

# 基于改进蚁群算法和网络 GIS 分析的 慢行交通最优路径选择

王秋平<sup>1,2</sup>, 史 荣<sup>1</sup>, 张 琦<sup>1</sup>, 杨 茜<sup>1</sup>

(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 西部建筑科技国家重点实验室(筹), 陕西 西安 710055)

**摘 要:**分析了慢行交通在路径选择方面灵活与多样的特点,在充分利用这一特点的基础上,借助蚁群算法来寻找最优路径,从而达到使慢行交通满足更多人的通勤效率需求的目的.通过对蚁群算法的思路进行改进以及运用数据包络分析法(DEA)和模糊综合评价法(FCA)对蚁群算法的参数进行修正,使其成为适用于慢行交通的算法.并在 GIS 及其二次开发平台 Microsoft Visual Studio 2008 上通过程序编写实现了改进后的算法.并将这一算法应用于实际的路径规划,从而实现慢行交通最优路径选择的实际应用.

**关键词:**慢行交通; 最优路径; 蚁群算法; DEA; FCA; 熵权法

**中图分类号:**U 412.37<sup>+</sup> 8; U 412.37<sup>+</sup> 9 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7930(2013)05-0668-07

慢行交通是出行速度不大于 15km/h 的交通方式,包括步行及非机动车交通.为了使慢行满足更多人的通勤效率需求进而发挥其更大的作用,本文在慢行交通的路径选择方面进行了研究,得出了最优路径选择的方法,并应用于实际的线路规划.刘 钊、徐鑫磊<sup>[6]</sup>等人,以管线系统中的故障抢修为例,运用蚁群算法在 GIS 的平台上实现了故障发生点和支援点之间的最短路径的寻求.郝 伟<sup>[7]</sup>等在 GIS 平台上将改进的蚁群算法应用到模拟医疗救护系统的最短路径选择中.本文以上述文献为参考,并加以改进:刘钊、徐鑫磊等人所运用的算法虽然对原本的蚁群算法有所改进,但是对于蚂蚁遇到死路时作废的处理不尽完善,本文中的算法将对此部分重新定义;郝伟等将改进的蚁群算法应用到模拟医疗救护系统,医疗救护使用的交通方式与本文所研究的慢行交通不尽相同,因此,在路径的选择方面存在差异.本文将改进之后的方法应用于实际的问题中.

## 1 慢行交通最优路径选择

### 1.1 问题描述

由于慢行交通速度较低,走行路径灵活性较大,对于同样的起终点,慢行交通的路径则有多条.因此,慢行交通在路径上有更多的选择.通过路径的择优,以便更好的做好慢行交通线网规划及换乘站点规划;在实际管理中也可组织慢行交通参与者有效的避开拥堵及多干扰路段,提高慢行交通的出行效率,使更多的人能够选择灵活、方便的慢行交通.

选择蚁群算法进行最优路径的求解,一是因为它相较于其它求最短路径的精确算法如 Dijkstra 算法而言,蚁群算法是一种近似算法.在本文所研究的慢行交通问题中,路径的节点数量较多问题规模较大,而精确算法在面对大规模问题时运算量会大大增加,导致运算缓慢.二是,因为蚁群算是一种启发式算法,只提供了算法框架,可以在其基本思想上针对慢行交通特点进行改进使其符合实际出行特点.

### 1.2 蚁群算法

蚁群算法<sup>[4]</sup>的流程如下:

收稿日期:2013-03-01 修改稿日期:2013-09-03

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51278396);陕西省教育厅专项基金资助项目(11JK0885);西安建筑科技大学学科建设重点培育计划(XK201213);西安建筑科技大学学科重点培育计划人才培养专项资助(XK2011101)

作者简介:王秋平(1962-),女,陕西城固人,教授,博士,从事交通规划与管理的教学和科研工作.

以  $n$  和  $m$  分别表示城市的数量和蚂蚁的数量,城市  $i$  和城市  $j$  间的直线路径我们用  $d_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, \dots, n$ ) 表示,每条边,  $e(i, j)$  上的信息素的量们用  $\tau_{ij}$  表示.

