拟管道布置空间中的实际位置坐标表示;

第二步:种群初始化,种群规模 M , 在模拟管道布置空间插入过渡点,通过过渡点随机生成管道路径,完成种群初始化;

第三步:启发式变异,启发式变异概率 P_{sm} 、最大启发式变异长度 l_{sm} , 随机选择两个节点作为变异点,按初始路径的生成方式生成一条优秀子路径替换原来两点间的路径;

第四步:适应度评价,将路径种群节点坐标的表达方式转化为节点在模拟管道布置空间中的实际坐标形式,并在路径首尾处添加姿态空间转换前管道原始起点和终点的坐标位置,原始起点和终点只参与适应度中管道长度和弯头数的计算,不对其新增的管段进行能量值计算和碰撞检测,通过管道优化布置的目标函数对路径种群进行适应度评价;

第五步:选择,将路径种群节点坐标的表达方式转化为以节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号表示,计算选择概率,采用轮盘赌选择法选择出 $M-1$ 个染色体,种群中

排序为 1 的染色体直接进入新种群；

第六步：交叉，交叉概率 P_c ，单点交叉算子；

第七步：变异，变异概率 P_m ，最大变异长度 l_m ，采用随机替换一段基因的方式进行变异；

第八步：对路径种群重复启发式变异；

第九步：检测新生成种群是否达到进化终止条件，如果是，终止运算；如果否，将新生成的种群转入第四步，反复迭代，直到满足终止条件。

基于改进型遗传算法的管道自动优化布置方法

所属技术领域

[0001] 本发明涉及一种管道优化布置的方法,特别是一种基于改进型遗传算法的管道自动优化布置的方法,属于管道优化布置的计算机应用领域。

技术背景

[0002] 管道运输广泛应用于国民生活的方方面面,实现管道的自动优化布置能有效地节约经济成本,缩短设计周期,提高空间利用率。目前管道优化布置工作主要依靠经验丰富的专家人工完成,由于缺少稳定有效的管道优化布置方法支持,许多工程管道的布置沿用平面剖面图的方式进行设计,需要大量的人工经验操作,不仅繁琐、费时、耗力,而且显示方式不直观,易造成设备及管线之间的相互碰撞,精度不高等问题,现场的返工率高。

[0003] 在现已提出的管道优化布置方法中遗传算法作为一种群体型随机搜索算法对管道的优化布置设计有比较好的效果,但传统的遗传算法在实际应用中存在收敛速度慢,易陷入局部最优等问题。

发明内容

[0004] 为了解决目前管道布置中存在的需要大量人工经验操作,缺少稳定有效的管道自动优化设计的方法支持以及传统遗传算法在管道优化布置中存在缺陷等问题,本发明提供一种基于改进型遗传算法的管道自动优化布置方法。该方法通过改进传统的遗传算法,使遗传算法可以稳定有效地应用于管道优化布置中,有效地解决了传统遗传算法收敛速度慢,易陷入局部最优等问题,具有收敛速度快,稳定性好等优点。极大地简化了管道优化布置工作,对现场管道优化布置操作有很好的指导意义。

[0005] 本发明所提供的技术方案是:提供一种基于改进型遗传算法的管道自动优化布置方法,其主要步骤如下:

[0006] (1) 采集管道布置现场数据,确定现场的设备位置,大小尺寸,管道接口位置以及管道半径等管道布置参数;

[0007] (2) 在计算机内对模拟管道布置空间进行空间划分,将管道布置空间划分为不同的行、列和层;

[0008] (3) 构造以管长、弯头数、能量和重力势能为权重系数的管道优化布置的目标函数;

[0009] (4) 制定目标管道的优化布置方案,确定目标管道的算法参数;

[0010] (5) 调用改进型遗传算法,对管道路径种群进行遗传运算操作,得到目标管道的最终优化路径;

[0011] (6) 输出目标管道的优化布置结果在管道布置空间中的分布图形,当管道布置空间内存在多条目标管道时,可依次进行,将已布置完成的管道路径作为障碍物处理,重复以上步骤,直至完成所有目标管道的优化布置。

