

基于仿射传播聚类的大规模选址布局问题求解^{*}

唐东明, 朱清新, 杨凡, 白勇

(电子科技大学 计算机科学与工程学院, 成都 610054)

摘要: 选址布局问题是一个广泛研究的运筹学问题。通过将选址布局问题看做聚类问题, 结合仿射传播聚类算法并且将候选地址的信息映射为特征向量, 提出了两种求解选址布局问题的方法: 基于块划分的选址布局方法和基于道路网络的选址布局方法。使用模拟数据集和真实数据集来评估两种方法, 实验结果表明两种方法都能够求解设施资源受限和不受限情况下的选址布局问题, 而且可以很好地解决大规模的选址布局问题。

关键词: 仿射传播聚类; 选址布局问题; 道路网络; 运筹学

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2010)03-0841-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.03.009

Solving large scale location problem using affinity propagation clustering

TANG Dong-ming, ZHU Qing-xin, YANG Fan, BAI Yong

(School of Computer Science & Engineering, University of Electronic Science & Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: Location problem is a well-studied problem in operations research. By treating location problem as clustering problem, integrating affinity propagation clustering algorithm and mapping information of candidate into feature vector, this paper presented two methods to select suitably situation from candidate situation: location method based on region division and location method based on road network. It evaluated two methods using synthetic data sets as well as real-world data sets. The experimental results show that two methods can solve location problem with fixed number facilities and location problem with unfixed number facilities, and can solve large location problems and provide good solutions.

Key words: affinity propagation clustering; location problem; road network; operations research

0 引言

如何选择合适的地址布局消防站、商店、急救中心、公共安全服务机构、工厂、仓库、物流中心、通信基站等设施 and 机构, 让它们在资源有限的条件下发挥最大的功能是选址布局规划部门的一个重要任务。选址布局问题的数学模型取决于两个方面的条件: 可供选址的范围、条件; 怎样判定选址的质量。根据设施所能选择的空位选址布局问题可分为离散选址、连续选址和网络选址。在数学模型上, 一般将选址布局问题归纳为多目标规划问题, 即在资源受限的条件下以最小化的代价来满足多个目标。目前已经有众多的学者提出了多种数学方法来求解此类问题^[1-5]。文献[1]描述了一种基于整数目标规划的多目标消防站选址布局方法; 文献[2]采用模糊多目标规划方法, 文献[3]采用求解 p -中值问题的方法来解决可变网络的布局问题; 文献[4]提出了用求解 p -中值问题的方法来解决不可靠设施布局问题; 文献[5]采用聚类方法来解决 CDMA 基站的规划问题。

选址布局问题本身是一个 NP 难问题, 目前求解这个问题面临着两个难题: 如何在用户可容忍的时间内进行大规模的选址布局分析; 如何获得全局的优化解。聚类分析作为一种有效的数据分析工具, 被广泛应用于模式识别、数据挖掘、文本处理、语音处理、生物信息处理、图像处理等领域。2007 年 J. F.

Brendan 等人^[6]提出了一种新的聚类算法, 即仿射传播聚类算法 (affinity propagation clustering, AP)。本文在研究仿射传播聚类算法的基础上提出了两种适用于求解大规模选址布局问题的方法, 并以消防站选址为例进行了详细的阐述, 最后进行了相关的仿真实验。本文提出的算法能够快速求解大规模的选址布局问题; 在未给定目标选址个数的时候算法能够自动决定合适的设施个数; 在给定目标地址的时候算法能够提供设施的覆盖候选区域; 算法提供的信息可以作为决策的依据。

1 仿射传播聚类

设给定的 N 个数据点为 x_1, x_2, \dots, x_N , 为了划分这 N 个数据点为不同的类别, AP 算法引入了类代表 (exemplars) 的概念, 即一类数据中的代表点。算法在初始时将所有数据点都看做潜在的类代表点。AP 算法将每个数据点看做网络中的一个节点, 通过节点之间不断迭代传送更新的真实数据消息来产生类代表点及相应的附属点, 在消息传递的过程中就完成了数据的分簇。算法的初始输入条件为 N 个数据点之间的相似度组成的 $N \times N$ 相似度矩阵 s , $s(i, k)$ 表示数据点 k 作为数据点 i 的类代表的适合度。当采用欧式距离来表示数据点之间的相似度时, $s(i, k)$ 可以用式 (1) 来表示。

$$s(i, k) = -\|x_i - x_k\|^2 \quad (1)$$

AP 算法与传统的 K-均值聚类算法不同, 它无须预先知晓

收稿日期: 2009-07-21; 修回日期: 2009-09-26 基金项目: 国家教育部博士点基金资助项目 (20060614015)

