



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112082564 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 06

(21) 申请号 202010805405.8

(22) 申请日 2020.08.11

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112082564 A

(43) 申请公布日 2020.12.15

(73) 专利权人 东莞理工学院  
地址 523808 广东省东莞市松山湖科技产  
业园区大学路1号

(72) 发明人 丁焯 王杰 廖清

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限  
公司 44202  
专利代理师 陈旭红 吴落

(51) Int. Cl.  
G01C 21/30 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2019204096 A1, 2019.07.04

CN 110427360 A, 2019.11.08

CN 110717350 A, 2020.01.21

CN 111121791 A, 2020.05.08

CN 103308047 A, 2013.09.18

审查员 姜澜

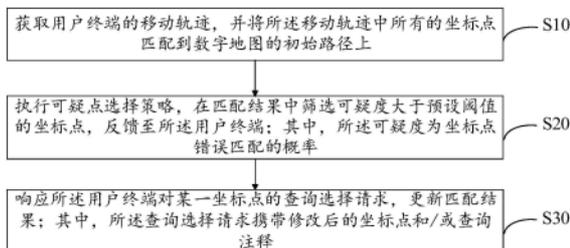
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种交互式地图匹配方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种交互式地图匹配方法,包括:获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上;执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配结果;其中,所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。本发明提供的交互式地图匹配方法,通过将人工计算和机器算法结合,提高了地图匹配结果的精度,同时结合特定的查询方法,有效减少人工标注,降低了人工作业的成本。



1. 一种交互式地图匹配方法,其特征在于,包括:

获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上,包括:基于维特比算法的交互式地图匹配算法,具体为:

计算坐标点 $p_i$ 的状态序列,采用公式如下:

$$C(i, j) = \begin{cases} O(i, j) & \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k = j \\ 0 & \exists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k \neq j \\ \Pr(e_{i,j}|p_i) \times O(i, j) & \nexists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M' \end{cases};$$

$$O(i, j) = \begin{cases} 1 & i = 1 \\ \max_{1 \leq k \leq r} C(i-1, k) \Pr(e_{i-1,k}, e_{i,j}|p_{i-1}, p_i) & i > 1 \end{cases};$$

其中, $C(i, j)$ 表示状态序列 $p_i = (e_{1,j_1}, e_{2,j_2}, \dots, e_{i,j_i})$ 以 $e_{i,j}$ 为最终状态时的最高概率;

处理最后一个观察值时,递归终止,然后通过以下公式,从最后一个隐藏状态反向检索产生 $C(i, j)$ 的最佳状态序列:

$$e_{i,j_i} = \begin{cases} \arg \max_{1 \leq j \leq r} C(i, j) & i = n \\ \arg \max_{1 \leq j \leq r} \frac{C(i+1, j)}{\Pr(e_{i,j}, e_{i+1,j_{i+1}}|p_i, p_{i+1})} & 1 \leq i < n \end{cases};$$

执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;

响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配结果;其中,所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。

2. 根据权利要求1所述的交互式地图匹配方法,其特征在于,所述将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上,采用基于隐马尔可夫的地图匹配模型,包括:

计算坐标点 $p_i$ 匹配路段的发射概率,采用公式如下:

$$\Pr(e_{i,j}|p_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\text{pdist}(e_{i,j}, p_i)}{\delta} \right)^2};$$

其中, $\delta$ 是测量噪声的标准差, $\text{pdist}(e_{i,j}, p_i)$ 为坐标点与路段之间的最短垂直距离;

计算坐标点 $p_i$ 到 $p_{i+1}$ 的转变概率,采用公式如下:

$$\Pr(e_{i,j_i}, e_{i+1,j_{i+1}}|p_i, p_{i+1}) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{|\text{cdist}(p_i, p_{i+1}) - \text{route}(p_i, p_{i+1})|}{\beta}};$$

其中, $\text{cdist}(p_i, p_{i+1})$ 表示两点间的地球表面弧形距离, $\text{route}(p_i, p_{i+1})$ 就表示沿着路段 $e_{i,j}$ 从点 $p_i$ 行驶到路段 $e_{i,j+1}$ 到达点 $p_{i+1}$ 的行驶距离;

根据所述发射概率和所述转变概率进行地图坐标匹配。

3. 根据权利要求2所述的交互式地图匹配方法,其特征在于,所述基于隐马尔可夫的地

图匹配模型还包括,基于可疑坐标点的路程选择算法,具体为:

根据香农熵和每个坐标点匹配到不同路段的发射概率计算所述坐标点的不确定性,具体公式如下:

$$H(p_i) = - \sum_{j=1}^r \Pr(e_{i,j}|p_i) \log(\Pr(e_{i,j}|p_i))$$

筛选出不确定性最小的坐标点作为下一个待匹配目标点。

4. 根据权利要求2所述的交互式地图匹配方法,其特征在于,所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括,基于置信度的算法,具体为:

将坐标点的发射概率和转变概率的乘积作为置信度,采用公式如下:

$$\Pr(\langle p_k, e_{k,l} \rangle) = \Pr(P_{k,l}) = \prod_{i=1}^n \Pr(e_{i,j_i}|p_i) \times \prod_{i=1}^{n-1} \Pr(e_{i,j_i}, e_{i+1,j_{i+1}}|p_i, p_{i+1})$$

5. 根据权利要求4所述的交互式地图匹配方法,其特征在于,所述置信度的算法还包括动态置信度的选择方法,具体为:

在当前坐标点被匹配时,判断所述坐标点的前一个匹配点是否影响后续匹配的不确定性,若否,则继续进行下一个坐标点匹配;若是,对所述当前坐标点重新匹配。

6. 一种交互式地图匹配系统,其特征在于,包括:

初始坐标匹配单元,用于获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上,包括:基于维特比算法的交互式地图匹配算法,具体为:

计算坐标点 $p_i$ 的状态序列,采用公式如下:

$$C(i, j) = \begin{cases} O(i, j) & \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k = j \\ 0 & \exists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k \neq j \\ \Pr(e_{i,j}|p_i) \times O(i, j) & \nexists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M' \end{cases};$$

$$O(i, j) = \begin{cases} 1 & i = 1 \\ \max_{1 \leq k \leq r} C(i-1, k) \Pr(e_{i-1,k}, e_{i,j}|p_{i-1}, p_i) & i > 1 \end{cases};$$

其中, $C(i, j)$ 表示状态序列 $p_i = (e_{1,j_1}, e_{2,j_2}, \dots, e_{i,j_i})$ 以 $e_{i,j}$ 为最终状态时的最高概率;

处理最后一个观察值时,递归终止,然后通过以下公式,从最后一个隐藏状态反向检索产生 $C(i, j)$ 的最佳状态序列:

$$e_{i,j_i} = \begin{cases} \arg \max_{1 \leq j \leq r} C(i, j) & i = n \\ \arg \max_{1 \leq j \leq r} \frac{C(i+1, j)}{\Pr(e_{i,j}, e_{i+1,j_{i+1}}|p_i, p_{i+1})} & 1 \leq i < n \end{cases};$$

可疑点选择单元,用于执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;

匹配结果更新单元,用于响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配

结果;其中,所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。

7.一种计算机终端设备,其特征在于,包括:

一个或多个处理器;

存储器,与所述处理器耦接,用于存储一个或多个程序;

当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器实现如权利要求1至5任一项所述的交互式地图匹配方法。

8.一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行实现如权利要求1至5任一项所述的交互式地图匹配方法。

## 一种交互式地图匹配方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及道路网络匹配及定位技术领域,尤其涉及一种交互式地图匹配方法、系统、终端设备和计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 目前,许多基于GPS的车辆位置数据的手机基站定位系统在使用时都需要地图匹配,通过将GPS点与道路网络对齐来对其进行预处理。地图匹配的难点在于原始轨迹数据通常不包含运动对象的实际路径,并且切合实际的行走轨迹很难测试或评估任何的地图匹配算法。现有技术提供的地图匹配方法,往往存在以下问题:第一,通过人工手动收集地面实况花费成本高且效率低;第二,在采样点标注时,依赖人工手动将每个采样点标注到合适候选路段,不仅过程繁琐,操作复杂,且标注结果的精度无法得到保障;第三,现有的地图匹配系统在查询时无法利用注释者反馈及时更新,导致查询时经常出现无效查询,进一步增加了匹配作业的工作量,浪费时间。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种交互式地图匹配方法,通过将人工计算和机器算法结合,提高了地图匹配结果的精度,同时结合特定的查询方法,有效减少人工标注,降低了人工作业的成本。

[0004] 为了克服上述现有技术中的缺陷,本发明实施例提供了一种交互式地图匹配方法,包括:

[0005] 获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上;

[0006] 执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;

[0007] 响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配结果;其中,所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。

[0008] 进一步地,所述将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上,采用基于隐马尔可夫的地图匹配模型,包括:

[0009] 计算坐标点 $p_i$ 匹配路段的发射概率,采用公式如下:

$$[0010] \quad \Pr(e_{i,j}|p_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\text{pdist}(e_{i,j}, p_i)}{\delta} \right)^2};$$

[0011] 其中, $\delta$ 是测量噪声的标准差, $\Pr(e_{i,j}|p_i)$ 为坐标点与路段之间的最短垂直距离;

[0012] 计算坐标点 $p_i$ 到 $p_{i+1}$ 的转变概率,采用公式如下:

$$[0013] \quad \Pr(e_{i,j_i}, e_{i+1,j_{i+1}} | p_i, p_{i+1}) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{|\text{cdist}(p_i, p_{i+1}) - \text{route}(p_i, p_{i+1})|}{\beta}}$$

[0014] 其中,  $\text{cdist}(p_i, p_{i+1})$  表示两点间的地球表面弧形距离,  $\text{route}(p_i, p_{i+1})$  就表示沿着路段  $e_{i,j}$  从点  $p_i$  行驶到路段  $e_{i,j+1}$  到达点  $p_{i+1}$  的行驶距离;

[0015] 根据所述发射概率和所述转变概率进行地图坐标匹配。

[0016] 进一步地, 所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括, 基于维特比算法的交互式地图匹配算法, 具体为:

[0017] 计算坐标点  $p_i$  的状态序列, 采用公式如下:

$$[0018] \quad C(i, j) = \begin{cases} O(i, j) & \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k = j \\ 0 & \exists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k \neq j \\ \Pr(e_{i,j} | p_i) \times O(i, j) & \nexists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M' \end{cases};$$

$$[0019] \quad O(i, j) = \begin{cases} 1 & i = 1 \\ \max_{1 \leq k \leq r} C(i-1, k) \Pr(e_{i-1,k}, e_{i,j} | p_{i-1}, p_i) & i > 1 \end{cases};$$

[0020] 其中,  $C(i, j)$  表示状态序列  $p_i = (e_{1,j_1}, e_{2,j_2}, \dots, e_{i,j_i})$  以  $e_{i,j}$  为最终状态时的最高概率。

[0021] 处理最后一个观察值时, 递归终止。然后通过以下公式 (也称为后向公式), 从最后一个隐藏状态 (每个步骤中的最高概率  $C(i, j)$ ) 的最后一个隐藏状态反向检索产生  $C(i, j)$  的最佳状态序列:

$$[0022] \quad e_{i,j_i} = \begin{cases} \arg \max_{1 \leq j \leq r} C(i, j) & i = n \\ \arg \max_{1 \leq j \leq r} \frac{C(i+1, j)}{\Pr(e_{i,j}, e_{i+1,j_{i+1}} | p_i, p_{i+1})} & 1 \leq i < n \end{cases}.$$

[0023] 进一步地, 所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括, 基于可疑坐标点的路程选择算法, 具体为:

[0024] 根据香农熵和每个坐标点匹配到不同路段的发射概率计算所述坐标点的不确定性, 具体公式如下:

$$[0025] \quad H(p_i) = - \sum_{j=1}^r \Pr(e_{i,j} | p_i) \log(\Pr(e_{i,j} | p_i))$$

[0026] 筛选出不确定性最小的坐标点作为下一个待匹配目标点。

[0027] 进一步地, 所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括, 基于置信度的算法, 具体为:

[0028] 将坐标点的发射概率和转变概率的乘积作为置信度, 采用公式如下:

$$[0029] \quad \Pr(\langle p_k, e_{k,l} \rangle) = \Pr(P_{k,l}) = \prod_{i=1}^n \Pr(e_{i,j_i} | p_i) \times \prod_{i=1}^{n-1} \Pr(e_{i,j_i}, e_{i+1,j_{i+1}} | p_i, p_{i+1})$$

[0030] 进一步地,所述置信度的算法还包括动态置信度的选择方法,具体为:

[0031] 在当前坐标点被匹配时,判断所述坐标点的前一个匹配点是否影响后续匹配的不确定性,若否,则继续进行下一个坐标点匹配;若是,对所述当前坐标点重新匹配。

[0032] 进一步地,所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括,基于稳定性的算法,具体为:

[0033] 计算影响当前坐标点匹配结果的其他所有坐标点的稳定性,采用公式如下:

$$[0034] \quad S(p_i) = |D_{p_i}|;$$

[0035] 其中, $D_{p_i}$ 是一个集合,包含了所有对点 $p_i$ 没有影响的点, $S(p_i)$ 为该集合的绝对值;