1) 初始化,每条路径上的信息素浓度设置成一样,设  $\tau_{ij}(0) = W$  ( $W$  为常数).

2) 在蚂蚁  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) 运动时,根据如下概率公式(1) 决定选择的路径.

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t) \eta_{ij}^\beta}{\sum_{s \in allowed_k} \tau_{is}^\alpha \eta_{is}^\beta}, & \text{若 } j \in allowed_k \\ 0, & \text{否则} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\alpha$ 是启发因子中的一个, $\beta$ 指的期望启发因子, $\eta_{ij}$ 则表示路径边 $e(i, j)$ 的长度. $p_{ij}^k$ 表示为在蚂蚁 $k$ 由位置 $i$ 转移到位置 $j$ 的概率数, $allowed_k$ 未走过的可供选择的的城市集合.

3) 蚂蚁在运动中,当完成一次周游即到达所有城市之后,每条路径上的信息量按照以下的更新公式(2) 进行更新.

$$\tau_{ij}(t+1) = \rho \tau_{ij}(t) + \Delta \tau_{ij}(t) \quad (2)$$

式中: $\rho$ 的范围在 $0 \sim 1$ 之间,它用来表示信息素 $\tau_{ij}$ 随时间而减少的量的程度, $\Delta \tau_{ij}$ 表示在循环之中路径 $e(i, j)$ 上的信息变化量.

$$\Delta \tau_{ij} = \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^{(k)}(t) \quad (3)$$

$\Delta \tau_{ij}^{(k)}(t)$ 表示蚂蚁 $k$ 在这次循环之中城市 $i$ 和城市 $j$ 路径之间留下的信息变化量.

$$\Delta \tau_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{蚂 } k \text{ 只经过 } e(i, j) \\ 0, & \end{cases} \quad (4)$$

式中有 $L_k$ 为蚂蚁 $k$ 在这次循环之中所走路径总长; $Q$ 是常数,表示的是每只蚂蚁周游一次后所留下信息量.

4) 依次循环以上各步骤,循环次数达到算法给定最高次数后停止,得到最优解.

### 1.3 慢行交通下蚁群算法的改进

传统的蚁群算法在应用于实际的慢行交通问题中时,会与实际情况发生矛盾:一是,蚁群算法中的路径为闭合线路,即起点与终点重合;而实际的慢行交通中起终点是拥有一定距离的两个点.二是,蚁群算法中各条线路相互连通,不存在走不通的情况;而实际的慢行交通中很可能遇到死路.所以要对蚁群算法进行改进以使其更加适应实际的问题.

#### 1.3.1 蚁群算法思路改进

(1) 蚁群算法中蚂蚁一般平均分布在各个结点上,而本文研究的慢行交通问题中,蚂蚁只需平均分布在起终点上.

(2) 蚁群算法中的任意结点可以互相联通,不会出现死路;而本文研究的慢行交通问题中,不一定每条路线都与其它任意一条路线连通.因此,当蚂蚁遇到死路时要进行处理.

#### 1.3.2 蚁群算法模型中参数权值确定

在将蚁群算法模型应用于慢行交通路径选择时,模型中的参数( $\alpha, \beta, Q$ )由于代表的意义不同所以对最优路径选择产生的影响显然各不相同.因此,需要分析出每个参数的权重,明确参数对路径选择影响程度的大小.权重值的大小是程序编写时确定各个参数值顺序的依据.权重值较低参数只有在权重值较高的参数确定之后方可确定其值,才能保证最终的路径为最优.

因此,建立关于 $\alpha, \beta, Q$ 参数对于慢行交通的权值确定体系,如图1所示.

(1) 权值确定中的指标分析

1)  $\alpha$ 的3个指标表征的是影响人们对路径选择的因素,这3个指标主要根据出行者的主观感受来确定.

2)  $\beta$ 的两个指标是量化的.其中,路网的复杂程度可以通过调查区域内起终点之间的路线数来衡量;起终点的间距通过起终点之间的直线距离来衡量.