作者简介: 唐东明 (1979-), 男, 湖北人, 博士研究生, 主要研究方向为模式识别、计算生物信息学 (tdm_yc@uestc.edu.cn); 朱清新 (1954-), 男, 教授, 博导, 博士, 主要研究方向为计算运筹学、计算机图形与视觉、生物信息学; 杨凡 (1979-), 男, 江西人, 博士研究生, 主要研究方向为生物信息学; 白勇 (1984-), 男, 四川人, 博士研究生, 主要研究方向为生物信息学。

聚类的个数,通过调节 $s(k,k)$ 的值可以改变聚类的个数, $s(k,k)$ 值越大则点 k 越可能被选为类代表点。 $s(k,k)$ 被称为 preferences, 即偏度, 如果预先并不知晓哪些数据点适合作为类代表点, 则可以为 $s(k,k)$ 设置一个相同的值。 迭代计算的过程中, 有两类消息在数据点之间传递, 这两类消息反映了数据点之间的竞争, 同时也是一个证据收集与累加的过程。 数据点 k 为了成为类代表点需要从每个数据点 i 收集证据 $r(i,k)$, 它表示数据点 k 对点 i 的 responsibility, 用来度量数据点 k 适合作为数据点 i 的类代表的程度, 即点 k 对点 i 的吸引度。 数据点 i 从候选的类代表点 k 收集证据 $a(i,k)$, 表示数据点 i 对点 k 的 availability, 用来度量数据点 i 选择点 k 作为它的类代表点的适合程度, 即点 i 对点 k 的归属感。

每一次消息迭代传递过程都包含三个部分, 即更新吸引度以给出适应度、更新所有点的适应度以给出吸引度、给出吸引度和适应度监控类代表的决策并当决策 n 次迭代都没有变化的情况下终止算法。

AP 算法无须提前给出聚类的个数, 从消息的传递过程中依赖输入的偏度来产生适当的聚类数, 这样就能够基于一个先决适当条件来进行自动的模型选择, 通过调节偏度就能调节节点作为类代表的度。 AP 算法可以看做是一种搜索最小能量函数的方法, 用 c_1, c_2, \dots, c_N 表示相应的 N 个数据点的类代表, 则 $s(i, c_i)$ 就是数据点 i 到它的类代表点的相似度。 因此相应的能量函数为 $E(C) = \sum_{i=1}^N s(i, c_i)$ 。 实际上计算最小能量是很难的, 是一个 NP 难度 k 中值问题。 但是 AP 算法的更新迭代规则协调了固定点的递归来最小化为一个近似 Bethe 自由能量。

选址布局问题从本质上来说是一个 p -中值问题, 在各种约束条件下寻找某种最小的成本, 以使全部或平均性能最优, 因此传统的方法无法解决大规模的选址问题。 通过前面的叙述可知, 可以将选址问题中的候选点转换为 AP 算法中的数据点, 候选点之间的关系可以转换为相似度, 可以将选址前的一些先验信息转换为偏度。

2 基本模型和问题定义

一般的选址布局问题可以描述为: 在 N 个候选地址中选择适当的地址建设设施或机构。 下面给出一些基本的符号定义: X 为候选点描述, $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, 每个 $x_i (i = 1, \dots, n)$ 分别描述候选点的某一个特征; CA 为候选地址集合, $CA = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$, 该集合中可以包含已经存在的站点, 在此候选地址也可理解为测试地址; C 为选中的地址集合, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_i\}$; c 为每个候选地址所隶属的选中地址, $c = \{c_1, c_2, \dots, c_N\}$, $c_i \in C$; $s(i, j)$ 为候选地址 i 与 j 之间的关系。

由以上描述可知, 为了采用 AP 算法求解选址布局问题, 就需要将候选地址的特征采用数学形式进行描述, 并将候选地址之间的约束和关联关系转换为相似度信息, 最后最小化能量函数。 迭代运算找出的类代表点即为选中的地址。 下面将以消防站的选址布局问题为例详细阐述如何采用 AP 算法求解。

3 基于块划分的选址布局方法

城市消防规划在城市建设和发展中具有重要意义, 在选址布局消防站时一般受以下几个因素的影响^[2]: a) 最大化的服务能力, 即辐射区域要广; b) 最小化的平均服务距离, 即消