[0012] 其中本发明所采用的对模拟管道布置空间进行空间划分的具体做法是:将设备作

为障碍物简化成包容该障碍物的长方体包容盒,根据管道直径及管道与包容盒的最小安全距离,将包容盒向外扩展一定的距离,对于管道布置空间来说是向内收缩一定距离,对交叠的包容盒重新划分,得到相互邻接的包容盒,同时管道则收缩成线,得到姿态空间,将姿态空间作为新的管道布置空间,设备上的原始管道接口点沿管道方向发出射线与扩展后的包容盒表面交于一点,该点作为姿态空间中新的管道接口点,以各包容盒边界面以及管道起点和终点处的局部坐标平面为分割面将空间划分为不同的行、列和层,在进行多条管路布置时,已布置完成的管路作为新的障碍物处理。

[0013] 本发明所采用的改进型遗传算法在对管道路径进行编码时采用了双重编码方式,路径节点坐标有两种不同的表示方式:以路径节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号表示和以路径节点在模拟管道布置空间中的实际位置坐标表示。并利用启发式变异等改进的遗传操作极大的提高了遗传算法在管道优化布置中的稳定性和收敛速度。本发明在调用改进型遗传算法对管道路径进行优化运算时,包含以下步骤:

[0014] 第一步:编码路径,以管道中的弯头为节点,以模拟管道布置空间中连接管路起点和终点的节点串的形式对管道路径进行编码,节点坐标的表示方式选用节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号表示;

[0015] 第二步:种群初始化,种群规模 M ,在模拟管道布置空间插入过渡点,通过过渡点随机生成管道路径,完成种群初始化;

[0016] 第三步:启发式变异,启发式变异概率 P_{sm} 、最大启发式变异长度 l_{sm} ,随机选择两个节点作为变异点,按初始路径的生成方式生成一条优秀子路径替换原来两点间的路径;

[0017] 第四步:适应度评价,将路径种群节点坐标的表达方式转化为节点在模拟管道布置空间中的实际坐标形式,并在路径首尾处添加姿态空间转换前管道原始起点和终点的坐标位置,原始起点和终点只参与适应度中管道长度和弯头数的计算,不对其新增的管段进行能量值计算和碰撞检测,通过管道优化布置的目标函数对路径种群进行适应度评价;

[0018] 第五步:选择,将路径种群节点坐标的表达方式转化为以节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号表示,计算选择概率,采用轮盘赌选择法选择出 $M-1$ 个染色体,种群中排序为 1 的染色体直接进入新种群;

[0019] 第六步:交叉,交叉概率 P_c ,单点交叉算子;

[0020] 第七步:变异,变异概率 P_m ,最大变异长度 l_m ,采用随机替换一段基因的方式进行变异;

[0021] 第八步:对路径种群重复启发式变异;

[0022] 第九步:检测新生成种群是否达到进化终止条件,如果是,终止运算;如果否,将新生成的种群转入第四步,反复迭代,直到满足终止条件。

[0023] 本发明的有益效果是:

[0024] (1) 提供了一种基于改进型遗传算法的管道自动优化布置方法;

[0025] (2) 引入管长、弯头数、能量、重力势能等权重系数,通过调整权重系数可以实现符合不同方案要求的管道优化布置;

[0026] (3) 有效地解决了传统遗传算法收敛速度慢,易陷入局部收敛等问题,并具有收敛速度快,稳定性好等优点;

[0027] (4) 大大降低了管道布置工作的工作量和人工经验操作的失误。

附图说明

[0028] 下面结合附图和实例做进一步说明：

[0029] 图 1 是本发明所提供的管道优化布置流程图。

[0030] 图 2 是本发明所采用的改进型遗传算法流程图。

[0031] 图 3 是实施例目标管道 1 的图形结果输出。

[0032] 图 4 是实施例目标管道 2 在目标管道 1 布置完成的基础上的图形结果输出。

[0033] 其中图 4 中的 path1 是目标管道 1 生成的结果路径，path2 和 path3 分别是目标管道 2 由方案 (A) 和方案 (B) 生成的结果路径。

具体实施方式

[0034] 结合附图和本发明内容提供以下实施例。

[0035] (1) 采集管道布置现场数据，确定现场的设备位置，大小尺寸，管道接口位置以及管道半径等管道布置参数。采集实施例管道布置空间对角点坐标分别为 (0,0,0) 和 (50000,50000,20000)，空间内布置有 6 台设备，2 条目标管道。实施例首先对目标管道 1 进行优化布置，在目标管道 1 布置完成的基础上对目标管道 2 进行优化布置，管道布置空间内设备信息如表 1 所示：

[0036]

