

文章编号: 1000-050X(2000)06-0510-06

# 最短路径方法在土地定级中的应用<sup>\*</sup>

刘耀林<sup>1</sup> 范延平<sup>1</sup> 唐旭<sup>1</sup>

(1 武汉测绘科技大学土地科学学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘 要** 探讨了将图论中的最短路径理论应用于城镇土地定级, 并灵活应用最短路径算法计算某类定级因子到评价单元的实际距离, 然后根据距离衰减公式计算该类因子对该评价单元的作用分值, 通过评价单元上各类因子的作用分值叠加, 求出该评价单元的土地级别, 使得城镇土地定级更加科学合理, 城镇土地级别范围也更加精确, 更加符合客观实际。

**关键词** 土地定级; 最短路径; 信息系统; 作用分值

**分类号** P271 **文献标识码** A

自然、社会、交通三种地理区位有机联系、共同作用于地域空间形成土地区位的差异, 因此, 城镇土地级别主要决定于土地所在区域的自然、社会、交通条件的好坏。土地定级的过程就是土地区域条件量化和归类的过程。

处理区域条件对评价单元影响的大小, 即计算定级因子对评价单元的作用分值是整个土地定级的关键, 它直接影响土地定级的结果。同一类定级因素对评价单元的影响随定级因素与评价单元距离的增加而衰减, 使定级因子对评价单元的作用分值与二者之间的距离表现为一定的数学关系——距离衰减公式, 因此, 确定定级因子与评价单元之间的距离是计算因素作用分值的关键。

按传统方法计算定级因素作用分值时, 距离衰减方式一般采用直线距离衰减, 即定级因子对评价单元的影响是沿二者之间的空间连线进行衰减, 其量化结果通常以定级因子为中心点或线的一系列高程值(作用分值)递减的等值线。它忽略了定级因子与评价单元之间的可通达性, 如自然地物(山地、河流、湖泊等)和人文地物(建筑物、铁路、高速公路等)阻隔的影响。

考虑到人们习惯思维中从某地到某地的远近并非空间直线距离, 而是沿某道路到达目的地的路程, 因此, 在计算各类定级因子对评价单元的影响时, 将二者之间的距离归结为现状道路网络中连接二者的最短路径比空间距离更为合理。

## 1 路径与土地级别

在现代城市建设中, 无论是商业用地、住宅用地还是工业用地, 道路交通问题都是考虑的最主要因素之一。对商业用地来说, 道路越发达意味着人流量越大; 相应的消费需求增加导致用地效益越大, 土地的级别越高。现代城市的住宅与办公分离, 对住宅用地来说, 上下班交通的便利程度就显得很重要, 各种商业、文体等服务设施距离也是购房者的主要考虑因素, 因此道路网络对住宅用地极为关键。工业用地选址考虑的最大效益问题即是原材料地和销售地与工厂之间以及生产流程中的运输问题, 亦归结为道路问题。因此, 路径的确定在土地定级中起着非常重要的作用。

## 2 土地定级流程

城镇土地定级一般采用的是多因素综合评定法综合计算各因素对土地的影响, 通过对综合分值的聚类分析来确定土地级别, 并结合土地收益对土地级别合理进行检验。其主要流程有: 定级单元的划分, 定级因素权重确定, 定级因素选择, 因素资料采集入库, 因子功能指数计算, 定级单元因子分值计算, 网格单元综合作用分值计算, 土地级别确定, 土地级别检验。

收稿日期: 2000-07-16.

<sup>\*</sup> 国土资源部示范工程资助项目(99035)。

## 1.1 土地定级因子分值计算分析

参与城镇土地定级的定级因子根据其空间的分布类型可分为点状因子、线状因子、面状因子。各种定级因子的作用分值的计算方法不尽相同,主要取决于因子的类型。

### 1) 点状因子

点状因子相对整个城镇范围而言为点状分布,包括长途汽车站、医院、学校、邮电局等。点状因子网格点作用分值计算就是以其作用半径为缓冲半径,以该点状因子样点作为中心点,在原图要素周围建立起一定宽度范围的多边形缓冲区;计算点状因子与评价单元之间的相对距离与其作用半径,并按照选择的分值计算模型衰减计算,得到该因素对网格点的影响——作用分值。分值计算衰减模型通常有如下两种:

直线模型:  $f_i = F_i \times (1 - r)$  (1)

指数模型:  $f_i = \begin{cases} F_i^{(1-r)} & (r < 1) \\ 1 & (r \geq 1) \end{cases}$  (2)