### 3) Q的3个指标:

①交通设施的完备性:具体包括两方面的设施,一是行人过街设施,主要包括人行横道、人行信号灯、人行天桥和地道.二是相关环境设施,主要包括遮阳行道树的覆盖水平、夜间照明设施率、路面铺装质量三项.该指标由专家进行等级评定.

②交通管理水平:主要包括是否对机动车辆违规占用慢行道进行管理、合理布设人行道上的基础服务设施,对占用慢行道空间的现象进行规范制度管理,保证行人、自行车有连续的通行空间.该指标由专家进行等级评定.

③交通舒适性:是指使用者选择慢行交通出行的主观上舒适性程度,即使用者选择慢行交通方式出行行驶或步行时对慢行交通整体水平的舒适性水平,主要根据出行者主观感受来评定.

评价体系中涉及的评价指标共有8个.其中6个为模糊评价指标,2个为测量定量评价指标.

#### (2) 权值确定方法

论文选取模糊综合评价法(简称FCA)进行模糊指标的隶属度判定.对于其它精确指标采用数据包络分析法(简称DEA)进行隶属度的确定,并最终采用熵权法进行最后的指标权重的确定.

##### 1) DEA 评价法确定隶属度

DEA法是根据多指标投入和多指标产出对相同类型的决策单元进行相对有效性或绩效评价的一种系统分析方法.本文将采用DEA评价法中的 $C^2R$ 模型.

假设有 $n$ 个生产决策单元 $DMU_j(j=1,2,\dots,n)$ ,每个 $DMU$ 都有 $m$ 项投入 $X_j=(x_{1j},x_{2j},\dots,x_{mj})^T$ , $s$ 项输出 $Y_j=(y_{1j},y_{2j},\dots,y_{sj})^T$ .用 $x_{ij}$ 与表示第 $j$ 个决策单元的第 $i$ 个输入,用 $y_{rj}$ 表示第 $j$ 个决策单元的第 $r$ 个输出;投入指标的权向量为 $v_i=(v_1,v_2,\dots,v_m)$ ,产出指标的权向量为 $u_r=(u_1,u_2,\dots,u_s)$ .则第 $k$ 个 $DMU$ 的效率评价指数可以通过公式(5)计算出:

$$\begin{cases} \max E_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}; ST. \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \leq 1 \\ u_r \geq 0, v_i \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

式中: $E_k$ 为第 $k$ 个决策单元的效益评价指数; $x_{ik}$ 为第 $k$ 个决策单元的第 $i$ 个输入; $y_{rk}$ 为第 $k$ 个决策单元的第 $r$ 个输出; $u_r$ 为第 $r$ 个输出变量的权重; $v_i$ 为第 $i$ 个输入变量的权重.

这就是DEA模型中的 $C^2R$ 模型,将上式转化为线性规划问题得出公式(6)

$$\begin{aligned} \max f &= \mu^T y_k \\ S. T. &\begin{cases} \omega^T x_j - \mu^T y_j \geq 0 \\ \omega^T x_j = 1 \\ \omega^T \geq \epsilon > 0 \\ \mu^T \geq \epsilon > 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

式中, $\epsilon$ 是阿基米德无穷小量.