防站到事故发生地的距离要短; c) 最小化平均到达时间, 即消防站到辖区的事故发生地平均响应时间要短; d) 修建合理数量的消防站来满足需求; e) 高危险地区尽量靠近消防站; f) 要考虑人口密度。

文献[2]提出将一个大的规划区域划分成多个等面积的小区域, 并给每个小区域赋予不同的风险类型值的方法。 图 1 为文献[2]中将英国 Derbyshire 地区划分为 186×116 个小区域的一部分。 区块中的数字代表该区块的风险等级。



图1 文献[2]中的划分样例

为了规划选址消防站可以将要规划布局的整体区域划分成多个等面积的小区域, 划分出的小区域可以是方形也可以是多边形(六边形), 在每个小区域中选取一定数量的地点作为候选地址。 候选点按以下特征进行描述:

候选点 $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ 。 其中: x_1 表示候选点的水平方向上的坐标; x_2 表示候选点纵轴方向上的坐标; x_3 表示候选点所在小区域的风险等级(取值为 $1, \dots, 4$, 数值越大表示危险系数越高); x_4 表示小区域的人口总数占整个大区域的人口总数的比例; x_5 表示是否是已存在的消防站(取值为 $0, 1$, 1 表示已经存在)。 可以增加特征维数来描述一些特定的约束条件。 两个候选点之间的空间距离采用欧式距离来度量, 用式(2)描述:

$$D(i, j) = \sqrt{(X_{i1} - X_{j1})^2 + (X_{i2} - X_{j2})^2} \tag{2}$$

设一个消防站的最远服务距离为 L , 同时设定一个大的正值 T , 则两个候选点之间的相似度计算如式(3)所示。 在候选点比较多时(候选点高于 2 000), 对两点之间相似度很小的 $s(i, j)$ 数据可以抛弃, 这样就可以形成一个稀疏矩阵, 由前面的叙述可知 AP 算法能够处理这种情况。

$$s(i, j) = \begin{cases} -D(i, j) & \text{if } (D(i, j) < L) \\ -T & \text{if } (D(i, j) \geq L) \end{cases} \tag{3}$$

每个候选点的偏度按式(4)进行计算, M 为一个负值, 通常取所有相似度的中值, 但是为了得到特定数量的分类个数可以调节该值以满足设施总数的约束条件; θ 为一个正的小值; w_j 为相应特征分量的权值。 为了防止某个点的偏度过高, 设定了一个阈值 θ , 每个候选点的特征分量和相应的权值进行加权运算后就能够反映一个点在多大程度上能够当选类代表。 从式(4)中可以看出, 只要给出合适的权值就能够将候选点的特征反映到偏度中, 这样高危险的点就可能当选为类代表。

$$p_i = \min \{ -\theta, M \times (1 - e^{-\sum_{j=1}^5 w_j \times x_{ij}}) \} \tag{4}$$

4 基于道路网络的选址布局方法

在描述道路网络的选址布局方法前先给出空间道路网络的一些基本定义^[7-9]。

定义 1 图是指某类具体事务和这些事务之间的联系。 一个图 G 定义为一个有序对 (V, E, W) , 记为 $G = (V, E, W)$ 。 其中: V 是一个非空集合, 称为定点集合; E 是由 V 中的点组成的无序点对构成的集合, 称为边集; W 为边上的权值。 一个对象位于且仅位于一条网络边上, 该对象在本文中即表示候选点。 对于一个道路网络, 为了降低其复杂性, 可以将道路网络

的交叉口建模为网络图的节点,而将交叉口之间的路段建模为网络图的边^[7]。

定义 2 对象之间的距离是指两者在空间道路网络中的最短距离。

在实际的选址布局中,候选地址不只是局限于道路网络的交叉口,更多的是在网络的边上。当两个候选点在同一条道路上时它们之间的最短距离即为它们之间的距离,不在同一条道路上时只需计算它们所在道路的两个节点和另外一个候选点所在道路的两个节点间的最短距离,加上候选点到所在道路节点之间的距离,和的最小值即为两候选点间的最短距离。

道路网的规模一般都比较大,经典的 Dijkstra 最短路径算法的时间复杂度为 $O(|V| \log |V|)$ 。其中 V 为网络中的节点数,很显然当节点数目比较大时使用经典的 Dijkstra 算法将耗费极大的时间和空间。为了加速计算空间道路网络中的最短距离,目前已经产生了很多技术。文献^[10, 11]详细阐述比较了三种用于空间道路网络的快速计算最短路径的算法,即两队列的图增长算法、近似桶原理的 Dijkstra 算法和双桶 Dijkstra 算法。目前还有一些其他的算法^[12, 13],由于最短路径计算问题并不是本文的研究重点,在此不再详述。