式中,  $f_i$  为定级因子对某一网格点的作用分值;  $F_i$  为定级因子的功能分;  $r$  为该定级因子至网格点的相对距离,可按下式计算:

$$r = \begin{cases} d/R & (d < R) \\ 1 & (d \geq R) \end{cases} \quad (3)$$

式中,  $d$  为定级因子到网格点的实际距离;  $R$  为定级因子的最大影响半径(或服务半径)。

### 2) 线状因子

线状因子主要是呈线状分布的自然或人工地物,如规划道路。它对网格点影响的作用分值计算的主要思路是以线状因子作为中轴线,在其作用半径内向外间距作缓冲,形成距离递增高程(作用分值)递减的等值线。通过计算网格点到线状因子的垂直距离,以其作为线状因子对网格点的衰减半径,并按照选择的分值计算模型(直线模型与指数模型)衰减计算,得到该因素对网格点的影响——作用分值。

### 3) 面状因子

面状因子呈片状均匀分布,具有全域覆盖性,包括大气污染、噪声污染、用地规划等。

面状因子对土地级别影响方式有两种:

①面状扩散影响。如城市旅游区、成片开发区等对周围土地产生影响的因子,此类因素对格网点的作用分值计算可以转化为点状因子分值计算方式。

②面状覆盖影响。如污染等只对因子覆盖区域产生影响的因子,对网格点的作用分值计算通过将面状因子与评价单元网格进行空间叠加,落

入其内的网格单元直接取面状因子样点的功能分作为均值网格的作用分值。

## 1.2 网格总分值计算

网格点总分值是土地级别的数据表现。总分值计算过程即为求各定级因子对网格点作用分值的加权平均值的过。网格点总分值计算公式为:

$$S_f = \sum_{k=1}^n (f_k p_k) / \sum_{k=1}^n p_k \quad (4)$$

式中,  $S_f$  为网格点的总分值;  $n$  为定级因素(因子)数目;  $f_k$  为各定级因素对网格点的作用分值;  $p_k$  为各定级因素的权重。

## 2 最短路径方法的引入

### 1) 定级结果不合理

如图1所示,按照空间直线距离作为定级因子(商服中心)与评价单元(地块1和地块2)之间的影响距离,那么处在以商服中心为圆心的圆弧上的地块1和地块2,商服中心对它们的影响是一样的。但这种结果完全不符合实际和人们对土地级别好坏的判断。

### 2) 定级中引入道路网络

在处理定级因子对评价单元的影响时,若采用现状道路网络作为进行距离衰减的途径,就可以不用考虑自然和人工障碍地物阻隔的影响。

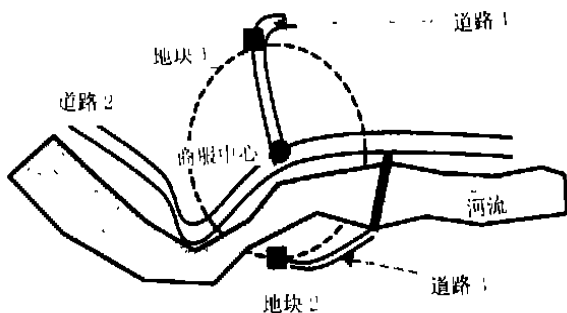


图1 空间直线距离衰减不合理分析

Fig. 1 Analysis on the Result Calculated by Spatial Line Distance

对于河流来说,现状道路如果经过该河流,则一定是从该河流上的桥上通过;对于山地来说,现状道路要么从山的人工隧道通过,要么是沿着环山公路而过。对于铁路、高速公路、湖泊等也是如此。同时,通过现状道路还可以避免大量建筑物的阻隔影响,这在直线衰减中基本是无法进行处理的。

在有多条道路抵达目的地的情况下,采用求多条道路间最短路径的方式来解决。为了进一步提高运算的速度,需建立栅格索引。

### 3) 最短路径方法

最短路径的算法目前采用最多的是 Dijkstra 在 1959 年提出的算法。其基本思想是按路径长度递增的顺序逐步产生最小路径的方法。即设置两个顶点的集合  $T$  和  $S$ , 集合  $S$  中存放已找到最小路径的顶点, 集合  $T$  中存放未找到最小路径的顶点。初始状态时, 集合  $S$  中只包含源点  $v_0$ , 然后不断从集合  $T$  中选取到顶点  $v_0$  路径长度最小的顶点加入集合  $S$ , 集合  $S$  中每加入一个新的顶点  $u$ , 都要修改顶点  $v_0$  到集合  $T$  的剩余顶点的最小距离长度值, 集合  $T$  中各顶点新的最小路径长度值为原来的最小路径长度值, 与顶点  $u$  的最小路径长度值加上  $u$  到该顶点的路径长度值中较小值。此过程不断重复, 直到集合  $T$  的顶点全部加入集合  $S$  为止。