#### 2) 熵权法——确定权重

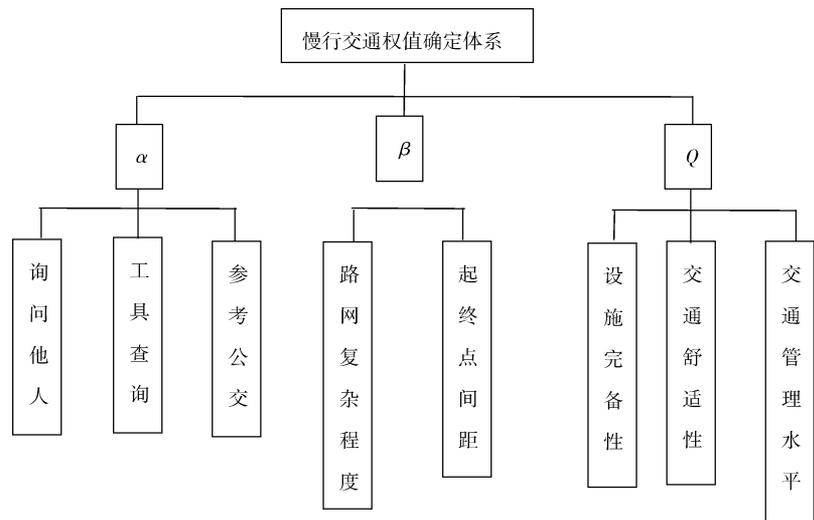


图1 慢行交通权值确定体系

Fig.1 Slow traffic's weight determining system

(l) 指标信息熵值  $e_{ij}$  和信息效用值  $d_{ij}$  的计算,

$$p(y_{kij}) = y_{kij} / \sum_{k=1}^m y_{kij}; e_{ij} = -k \sum_{k=1}^m p(y_{kij}) \ln(y_{kij}); d_{ij} = 1 - e_{ij} \quad (7)$$

式中:  $y_{kij}$  为第  $i$  个因素中第  $j$  个指标在第  $k$  评价单元下比重, 即由 DEA 确定的隶属度. 常数  $k = (\ln(n))^{-1}$ , ( $n$  为评价对象个数,  $n > 0$ ).

(2) 指标权重  $w_{ij}$  由公式(8) 计算得出:

$$w_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i,j} d_{ij}} \quad (8)$$

### 1.3.3 路径选择方法

(1) 改进的算法步骤

- 1) 分布所有蚂蚁到起点, 设置所有路径初始信息浓度.
- 2) 在当前的可选路径集合(即与当前点相交的所有路径)中, 利用轮盘算法计算每条路径的概率.
- 3) 若是遇到死路, 蚂蚁则立即返回上一点进行重新选择, 直到走通为止.
- 4) 在通路的前提下, 不断进行路径选择直到走到终点为止.
- 5) 每只蚂蚁走到终点时, 进行一次信息素浓度的更新, 下一只蚂蚁在上一只蚂蚁更新的基础上进行路径的选择.
- 6) 输出所有蚂蚁中路径长度最短的, 即为最短路径.

(2) 参数值的确定

在上述改进算法中, 未对算法中的 3 个参数进行精确的讨论. 因此, 在确定每个参数的权重值之后, 假设 3 个参数的权重顺序为  $\alpha, \beta, Q$ . 那么首先将  $\beta$  和  $Q$  分别在其取值范围内任意选取一个值, 然后让  $\alpha$  的值在其取值范围内不断变化, 运用改进后的算法找出路径最短时的  $\alpha$  值; 其次, 在  $\alpha$  取固定值的前提下, 不断变化  $\beta$ , 找出路径最短时并且  $\alpha$  固定时的  $\beta$ ; 最后, 再在  $\alpha$  与  $\beta$  均固定的前提下, 确定  $Q$  的值. 自此, 三参数的值确定完毕. 将三参数的值代入改进后的算法, 这样就完善了改进后的算法, 形成了求解最优路径的算法.

### 1.4 参数权值确定的实例应用

选取西安市 2 个区域分析其慢行交通相关指标的实际情况. 将实际调查的数据与结果与上述方法结合, 来确定  $(\alpha, \beta, Q)$  三个参数的具体权值.

#### 1.4.1 实例概况

- (1) A 区域概况: 为友谊东路、建设东路、雁塔北路和太乙路围成的区域.
  - (2) B 区域概况: 为长安中路、小寨东路、翠华路、二环南路东段围城的区域.
- A、B 区域如下图 2、图 3.