为了选址消防站,可以在每条道路上选取一定数量的点作为候选点,同样道路的节点也可以看做是候选点,候选点按以下特征进行描述:候选点 $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ 。其中: x_1 、 x_2 表示候选点所在道路边的两个节点; x_3 表示候选点间的距离; x_4 表示候选点所在邻近区域的风险等级(取值为 1, ..., 4, 数值越大表示危险系数越高); x_5 表示道路所在街区人口占总人口数的比例; x_6 表示是否是已存在的消防站(取值为 0、1, 1 表示已经存在)。

两个候选点间的空间距离采用基于道路网络的最短路径距离来度量;候选点之间的相似度采用两点之间的最短距离来度量,运算方式如式(3)所示;候选点偏度的计算采用类似第 3 章的方法。

5 实验与分析

5.1 实验配置

实验用的数据集分为两类,即模拟数据集和真实数据集。模拟数据集采用算法随机生成,真实数据集来源于文献^[9]和 Florida State University 的 Li Fei-fei。

5.2 基于块划分的选址布局方法实验结果与分析

模拟数据集的生成采用如下方式:给定 $W \times H$ 的矩形区域,划分成 $n \times n$ 个 $(W/n) \times (H/n)$ 大小的区域,每个区域随机选择一定数量的候选点。分两种方式进行实验:a) 所有候选点公平竞争,即所有候选点具有相同的先决条件;b) 非公平竞争,即随机赋予候选点一些先决条件。

表 1 为设施资源总数无限制条件下针对不同的数据集进行仿真实验的结果。表中第一列为数据集的标号;第二列为选址布局区域的大小;第三列为划分的小区块的大小;第四列为候选点的个数;第五列为设施最远服务距离;第六列表示候选点是否公平竞争,公平竞争则表示所有候选点都有同等的机会竞争;第七列为已经存在的设施个数;第八列为计算选出的地址个数;第九列为按式(5)计算出的平均距离,式中的分子表示所有候选点到其类代表点的距离总和,分母表示类代表点的个数;第十列为按式(6)计算出的误差,式中分子表示候选点

到其类代表点的距离大于 L 的候选点的个数,分母为候选点的总数。表 1 中前三行的候选点都拥有相同的先决条件,后三行的数据被随机赋予了不同的风险等级、人口比例、是否是已存在设施所在位置。

表 1 区域划分法在设施资源总数不受限条件下的仿真实验结果

序号	区域大小	分块大小	候选点个数	最远服务距离 L	是否公平竞争	已存在设施个数	类代表个数	平均距离	误差
1	10 000 × 10 000	250 × 250	1 600	2 000	是	0	13	132 375	0.006 875
2	10 000 × 10 000	500 × 500	1 200	2 000	是	0	14	88 279	0.002 500
3	10 000 × 10 000	1 000 × 1 000	100	2 000	是	0	13	7 303	0.000 000
4	10 000 × 10 000	250 × 250	1 600	2 000	否	3	19	76 685	0.000 000
5	10 000 × 10 000	500 × 500	1 200	2 000	否	2	19	57 646	0.000 833
6	10 000 × 10 000	1 000 × 1 000	100	2 000	否	2	15	6 196	0.000 000

$$avrDis = \frac{\sum_{i=1}^N D(i, c_i)}{cNum} \quad (5)$$

$$err = \frac{number(D(i, c_i) > L)}{N} \quad (6)$$

图 2 对比了相同的候选点在公平竞争和非公平竞争条件下的选址结果,图中的黑点表示候选点所在的位置,候选点和其类代表点之间用直线相连;图 2(b) 中的候选点被随机赋予了风险等级、人口所占比例,并随机选择两个点作为已存在的设施,(b) 中带圆圈的点即为已存在的设施所在位置。从图中可以看出,已存在的点作为强力点明显地影响了选址的结果。