[0036] 筛选 $S(p_i)$ 值最小的可疑点,将所述可疑点反馈给标注者进行再次考核。

[0037] 本发明实施例还提供一种交互式地图匹配系统,包括:

[0038] 初始坐标匹配单元,用于获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上;

[0039] 可疑点选择单元,用于执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;

[0040] 匹配结果更新单元,用于响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配结果;其中,所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。

[0041] 本发明实施例还提供了一种计算机终端设备,包括:

[0042] 一个或多个处理器;

[0043] 存储器,与所述处理器耦接,用于存储一个或多个程序;

[0044] 当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器实现如上所述的交互式地图匹配方法。

[0045] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行实现如上所述的交互式地图匹配方法。

[0046] 相对于现有技术,本发明实施例至少存在如下有益效果:

[0047] (1) 框架以迭代的方式将人类的工作与算法结合在一起,以实现较高的地图匹配精度;

[0048] (2) 本发明提供的地图匹配算法基于HIMM,该算法可以考虑任意数量的人的标注,其输入信息可以大大提高准确性。

[0049] (3) 提出了不同的查询选择方法,以有效减少需要人工标注的工作量。与传统方法相比,HIMM查询选择策略最多可以减少44%的查询;

[0050] (4) 使用现实世界真实数据集、综合数据集和合成轨迹数据集对系统进行实验并分析实验结果,显著地降低了人工的成本。

## 附图说明

[0051] 图1是本发明某一实施例提供的交互式地图匹配方法的流程示意图;

[0052] 图2是本发明某一实施例提供的交互式地图匹配系统的总体框架图;

- [0053] 图3是本发明某一实施例提供的交互式地图匹配模型的结构示意图；
- [0054] 图4是本发明某一实施例提供的基于可疑点选择策略的几种选择结果图；
- [0055] 图5是本发明某一实施例提供的交互式地图匹配系统的结构示意图。

### 具体实施方式

[0056] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0057] 应当理解,文中所使用的步骤编号仅是为了方便描述,不对作为对步骤执行先后顺序的限定。

[0058] 应当理解,在本发明说明书中所使用的术语仅仅是出于描述特定实施例的目的而并不意在限制本发明。如在本发明说明书和所附权利要求书中所使用的那样,除非上下文清楚地指明其它情况,否则单数形式的“一”、“一个”及“该”意在包括复数形式。

[0059] 术语“包括”和“包含”指示所描述特征、整体、步骤、操作、元素和/或组件的存在,但并不排除一个或多个其它特征、整体、步骤、操作、元素、组件和/或其集合的存在或添加。

[0060] 术语“和/或”是指相关联列出的项中的一个或多个的任何组合以及所有可能组合,并且包括这些组合。

[0061] 第一方面:

[0062] 请参阅图1,本发明某一实施例提供了一种交互式地图匹配方法,包括:

[0063] S10、获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上;

[0064] 本步骤中,需要说明的是,系统利用地图匹配算法生成初始路径,并将该路径以及原始轨迹显示在数字地图上;其中,轨迹是由一组包含经度、纬度、时间戳的位置点所构成,但是这些点由于噪音测试和样例采集的偏差也会变得不精确。地图匹配的基本难点在于,原始轨迹数据(尤其是在被动收集位置信息时)通常不包含运动对象的实际路径。并且贴切实际的行走轨迹,就很难测试或评估任何的地图匹配算法。本步骤中,将坐标点匹配到数字地图上时,采用交互式的地图匹配方式,利用地图匹配的算法将轨迹中所有的点匹配到地图中对应的路段上,其中,路段指的是处于两个路口之间径直的一段路。

[0065] S20、执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;

[0066] 在本步骤中,会针对可疑度设置一阈值,针对匹配的结果,将可疑度与该阈值进行比较,若小于或等于该阈值,则认为该坐标点匹配成功;否则,将其筛选出来反馈至用户终端,用户再重新匹配,直至匹配完所有的坐标点;其中,可疑度指的是坐标点错误匹配的概率,坐标点错误匹配的概率越大,则可疑度越高,二者呈正相关关系。

[0067] S30、响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配结果;其中,所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。

[0068] 本步骤中,在匹配完成之后,用户端会对坐标点的匹配结果进行查询,以更新匹配结果。因为系统会在每次人工标注之后继续更新显示路径,并利用注释者反馈的信息来改