图 2 A 区域  
Fig.2 Area A



图 3 B 区域  
Fig.3 Area B

表1 实例调查表  
Tab.1 Questionnaire

| 区域 | 指标   |         |           |       |      |                                   |            |      |         |        |
|----|------|---------|-----------|-------|------|-----------------------------------|------------|------|---------|--------|
|    | 慢行道  |         |           | 行道树状况 |      | 慢行标志                              | 环境         |      | 管理水平    |        |
|    | 类型   | 人行道宽度/m | 非机动车道宽度/m | 间距/m  | 铺砌形式 | 慢行指示牌或地面慢行标志                      | 铺装         | 照明设施 | 机动车占道现象 |        |
| A  | 建设东路 | 混行      | 8.4       | 0     | 7.5  | 砌筑的矮墙占地面积为 3.06 m <sup>2</sup>    | 无明显慢性标志    | 较好   | 良好      | 较少     |
|    | 太乙路  | 实物隔离型   | 2         | 2.5   | 5.6  | 填平+砌筑的矮墙占地面积为 2.25 m <sup>2</sup> | 慢性标志模糊不清   | 一般   | 良好      | 较少     |
|    | 友谊路  | 实物隔离型   | 3         | 2.5   | 6.0  | 填平(占地面积 2.25 m <sup>2</sup> )     | 慢性标志清晰但不完善 | 一般   | 良好      | 稍多     |
|    | 雁塔路  | 混行      | 1.5       | 2(部分) | 4.2  | 填平                                | 无明显慢性标志    | 稍差   | 良好      | 较少     |
| B  | 长安中路 | 实物隔离型   | 5         | 2.5   | 2.2  | 填平                                | 明显慢行标志     | 一般   | 良好      | 道路一侧较多 |
|    | 小寨东路 | 实物隔离型   | 2         | 3.5   | 4    | 填平+砌筑矮墙占地面积 3.86 m <sup>2</sup>   | 明显慢行标志     | 良好   | 良好      | 十分严重   |
|    | 翠华路  | 实物隔离型   | 2.3       | 2.5   | 6    | 填平                                | 无明显慢性标志    | 一般   | 良好      | 十分严重   |
|    | 二环南路 | 实物隔离型   | 5         | 2     | 7    | 填平                                | 明显慢行标志     | 良好   | 良好      | 较多     |

A 区域有 3 个带信号灯平面人行横道,2 个人行过街天桥。

B 区域内以及周边区域内慢行道之间有 4 个带信号灯平面人行横道,行人通过时间约需 30 秒,还有一个人行天桥。

#### 1.4.2 指标分析

##### (1) 定量指标

1) 路网复杂程度:指的是该区域内能够通行慢行交通并且具有连通性的道路数量。A 区域内能够通行慢行交通并且具有连通性的道路数量为 4 条;B 区域内能够通行慢行交通并且具有连通性的道路数量为 6 条。

2) 慢行道长度:指的是该区域内慢行道的总长度。

经统计,A 区域内慢行道总长度约为 2 800 m;B 区域内慢行道总长度约为 3 800 m。

##### (2) 模糊指标

##### 1) 专家评定指标

请专家根据慢行道实际情况进行考察,按照很好、好、一般、差、和很差 5 个档次分别对 2 个区域内的慢行交通模糊评价指标实行等级评定。交通设施的完备性和交通管理水平的评定结果见表 2。

##### 2) 调查统计数据及结论

通过街头问卷调查,调查了行人对于 A、B 区域

的慢行交通舒适度的评价。并且,询问了人们对于  $\alpha$  指标下的三个影响因素的评价,评价分为很好、好、一般、差、很差 5 个等级。在两个区域分别发出和收回问卷 20 份。

通过对问卷的统计,得到评定结果如表 3。

#### 1.4.3 指标权重计算

(1) 确定隶属度集,即对模糊评价指标评价集赋值。

按照专家以及问卷调查对 4 个模糊评价指标的评定结果,首先以慢行交通舒适度指标为例,选取很

表2 交通设施的完备性和交通管理水平评定表

Tab.2 Completeness of transport facilities and level of traffic management

| 区域 | 指标       | 很好  | 好   | 一般  | 差   | 很差  |
|----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A  | 交通设施的完备性 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |
|    | 交通管理水平   | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.1 | 0.0 |
| B  | 交通设施的完备性 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.2 | 0.1 |
|    | 交通管理水平   | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 |

好、好作为系统的输出,选取一般、差、很差作为系统的输入。

对于慢行交通舒适度,对应不同的区域分别可以得到一个线性规划模型:

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & 0.25p_1 + 0.1p_2 \\
 \text{S. T.} \quad & 0.15q_1 + 0.2q_2 + 0.3q_3 - 0.25p_1 - 0.1p_2 \geq 0 \\
 & 0.05q_1 + 0.15q_2 + 0.3q_3 - 0.3p_1 - 0.2p_2 \geq 0 \\
 & 0.15q_1 + 0.2q_2 + 0.3q_3 = 1 \\
 & p_1, p_2, q_1, q_2, q_3 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & 0.3p_1 + 0.2p_2 \\
 \text{S. T.} \quad & 0.15q_1 + 0.2q_2 + 0.3q_3 - 0.25p_1 - 0.1p_2 \geq 0 \\
 & 0.05q_1 + 0.15q_2 + 0.3q_3 - 0.3p_1 - 0.2p_2 \geq 0 \\
 & 0.05q_1 + 0.15q_2 + 0.3q_3 = 1 \\
 & p_1, p_2, q_1, q_2, q_3 \geq 0
 \end{aligned}$$

应用 LINGO 计算机软件计算得到 2 个线性规划的最优目标函数值,分别为:0.83,1.0 对于其它指标以此为例,利用专家或者调查问卷的模糊评价结果建立线性模型并依次求解之。

最后根据所有指标的计算结果得到隶属度集为:

$$\begin{pmatrix} 1.0 & 1.0 & 1.0 & 0.4 & 0.42 & 0.83 & 0.76 & 0.9 \\ 0.75 & 0.75 & 1.0 & 0.6 & 0.58 & 1.0 & 1.0 & 0.33 \end{pmatrix}$$

根据熵权法公式可得:

$$D_{ij} = (0.53 \ 0.53 \ 0.52 \ 0.534 \ 0.528 \ 0.523 \ 0.526 \ 0.596)$$

各指标最终权值为  $w_{ij} = (0.124 \ 0.124 \ 0.121 \ 0.125 \ 0.123 \ 0.122 \ 0.123 \ 0.139)$

从而得到  $\alpha, \beta, Q$  3 个参数的最终权重为 0.369、0.248、0.384 所以这 3 个参数的重要性排序为  $Q, \alpha, \beta$ , 即 信息强度对改进后模型的影响程度最大,启发因子次之,期望启发因子最小。

### 2 改进后蚁群算法模型的实现以及实例应用

在对蚁群算法的思想和参数进行改动之后,本文利用 GIS 的二次开发平台 Microsoft Visual Studio 2008 上通过程序编写实现了改进后的算法并将其应用于实例中。

下图为西安市某区域(图 4)以及其中的道路(图 5)在 GIS 下矢量化的结果。

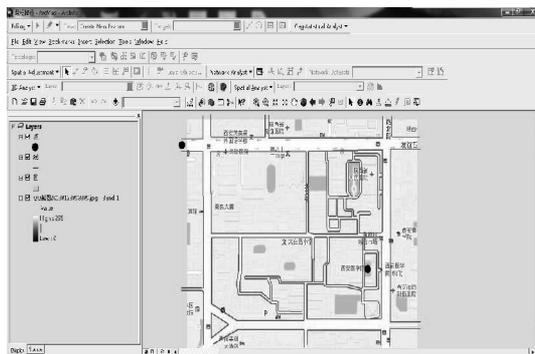


图 4 区域现状图

Fig. 4 Region's current situation

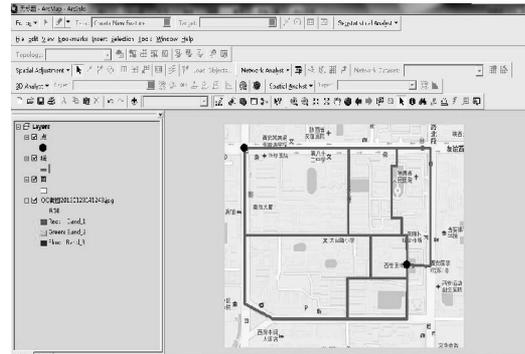


图 5 区域路网现状图

Fig. 5 Region's current road network

在 Microsoft Visual Studio 2008 上进行程序运行:

- (1)确定起点的空间位置(图 4);
- (2)显示并计算最优路径(图 6—图 8)

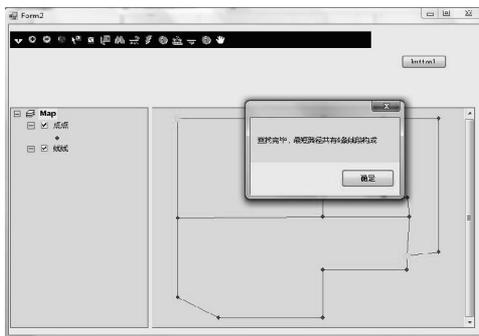


图6 路径选择图

Fig. 6 Path selection

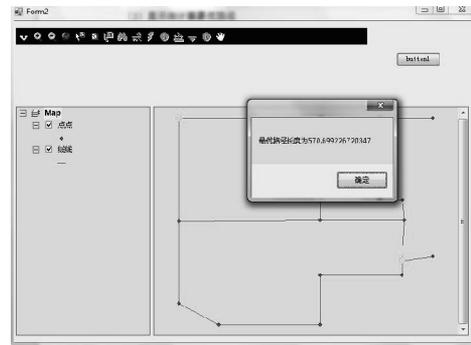


图7 路径选择图

Fig. 7 Path selection

### 3 结 语

论文在倡导慢行交通的背景下,对蚁群算法的思想和参数进行了一定程度的改进,并在GIS的二次开发平台Microsoft Visual Studio 2008上利用程序编写实现了这一改进后的算法,而后通过上述算法实现了慢行交通系统的最优路径的选择,使人们在体验慢行交通的环保舒适的同时,在交通效率上也能够达到理想水平。

### 参考文献 References

- [1] 李 晔. 慢行交通系统规划探讨—以上海市为例[J]. 城市规划学刊, 2008(3): 78-81.  
LI Ye. A Discussion on Urban Non-motorized Traffic System Planning -with a Case Study of Shanghai[J]. Urban Planning Forum, 2008(3): 78-81.
- [2] 余 伟, 钱科烽, 高 奖, 等. 杭州市慢行交通系统规划与设计指引[J]. 城市交通, 2009(2): 44-45.  
YU Wei, QIAN Ke-feng, GAO Jiang, et al. Hangzhou Ped & Bike System: Guidelines for Planning & Design[J]. City Transportation, 2009(2): 44-45.
- [3] 陈一昭, 姜 麟. 蚁群算法参数分析[J]. 计算机技术, 2011, 6(11): 9080-9084.  
CHEN Yi-zhao, JIANG lin. Parametric Study of Ant Colony Optimization[J]. Computer Technology, 2011, 6(11): 9080-9084.
- [4] 段海滨. 蚁群算法原理及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2005.  
DUAN Hai-bin. Ant Colony Algorithm Theory and Its Application[M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [5] 尹莹莹, 孙 亮. 一种进化型蚁群算法及其在TSP问题中的检验[J]. 计算机仿真, 2006(4): 167-173.  
YIN Ying-ying, SUN Liang. An evolutionary ant algorithm and its test in tsp problem[J]. Computer Simulation, 2006(4): 167-173.
- [6] 刘 钊, 徐鑫磊. GIS网络分析中蚁群算法的改进与应用研究[J]. 测绘科学, 2010(35): 89-91.  
LIU Zhao, XU Xin-lei. Research of ant colony algorithm's adaptation and application for GIS network analysis[J]. Science of Surveying and Mapping, 2010(35): 89-91.
- [7] 刘万清, 郝 伟. 蚁群最短路径算法优化及其在GIS中的应用研究[D]. 西安: 西北大学, 2009.  
LIU Wan-qing, HAO Wei. Shortest path algorithm of ant colony optimization and its application in GIS Research [D]. Xi'an: Northwest University, 2009.
- [8] COLONNI A, DORIGO M, MANIEZZO V. Distributed optimization by ant colonies [C] // Proc of European Conf. on Artificial Life. Paris, France: Elsevier Publishing, 1991: 134-142.
- [9] DORIGO M, STUTZLE T. Ant colony optimization [M]. Cambridge: MIT Press, 2004.