最短路径的计算主要由单源最短路径问题和每对顶点间的最短路径问题两类算法来实现。在定级估价中, 主要解决的是后者。

## 3 最短路径方法实现

### 3.1 数据结构的设计

针对在土地定级中的具体算法, 除图形数据需满足一般网络拓扑数据结构外, 还为最短路径在土地定级中设计相应的数据结构, 以实现最短路径在土地定级中的应用和提高运算速度。

#### 1) 网线实体拓扑结构如表 1 所示。

表 1 网线实体拓扑结构表

Tab. 1 The Structure of Net Lines

序号	名称	含义	字段类型
1	StNod	起始结点	Long
2	EndNod	终止结点	Long
3	Lpoly	左多边形	Long
4	Rpoly	右多边形	Long
5	Lweigh	左权	Float
6	Rweigh	右权	Float

2) 网线实体属性结构如表 2 所示。其中惟一标识码 ID 作为线状道路实体图形与属性关联的 KEY 字。

表 2 网线实体属性结构表

Tab. 2 The Attribute Structure of Net Lines

序号	字段名	字段类型	字段长度	小数位数
1	ID	Long	8	—
2	长度	Float	8	4
3	级别	Int	2	—
4	等级权重	Float	6	4

3) 网格单元分值属性结构如表 3 所示, 其中序号  $A_1, A_2, \dots$  分别为各用地类型的单因子网格分值, 字段名为因子编码。

表 3 网格单元分值属性结构表

Tab. 3 The Attribute Structure of Grid Points

序号	字段名	字段类型	字段长度	小数位数
1	ID	Long	8	—
2	X 坐标	Float	16	4
3	Y 坐标	Float	16	4
4	评估日期	CString	10	—
5	总分值	Float	8	2
6	$A_1$	Float	8	4
7	$A_2$	Float	8	2
...	...	Float	8	2

#### 4) 结点间最短路径值存放结构如表 4 所示。

表 4 结点间最短路径值存放结构表

Tab. 4 The Storage Structure of the Shortest Distance between Net Nodes

序号	字段名	字段类型	字段长度	小数位数
1	ID	Long	8	—
2	前结点号	Short	6	—
3	后结点号	Short	6	—
4	最短路径距离	Fbat	12	2

#### 5) 网格点距最近网线关系结构如表 5 所示。

表 5 网格点距最近网线关系结构表

Tab. 5 The Relation Structure of Grid Point and the Nearest Net Line

序号	字段名	字段类型	字段长度	小数位数
1	ID	Long	8	—
2	最近网线号	Short	6	—
3	前结点号	Short	6	—
4	前折线距离	Float	12	2
5	后结点号	Short	6	—
6	后折线距离	Float	12	2

### 3.2 最短路径算法实现

设道路网  $G=(V, E)$ , 它采用邻接矩阵作为存储结构。若邻接矩阵为  $cost$ , 并规定:

$$cost[i, j] = \begin{cases} W_{ij} & \text{网结点 } i \text{ 和 } j \text{ 之间有直} \\ & \text{接边, 且权值为 } W_{ij} \\ 0 & i = j, \text{ 网结点 } i \text{ 和 } j \text{ 为同} \\ & \text{一个网结点} \\ \infty & \text{网结点 } i \text{ 和 } j \text{ 之间没有边} \end{cases}$$

设置一个一维数组  $s$ , 用来标记已找到最短路径的顶点, 并规定:

$$s[i] = \begin{cases} 0 & \text{未找到源网结点到源网结} \\ & \text{点 } v_i \text{ 的最短路径} \\ 1 & \text{已找到源网结点到源网结} \\ & \text{点 } v_i \text{ 的最短路径} \end{cases}$$