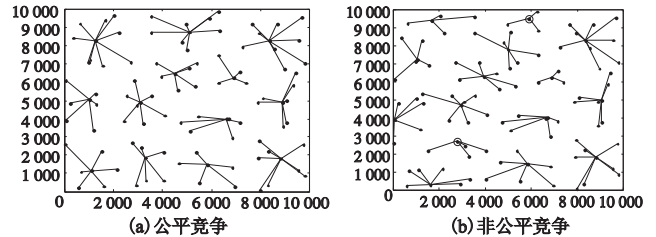


图 2 不同条件下的选址结果对比

从本文前面的叙述可知,最远服务距离 L 是人为设定的一个阈值,其值对产生类代表的数量有很大的影响。对表 1 中的编号为 1 的数据取不同的 L 值,测试对类代表数量的影响,图 3 为测试的结果。从图中可以看出随着 L 值的增大,类代表的个数最开始下降非常快,最后趋于平稳。

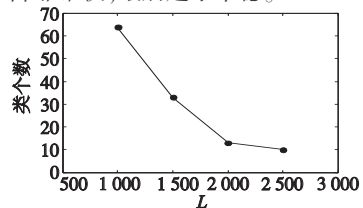


图 3 L 对聚类个数的影响

为了验证在设施资源总数有限的条件下选址布局,本文对表 1 中的数据在资源总数为 10 的条件下进行仿真实验,实验结果如表 2 所示。从表 2 中可以看出,限制可用资源总量导致平均距离和误差明显升高,候选点多的情况下影响尤为明显。

表 2 区域划分法在设施资源总数受限条件下的仿真实验结果

序号	区域大小	分块大小	候选点个数	最远服务距离 L	是否公平竞争	已存在设施个数	类代表个数	平均距离	误差
1	10 000 × 10 000	250 × 250	1 600	2 000	是	0	10	196 975	0.053 125
2	10 000 × 10 000	500 × 500	1 200	2 000	是	0	10	147 176	0.040 000
3	10 000 × 10 000	1 000 × 1 000	100	2 000	是	0	10	11 474	0.030 000
4	10 000 × 10 000	250 × 250	1 600	2 000	否	3	10	199 235	0.063 750
5	10 000 × 10 000	500 × 500	1 200	2 000	否	2	10	148 839	0.062 500
6	10 000 × 10 000	1 000 × 1 000	100	2 000	否	2	10	12 597	0.130 000

5.3 基于道路网络的选址布局方法实验结果与分析

文献^[9]给出的真实道路网络数据并不包含道路的长

度,因此结合 Li Fei-fei 的数据,结合两者的数据后将数据转换为网络图模型的数据。下面采用 Oldenburg 市的道路网络进行实验。

采用随机算法在 Oldenburg 市道路网络上生成不同数量的候选点,并且保证每条道路上最多出现一个候选点,以此生成的数据进行仿真实验。Oldenburg 市共有 7 035 条道路,6 105 个节点,表 3 为在设施资源不受限制条件下的仿真实验结果。表中的前三行候选点都拥有相同的先决条件,后三行的数据被随机赋予了不同的风险等级、人口比例、是否是已存在设施所在地址。从表中数据可以看出,候选点被赋予不同的先决条件后对比公平竞争时运算结果有了很大的变化,选出的类代表的个数明显增加,候选点数量比较多时类代表个数增加的尤为明显。表 4 为设施资源总数为 13 的条件下的仿真实验结果,对比表 3 可以发现平均距离和误差变化非常大。

表 3 道路网络法在设施资源总数不受限条件下的仿真实验结果

序号	区域大小	分块大小	候选点个数	最远服务距离 L	是否公平竞争	已存在设施个数	类代表个数	平均距离	误差
1	6 105	7 035	100	2 000	是	0	12	7 043	0.050 000
2	6 105	7 035	1 600	2 000	是	0	15	98 112	0.030 000
3	6 105	7 035	2 500	2 000	是	0	19	108 280	0.015 200
4	6 105	7 035	100	2 000	否	1	14	5 821	0.030 000
5	6 105	7 035	1 600	2 000	否	3	22	58 010	0.021 250
6	6 105	7 035	2 500	2 000	否	4	27	65 347	0.009 600

表 4 道路网络法在设施资源总数受限条件下的仿真实验结果

序号	区域大小	分块大小	候选点个数	最远服务距离 L	是否公平竞争	已存在设施个数	类代表个数	平均距离	误差
1	6 105	7 035	100	2 000	是	0	13	6 181	0.040 000
2	6 105	7 035	1 600	2 000	是	0	13	122 582	0.043 750
3	6 105	7 035	2 500	2 000	是	0	13	188 577	0.039 600
4	6 105	7 035	100	2 000	否	1	13	6 527	0.040 000
5	6 105	7 035	1 600	2 000	否	3	13	126 198	0.056 875
6	6 105	7 035	2 500	2 000	否	4	13	197 510	0.069 200