序号	坐标最小值 (mm)			坐标最大值 (mm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0	0	0	20400	10000	10000
2	0	20000	0	10000	35000	5000
3	8000	40000	0	35000	50000	5000
4	25000	17000	0	40000	36000	8000
5	45000	0	0	50000	15000	6000
6	43000	30000	0	50000	50000	5000

[0037] 表 1

[0038] 目标管道的相关参数如表 2 所示：

[0039]

序号	接口坐标			方向	通径 /mm	最小安全 距离/mm
	X/mm	Y/mm	Z/mm			
1	10400	10000	400	X 正方向	400	200
	43000	45000	400	X 负方向		
2	12000	10000	9000	Y 正方向	200	100
	43000	39200	300	X 负方向		

[0040] 表 2

[0041] (2) 在计算机内对模拟管道布置空间进行空间划分，将设备作为障碍物简化为包容该障碍物的长方体包容盒，根据管道直径及管道与包容盒的最小安全距离，将包容盒向外扩展 400mm 的距离，对于管道布置空间来说是向内收缩 400mm 距离，对交叠的包容盒重新

划分,得到相互邻接的包容盒,同时管道则收缩成线,得到姿态空间,将姿态空间作为新的管道布置空间,设备上的原始管道接口点沿管道方向发出射线与扩展后的包容盒表面交于一点,该点作为姿态空间中新的管道接口点,以各包容盒边界面以及管道起点和终点处的局部坐标平面为分割面将空间划分为不同的行、列和层。

[0042] 根据目标管道 1 的半径及最小安全距离将布管空间转化为姿态空间,得到目标管道 1 的新布管空间对角点坐标为 (400,400,400) 和 (49600,49600,19600),管道起点、终点坐标分别为 (10400,10400,400) 和 (42600,45000,400)。姿态空间中障碍物信息如表 3 所示:

[0043]

序号	坐标最小值			坐标最大值		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	400	400	400	20400	10400	10400
2	400	19600	400	10400	35400	5400
3	7600	39600	400	35400	49600	5400
4	24600	16600	400	40400	36400	8400
5	44600	400	400	49600	15400	6400
6	42600	29600	400	49600	49600	5400

[0044] 表 3

[0045] (3) 构造管道优化布置的目标函数,以管长、弯头数、能量和重力势能为权重系数构造管道优化布置的目标函数:

$$[0046] \quad F = w_1 \times L + w_2 \times N + w_3 \times [\sum_{i=1}^n d_i \cdot e_i] + w_4 \times [G \cdot \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i] + R$$

[0047] 式中, w_1, w_2, w_3, w_4 别为管长、弯头数、能量和重力势能权重系数, L 为总管长, N 为总弯头数, d_i 为管段长度, e_i 为管段能量值, G 为单位长度管段的重力, h_i 为管段质心高度, R 为惩罚项,设置沿障碍物和管道布置空间边界行走的管段的能量值最小于远离障碍物和管道布置空间边界的管段的能量值,设定管线与障碍物相交情况的惩罚项为 100;

[0048] (4) 针对目标管道 1 制定优化布置方案,确定目标管道 1 的算法参数如下表 4 所示:

[0049]

单位长管段重力		300
种群规模 M		300
权重系数	管长 w_1	0.003
	弯头数 w_2	0.003
	能量 w_3	0.004
	架设高度 w_4	0.1×10^{-4}
交叉概率	P_c	0.8
变异概率	P_m	0.15
启发式变异概率	P_{sm}	0.3
最大变异长度	l_m	10
最大启发变异长度	l_{sm}	10

[0050] 表 4

[0051] (5) 调用改进型遗传算法,对模拟管道布置空间内生成的路径初始种群执行改进型遗传运算操作。如图 2 所示,在调用改进型遗传算法对管道路径进行优化运算时,包含以下步骤:

[0052] 第一步:编码路径,以管道中的弯头为节点,以模拟管道布置空间中连接管路起点和终点的节点串的形式对管道路径进行编码。节点坐标选用节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号表示;

[0053] 第二步:种群初始化,设定种群规模 M ,在模拟管道布置空间插入过渡点引导路径行走方向,路径从起始点出发,按方向指导随机走到中间过渡点,再以中间过渡点为新的起始点走到目标点,通过这种方式随机生成管道路径,完成种群初始化;