(下转第687页)

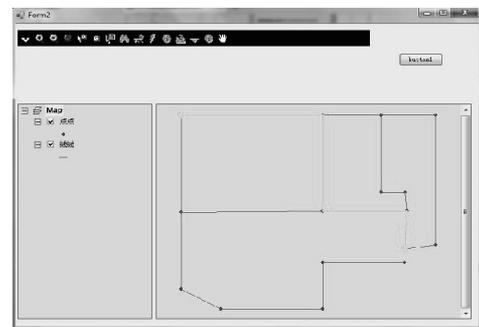


图8 路径选择图

Fig. 8 Path selection

- [15] WG C A I. Energy performance of buildings - calculation of energy use for space heating and cooling[S]. Standardization E C F, Europea, 2006.
- [16] FOSTER M, ORESZCZYN T. Occupant control of passive systems: the use of Venetian blinds[J]. Building and Environment, 2001, 36(2): 149-155.
- [17] MAHDAVI A, PROGLHOF C. Toward empirically-based models of people's presence and actions in buildings [C]//Glasgow, United kingdom; International Building Performance Simulation Association, 2009.
- [18] REINHART C F. Lightswitch-2002: a model for manual and automated control of electric lighting and blinds[J]. Solar Energy, 2004, 77(1): 15-28.

## Study on shading control patterns based on anisotropic solar radiation

YAO Wan-xiang, LI Zheng-rong, LU Rui-yang, HU Ling-zhou, LI Cui

(School of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** Different shading control patterns are comparatively analysed by hourly meteorological parameters of Shanghai typical meteorological year and measured anisotropic solar radiation. The analysis shows that the shading hours of controlling temperature and solar radiation patterns are shorter than only control solar radiation patterns. For control global solar radiation patterns, shading is not required on the north. With the direct radiation control threshold reduced, the shading hours of controlling direct solar radiation patterns is gradually on the increase. And then seasonal factors, glass materials, different angle and orientation effect on shading hours are studied. Results show that, distributions of shading hours of different shading control patterns are westly, eastly and symmetrical. Direct solar radiation threshold lower control strategy (Strategy 11) energy saving rate is higher, and the building facade shading should give priority to it. With the glass solar heat gain coefficient (SHGC) decreases, shading hours of control direct solar radiation Strategy (Strategy 7~11) are reduced accordingly. Shading hours are decrease as the inclination angle increases, and south is the largest, while east and west are similar, north is minimum.

**Key words:** solar radiance; anisotropic; shading hours; control patterns

**Biography:** YAO Wan-xiang, Candidate for Ph. D., shanghai 2000092, P. R. China, Tel: 0086-21-65988869, E-mail: yaowanxiang@126.com

(上接第 674 页)

## Optimal path selection of slow traffic based on GIS network analysis

WANG Qiu-ping<sup>1,2</sup>, SHI Rong<sup>1</sup>, ZHANG Qi<sup>1</sup>, YANG xi<sup>1</sup>

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

2. State Key Laboratory of Architecture Science and Technology in West China(XAUAT), Xi'an 710055, China)

**Abstract:** The article suggests a detailed study on the flexibility and diversity of slow traffic. By taking full advantage of the features and using Ant Colony Algorithm to find the optimal path, it aims at making slow traffic meet people's commuting efficiency. The article make Ant Colony Algorithm suitable for slow traffic by putting improvements in terms of ideas and using DEA and FCA to correct parameters and make the new algorithm come true on Microsoft Visual studio 2008. At last the article applied new algorithm into actual path planning in order to achieve the purpose of using optimal path selection of slow traffic in practical application.

**Key words:** slow traffic; optimal path; improved ant colony algorithm; DEA; FCA; the entropy weight method

**Biography:** WANG Qiu-ping, Professor, Ph. D., Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-29-82205572, E-mail: wqp1168@sina.com