基于块划分的选址布局方法是一种比较粗略的选址布局方法,候选点之间的相似程度采用直接的空间直线距离来描述,并不能完全反映候选点之间的真实情况。在现实环境中,候选点之间的相似距离更多地取决于物理的道路网络和交通状况,因此基于道路网络的选址布局方法更能反映真实情况,作出更加精确的决策。但是在道路网络比较复杂、节点数较多的情况下,候选点之间的相似度计算对时间和空间的消耗都较大。

对两种方法进行仿真实验并对比后可知,基于块划分的选址布局方法比较适宜对大片区域,如森林防火、新建城市和片区的规划布局,基于道路网络的选址布局方法比较适宜城市精确选址布局设施、商业网点等。

6 结束语

本文在研究了 AP 算法后提出了两种求解选址布局问题的方法,将问题中候选点之间的距离转换为 AP 算法中的相似度,并且将候选点的信息映射为特征,以特征加权后的值的和来决定候选点偏度。这种方法很好地结合了 AP 算法和求解选址布局问题的特点。方法的求解结果可以为决策提供依据信息,并且在预先不知道多少设施可以满足要求的情况下,算法能够自动提供合适的设施个数。实验证明本文提出的方法是有效可靠的,特别适用于大规模的精选址。

参考文献:

- [1] BADRI M A, MORTAGY A K, ALSAYED C A. Multi-objective model for locating fire stations[J]. *European Journal of Operational Research*, 1998, 110(2): 243-260.
- [2] YANG Li-li, BRYAN F J, YANG Shuang-hua. A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms[J]. *European Journal of Operational Research*, 2007, 181(2): 903-915.
- [3] DANIEL S, VLADIMIR M. The p -median problem in a changing network: the case of Barcelona[J]. *Location Science*, 1998, 6(2): 383-394.
- [4] LEE S D. On solving unreliable planar location problems[J]. *Computers and Operations Research*, 2001, 28(4): 329-344.
- [5] 张宏远, 谷寒雨, 席裕庚. 基于聚类分解的 WCDMA 基站布局规划算法[J]. *控制与决策*, 2006, 21(2): 213-216.
- [6] BRENDAN J F, DELBERT D. Clustering by passing messages between data points[J]. *Science*, 2007, 315(5814): 972-976.
- [7] 陈继东, 孟小峰, 赖彩凤. 基于道路网络的对象聚类[J]. *软件学报*, 2007, 18(2): 332-344.
- [8] MAN L Y, NIKOS M. Clustering objects on a spatial network[C]// *Proc of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*. New York: ACM Press, 2004: 443-454.
- [9] THOMAS B. A framework for generating network-based moving objects[J]. *Geoinformatica*, 2002, 6(2): 153-180.
- [10] ZHAN F B. Three fastest shortest path algorithms on real road networks: data structures and procedures[J]. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 1997, 1(1): 69-82.
- [11] ZHAN F B, NOON C E. Shortest path algorithms: an evaluation using real road networks[J]. *Transportation Science*, 1998, 32(1): 65-73.
- [12] MANOLIS T, SPIRIDON B, DIMITRIS P, et al. Constrained shortest path computation[C]// *Lecture Notes in Computer Science*. Berlin: Springer, 2005: 181-199.
- [13] MAN L Y, DIMITRIS P, PAPADIAS D, et al. Reverse nearest neighbors in large graphs[J]. *IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering*, 2006, 18(4): 540-559.

下期要目

概念匹配方法综述

电子商务系统信任管理研究综述

语音端点检测技术研究进展

一种改进的异构多处理器的实时任务调度算法研究

分工合作的加权蚁群算法

基于多路径的最优数据分配算法

一种基于地磁感应的车型分类算法

应急资源本体模型研究

一种基于知网的中文句子情感倾向判别方法

一种自动化的渗透测试系统的设计与实现

一种缩短共享存储访问时延的优化仲裁技术

基于拷贝模型的复杂网络鲁棒性研究

基于傅里叶模型的最佳网络流量预测

车载安全应用广播性能分析

标准模型下群签名的批验证协议

基于聚类推荐的 P2P 信任模型

基于轴变形的脚植匹配方法

特征融合与视觉目标跟踪

遮挡情况下的多目标跟踪算法

置信度判别嵌入式隐马尔可夫模型人脸识别

基于主色跟踪和质心运动的视频场景分割