计算定级因子最短路径的距离时, 权值  $W_{ij}$  (顶点  $i$  和顶点  $j$  之间有直接边) 为网结点  $i$  和网结点  $j$  之间的直线距离, 最短路径的距离为其上各边  $W_{ij}$  的和。初始状态时,  $s[0] = 1$ , 对于其余的网结点  $v_j$  ( $v_j \neq v_0$ ), 有  $s[j] = 0$ ; 设置另一个一维数组  $distance$  存放源网结点到其余源网结点的当前最短路径长度, 初始状态时,  $distance[i] = cost[ORIGINAL(v_0), i]$  (其中  $ORIGINAL(v_0)$  表示源网结点  $v_0$  在存储结构中的位置号), 即一维数组  $distance$  各分量的值为邻接矩阵  $cost$  中第  $ORIGINAL(v_0)$  行上各元素的值。

首先利用  $distance$  数组中各分量的值选取当前具有最短路径的网结点  $u$ , 使得  $distance[u] = \min(distance[w])$ , 令  $s[w] = 0$ ; 然后将网结点  $u$  加入集合  $s$  中, 即令  $s[u] = 1$ , 同时, 对于所有  $s[i] = 0$  的网结点  $v_i$ , 判断  $distance[i]$  是否小于  $distance[u] + cost[u, i]$ , 使得  $distance[i] = \min(distance[i], distance[u] + cost[u, i])$ 。

上述过程重复执行  $n - 1$  步就得到了按路径长度递增的顺序求源网结点到其余各网结点的最短路径, 并将结果存放到表 4 对应结构的结点间最短路径值存放表中。

### 3.3 网格单元与定级因子间距离计算

因为图论中所求的最小路径为网络上网结点之间的最小路径, 然而, 定级因子或网格点一般都不为网络上的网结点, 所以定级因子或网格点需要按某种方式上网络 (由现状道路构成的网文件), 即求的是定级因子或网格点到网结点的距离。首先是计算网格点到道路网络中网线的距离, 并将成果存放到表 5 对应结构的网格点距最近的网线关系表中, 供所有的因子计算公用。

对每一因子计算其与网格点之间距离第一步是按上网方式 (可分为找最近网结点上网和找最近的网线上网两种) 寻找其最近网线, 并获取其两个端点 (网络结点) 索引, 与网格点所距最近网线的两个端点索引组合, 在表 4 对应结构的结点间最短路径值存放表中查询对应的最短路径值, 取 4 条最短路径的值加上网格单元与定级因子上道路网络距离总和值中最小的, 即为网格单元同定级因子之间的距离。

## 4 实例

在笔者开发的城镇土地定级估价信息系统中, 系统的主界面如图 2 所示, 它实现了直线距离

衰减方式和采用最短路径衰减方式两种情况。

本文以长春市商业用地定级为例, 采用两种相对距离衰减方式, 说明在土地定级中采用沿道路衰减 (最短路径衰减) 的合理性、客观性, 通过比较这两种相对距离衰减方式的定级因子等值线图和商业用地级别图的差异性, 进一步说明沿道路衰减 (最短路径衰减) 在土地定级中应用的优越性、真实性。

长春市评估区面积为  $625\text{km}^2$ , 设置定级网格单元的大小为  $100\text{m} \times 100\text{m}$ , 共有 68 310 个网格。根据长春市现状道路状况, 对路网进行了编辑, 建立道路网络文件, 具体数据为: 道路网线为 1 362 条, 道路网络结点为 862 个。长春市现状道路网络图形文件如图 2 所示。

### 4.1 两类距离的单因子分值计算结果比较

在商业用地定级中, 以商服繁华度因子为例, 商服繁华度的最短路径衰减因子等值线图如图 3 所示, 直线距离衰减因子等值线图如图 4 所示。从两个因子等值线图的比较中可明显看出, 商服中心的直线距离衰减网格分值的等值线图为一个同心圆, 不受现状道路网络和障碍地物的影响。而商服繁华度的最短路径衰减因子等值线图则与直线距离衰减因子等值线图明显不同, 其网格分值分布状况受现状道路网络和障碍地物的影响, 充分反映了城镇的客观实际情况。

### 4.2 两类距离的土地定级结果比较

计算完商业用地网格总分值, 确定级别界限, 绘制商业用地土地级别图, 分别以两种不同的距离衰减方式进行商业用地定级, 图 5 为商业用地的直线距离衰减级别图, 图 6 为商业用地的最短路径衰减级别图。

道路通过地方的网格分值比没有道路通过地方的网格分值高, 在道路两旁的网格分值就比在道路中间的网格分值高, 而在现实中, 道路两旁宗地的地价确实比远离道路的宗地地价高, 这说明土地定级真实地反映了土地的使用价值与价值的差异性。另外, 采用沿道路衰减方式, 还可以在定级因素体系中取消路网密度这个定级因子, 因为用沿道路衰减就已经考虑了现状道路的分布状况 (路网密度等)。