[0054] 第三步:启发式变异,启发式变异概率 P_{sm} ,最大启发式变异长度 l_{sm} ,随机选择两个节点作为变异点,以这两点为起点和终点按初始路径的生成方式生成一条优秀子路径用以替换原来两点间的路径,优秀子路径应该有尽可能少的弯头并且与障碍物不相交;

[0055] 第四步:适应度评价,将路径种群节点坐标的表达方式转化为节点在模拟管道布置空间中的实际坐标形式,并在路径首尾处添加姿态空间转换前管道原始起点和终点的坐标位置,原始起点和终点只参与适应度中管道长度和弯头数的计算,不对其新增的管段进行能量值计算和碰撞检测,通过目标函数对路径种群进行适应度评价,排除种群中与设备碰撞以及适应度过大的不优路径;

[0056] 第五步:选择,将路径种群节点坐标的表达方式转化为以节点在模拟管道布置空间划分的行、列、层的序号表示,按照以下公式计算选择概率:

$$[0057] \quad p_i = \frac{1}{M} \left[\eta^+ - (\eta^+ - \eta^-) \frac{i-1}{M-1} \right]$$

[0058] 采用轮盘赌选择法选择出 $M-1$ 个染色体,种群中排序为 1 的染色体直接进入新种群;

[0059] 第六步:交叉,交叉概率 P_c ,单点交叉算子,固定一个父代,随机选择另一父代对两父代进行相似度检测,若相似度小于预设的相似度 $T = (0.5 + 0.01 \cdot \text{ungen}) \times L_c$,式中,

ungen 为未进化代数 ; L_c 为父代染色体长度。则进行交叉,若两父代的相似度大于或等于 T , 则重新选取随机的父代 ;

[0060] 第七步 :变异,变异概率 P_m ,最大变异长度 l_m ,采用随机替换一段基因的方式进行变异 ;

[0061] 第八步 :对路径种群重复启发式变异操作 ;

[0062] 第九步 :设置进化终止条件为路径种群连续 100 代保持不变,检测新生成种群是否达到进化终止条件,如果是,终止运算 ;如果否,将新生成的种群转入第四步,反复迭代,直到满足终止条件。

[0063] (6) 输出目标管道的优化布置结果,目标管道 1 在管道布置空间中的优化布置情况如图 3 所示。

[0064] 在目标管道 1 布置完成的基础上,将目标管道 1 作为新障碍物进行包容盒简化处理,得到三个新的障碍物,三个障碍物的最大坐标和最小坐标分别是 (10000,10200,0), (10800,39800,800) ;(10800,39200,300), (42800,39800,800) ;(42200,39800,300), (42800,45400,800)。对目标管道 2 重复以上管道优化布置步骤,根据管道 2 的相关参数进行姿态空间转化,得到管道 2 的新布管空间对角点坐标为 (200,200,300) 和 (49800,49800,19800),管道起点、终点坐标分别为 (12000,10200,9000) 和 (42800,35000,300)。由此得到管道 2 在姿态空间中障碍物信息如表 5 所示 :

[0065]

序号	坐标最小值			坐标最大值		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	400	400	400	20400	10400	10400
2	400	19600	400	10400	35400	5400
3	7600	39600	400	35400	49600	5400
4	24600	16600	400	40400	36400	8400
5	44600	400	400	49600	15400	6400
6	42600	29600	400	49600	49600	5400
7	10000	10200	300	10800	39800	800
8	10800	39200	300	42800	39800	800
9	42200	39800	300	42800	45400	800

[0066] 表 5

[0067] 针对目标管道 2 制定两种优化布置方案,确定目标管道 2 的算法参数如表 6 所示 :

[0068]

优化布置方案		A	B
单位长管段重力		300	
种群规模 M		300	
权重系数	管长 w_1	0.003	0.001
	弯头数 w_2	0.003	0.002
	能量 w_3	0.004	0.005
	架设高度 w_3	0.1×10^{-4}	0.1×10^{-4}
交叉概率	P_c	0.8	
变异概率	P_m	0.15	
启发式变异概率	P_{sm}	0.3	
最大变异长度	l_m	10	
最大启发变异长度	l_{sm}	10	