此外, 从图 5 和图 6 的比较分析中还可以看出, 在存在自然障碍地物 (河流阻隔) 和人工障碍地物 (铁路等的阻隔) 时, 最短路径衰减比直线距离衰减更能反映出土地的使用价值与价格的差异性, 最短路径衰减更客观、更合理。

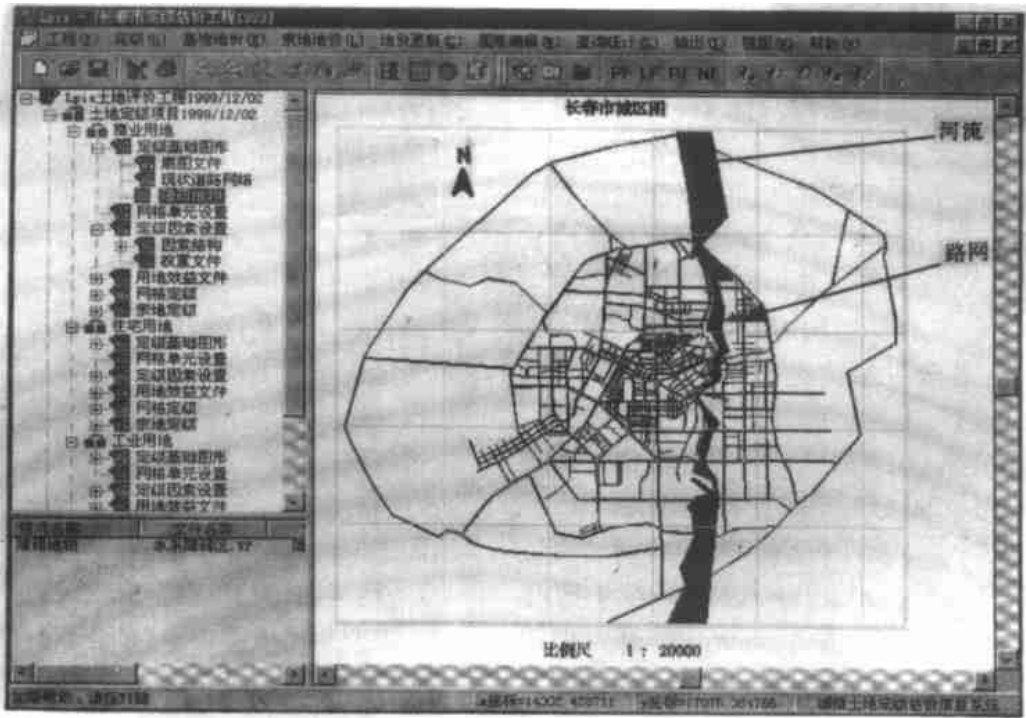


图2 土地定级估价信息系统主界面

Fig. 2 Main Interface of Land Grading and Evaluating Information System



图3 商服繁华度最短路径衰减等值线图

Fig. 3 The Commercial Center's Graph of Effect Value Calculated by Spatial Line Distance

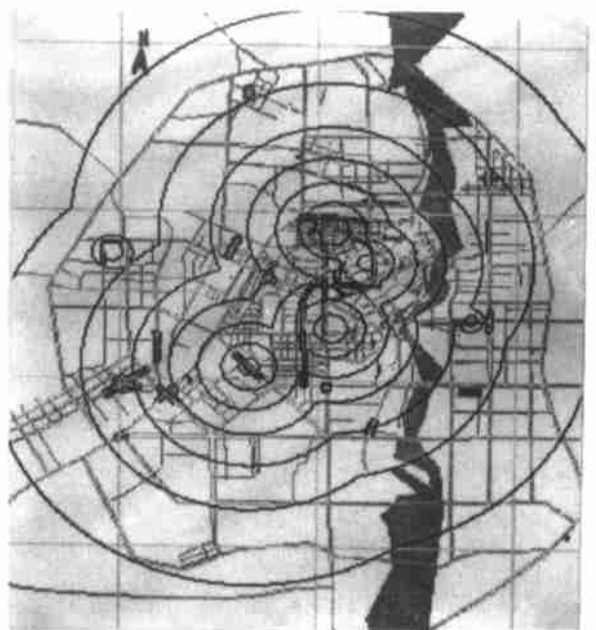


图4 商服繁华度直线衰减等值线图

Fig. 4 The Commercial Center's Graph of Effect Value Calculated by Shortest Distance