[0069] 表 6

[0070] 分别应用方案 (A) 和方案 (B) 调用改进型遗传算法, 目标管道 2 的优化布置结果如图 5 所示, 其中 path1 是目标管道 1 生成的结果路径, path2 和 path3 分别是管道 2 由方案 (A) 和方案 (B) 生成的结果路径。从图中可以看出, 所有的结果路径都弯头数较少、长度较短, 不仅绕开了障碍而且沿障碍物铺设。目标管道 2 的方案 (B) 相对于方案 (A) 降低了管长和弯头数的权重系数而增加了能量权重系数, 得到的结果路径 path3 较 path2 管长和弯头数都有所增加, 但 path3 沿已布置完成的目标管道 1 铺设, 可以有效的节约管道布置空间和经济成本。可见, 通过调整算法参数可以满足不同的管道优化布置方案要求。

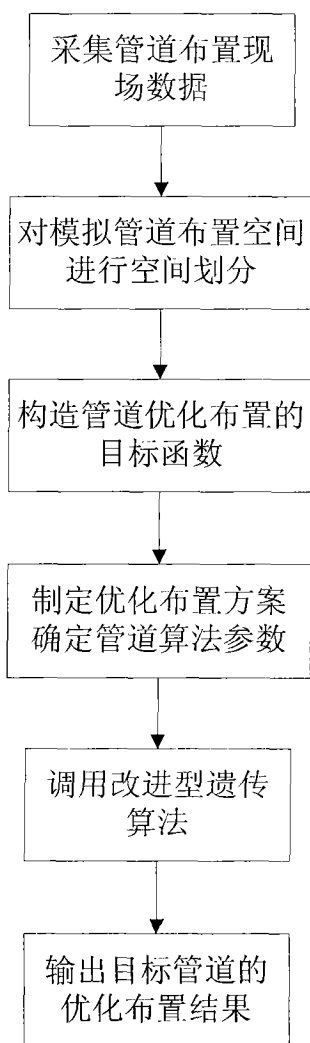


图 1

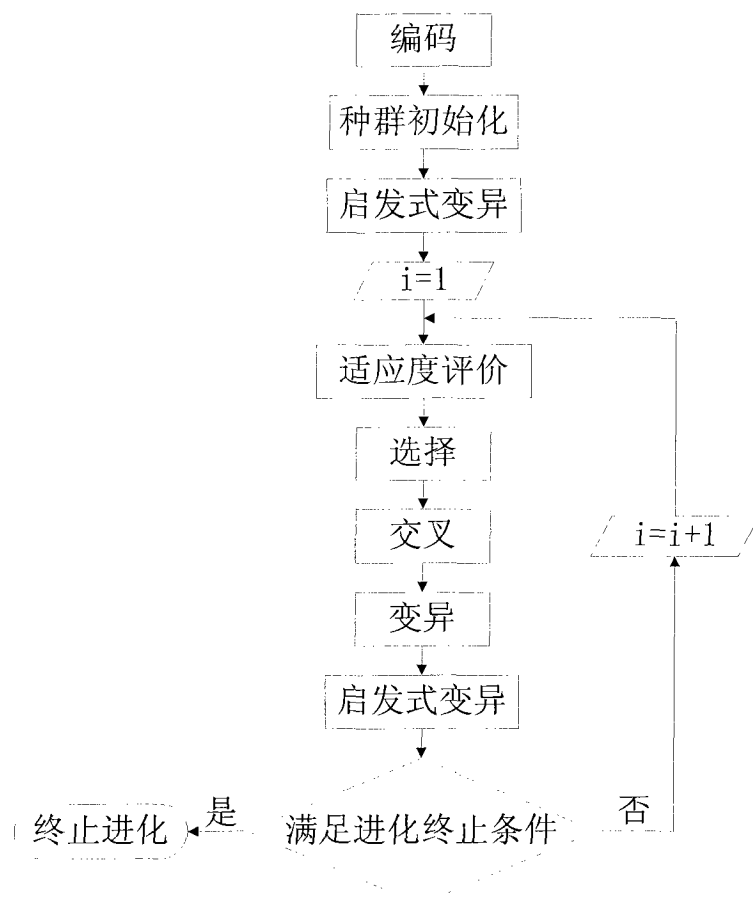


图 2

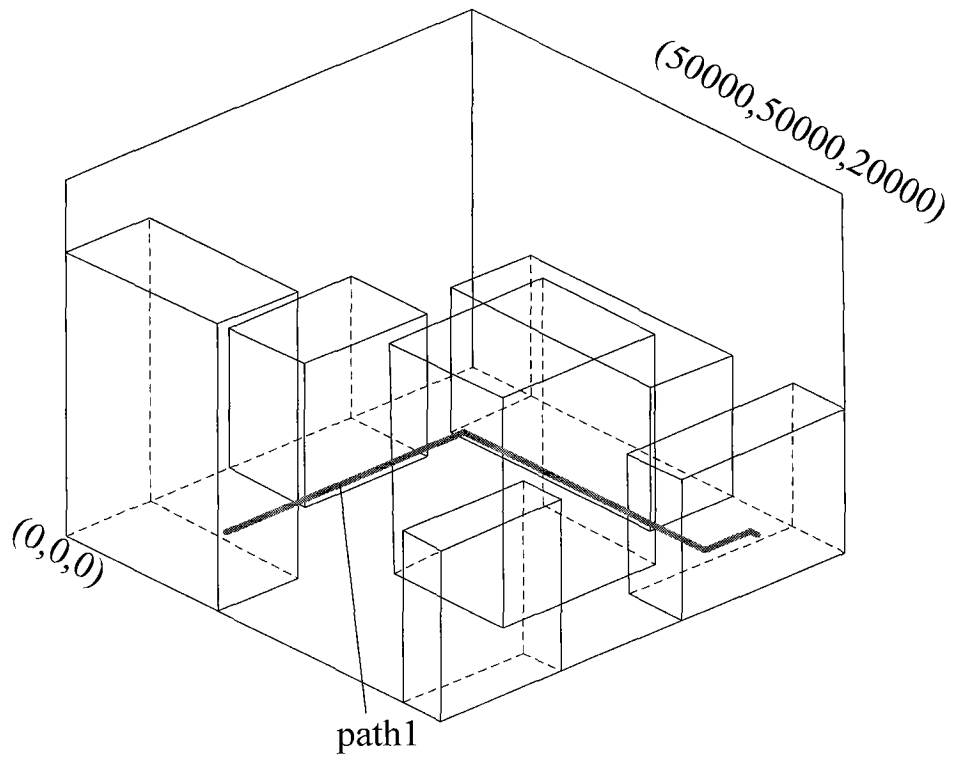


图 3

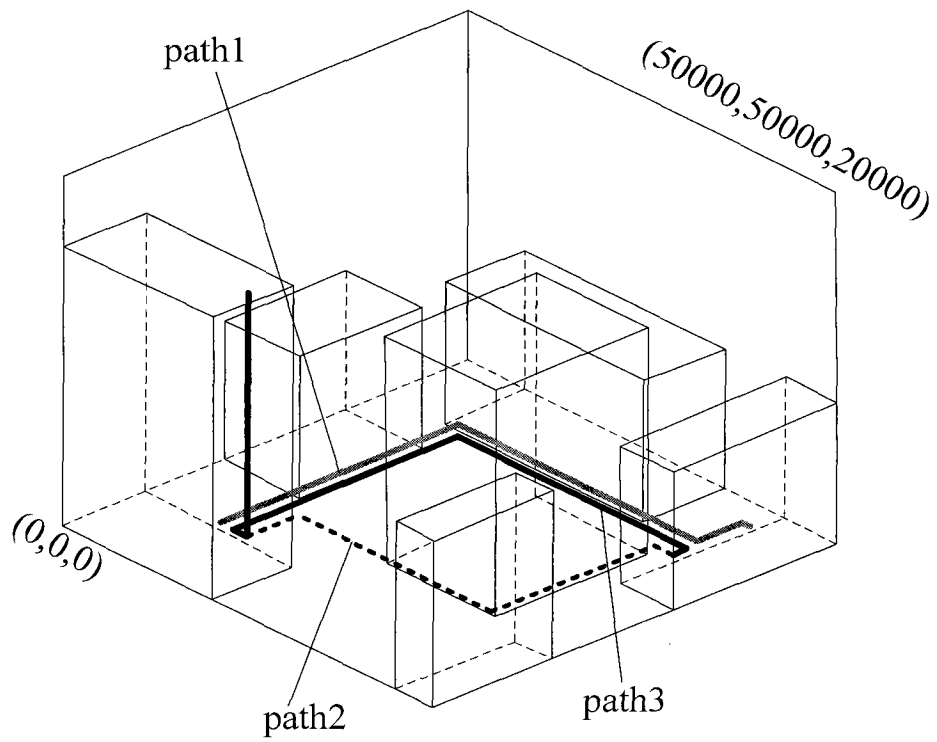


图 4