### 5 结论

本文在分析了直线距离衰减局限性的同时,提出了将图论中的最小路径算法应用到土地定级工作中,并在定级因子相对距离衰减中提出了最

短路径衰减概念,在所开发的土地定级估价信息系统中,实现了最短路径衰减,使土地定级更加客观合理。通过长春市土地定级的工作,用客观实际数据进行分析、研究,将最短路径应用到实践,结果与实际情况相符,进一步说明了最小路径应用于土地定级工作的优越性。



图 5 商业用地直线衰减级别图

Fig. 5 The Graph of Commercial Land's Grade Calculated by Shortest Distance



图 6 商业用地最短路径衰减级别图

Fig. 6 The Graph of Commercial Land's Grade Calculated by Spatial Line Distance

### 参 考 文 献

- 1 严 星, 林增杰. 城市地产评估. 北京: 中国人民大学出版社, 1999
- 2 毕宝德. 土地经济学. 北京: 中国人民大学出版社, 1991
- 3 Liu Y L. Urban Land Grading. Conferences for Remote Sensing and GIS, Wuhan, 1993
- 4 龚健雅. 当代 GIS 的若干理论与技术. 北京: 测绘出版

- 社, 1999
- 5 郭仁忠. 空间分析. 北京: 测绘出版社, 1999
- 6 毋河海. 地图数据库系统. 北京: 测绘出版社, 1996
- 7 《运筹学》教材编写组. 运筹学. 北京: 清华大学出版社, 1992

刘耀林, 男, 40 岁, 教授. 现从事土地定级估价、土地利用规划、GIS 及其应用的教学与科研工作. 代表成果《城市环境分析》等专著 4 部; 已发表论文 60 余篇.

E-mail: yaolin@int.nl

## The Application of the Shortest Path in Land Grading

LIU Yaolin<sup>1</sup> FAN Yanping<sup>1</sup> TANG Xu<sup>1</sup>

(1 School of Land Science, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China 430079)

**Abstract** The grade of land in the city zone is affected by nature and society position plus communication condition. The process of land grading is to get the fixed quantity of all conditions and to classify all the land parcel to be evaluated. It is important to get the effect value from that the evaluated land parcel is affected by the grade factors in the process of land grading. Same type factors' effect attenuates with the increase of distance between grade factors and evaluated land parcel. The attenuating rule is called distance — attenuating formula. Traditionally, the distance between grade factors and evaluated land parcel is the length of spatial line from the center of factors to the center of the land parcel when the effect value of grade factors is calculated. It ignores the obstructions between grade factors and evaluated land parcel. So the graphs that effect value is represented are a series of contour lines with attenuating effect value. In people's custom thought, the distance from here to there is the distance along the road instead of the spatial distance. So it is

(下转第 557 页)

This article put forward how to realize it. Firstly, choose Web server. The Web server needs kinds of sustain, face multimedia, suffice transiting application in Web, must have the tools to create net spot and manage it. In this solution, we choose IIS as our Web server.

Secondly, using Web. pb, transplanted enterprise internal manages information system to Web. And listed its system framework. Here an example about how to include Intrinsic Power-Builder application in new application is given.

Thirdly, using ASP technology issued internal information and data of enterprise. This can obtain really thin client and high performance.

This system can achieve reliably affairs manage and rationalization. It has powerful database in the back end, deals with relational affairs, servers a mass of clients. Simultaneity, it changes old operational pattern of enterprise system.

**Key words** Web-database; MIS; application Server; DBMS

---

LI Rui, female, 26, practice researcher. Her major research is multimedia and network communication. Her representative production is traditional LAN and Intranet.

Email: stardotey@163.net

---

(上接第 515 页)

more reasonable to use the distance along the road than to use the spatial distance in land grading. In this paper, the shortest path method in graph theory used in urban land grading is discussed. The distance between grade factors and evaluated land parcel is calculated by the shortest method. The effect value of grade factors in each unit is gotten by the distance-attenuating formula. Based on the value, the more reasonable land grade of each unit can be reached.

**Key words** land grading; shortest path; information system; effect value

---

LIU Yaolin, male 40, professor. He is now engaged in teaching and research work on land grading and evaluation, land use planning and GIS and its application. He has published four academic books including "analysis on urban environment" and over 60 papers.

Email: yaolin@int.ri