善匹配结果,在查询时可以直接以坐标点为关键字进行查询或者以相关注释为关键字进行查询。

[0069] 本发明实施例提供的一种交互式地图匹配方法,通过将人工计算和机器算法结合,提高了地图匹配结果的精度,同时结合特定的查询方法,有效减少人工标注,降低了人工作业的成本。

[0070] 第二方面:

[0071] 请参阅图2,本发明某一实施例提供了一种交互式地图匹配系统的总体框架图,在一开始,需要取出需要地图匹配的轨迹,那么HIMM就用其地图匹配的算法将轨迹中所有的点匹配到地图中对应的路段上(路段指的是处于两个路口之间径直的一段路)然后HIMM会将匹配的结果绘制到数字地图上来让标注者直观的观察轨迹匹配的正确与否,如果标注者觉得轨迹匹配有问题,那么标注者会接收到一个来自疑点选择策略发送过来的最有可能错误匹配的坐标点,接着标注者就可以选择重新匹配该坐标点或者认为该坐标点没有问题。如此循环往复直到我们认为图中所有的点都匹配正确,此项工作就此完成。

[0072] 第三方面:

[0073] 本发明某一实施例提供的一种交互式地图匹配方法中,采用基于隐马尔可夫的地图匹配模型,首先任意点 $p$ 有不同的可能性被匹配到地图上的路段,我们把坐标点 $p$ 匹配到一条路段的概率成为发射概率,而每一条有可能与坐标点对应上的路段成为点 $p$ 的一个隐状态,计算坐标点 $p_i$ 匹配路段的发射概率,采用公式如下:

$$[0074] \quad \Pr(e_{i,j}|p_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{\text{pdist}(e_{i,j}, p_i)}{\delta} \right)^2} ;$$

[0075] 其中, $\delta$ 是测量噪声的标准差, $\text{pdist}(e_{i,j}|p_i)$ 为坐标点与路段之间的最短垂直距离;

[0076] 在实际情况中,轨迹在行进间是有可能改变路段的,所以还涉及到一个转变概率的概念,当沿着路段 $e_{i,j}$ 行驶到路段 $e_{i,j+1}$ 的距离要小于 $p_i$ 与 $p_{i+1}$ 之间的地球表面弧形距离时,就意味着从 $p_i$ 到 $p_{i+1}$ 的转变概率是比较大的。计算坐标点 $p_i$ 到 $p_{i+1}$ 的转变概率,采用公式如下:

$$[0077] \quad \Pr(e_{i,j_i}, e_{i+1,j_{i+1}}|p_i, p_{i+1}) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{|\text{cdist}(p_i, p_{i+1}) - \text{route}(p_i, p_{i+1})|}{\beta}} ;$$

[0078] 其中, $\text{cdist}(p_i, p_{i+1})$ 表示两点间的地球表面弧形距离, $\text{route}(p_i, p_{i+1})$ 就表示沿着路段 $e_{i,j}$ 从点 $p_i$ 行驶到路段 $e_{i,j+1}$ 到达点 $p_{i+1}$ 的行驶距离;

[0079] 然后根据所述发射概率和所述转变概率进行地图坐标匹配,其中利用这两个概率进行交互式地图匹配的模型如图3所示。

[0080] 本实施例中,进一步地,所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括,基于维特比算法的交互式地图匹配算法,具体为:

[0081] 计算坐标点 $p_i$ 的状态序列,采用公式如下:

$$[0082] \quad C(i, j) = \begin{cases} O(i, j) & \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k = j \\ 0 & \exists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M', k \neq j \\ \Pr(e_{i,j}|p_i) \times O(i, j) & \nexists \langle p_i, e_{i,k} \rangle \in M' \end{cases};$$

$$[0083] \quad O(i, j) = \begin{cases} 1 & i = 1 \\ \max_{1 \leq k \leq r} C(i-1, k) \Pr(e_{i-1,k}, e_{i,j}|p_{i-1}, p_i) & i > 1 \end{cases};$$

[0084] 其中,  $C(i, j)$  表示状态序列  $p_i = (e_{1,j_1}, e_{2,j_2}, \dots, e_{i,j_i})$  以  $e_{i,j}$  为最终状态时的最高概率。

[0085] 处理最后一个观察值时, 递归终止。然后通过以下公式(也称为后向公式), 从最后一个隐藏状态(每个步骤中的最高概率  $C(i, j)$ ) 的最后一个隐藏状态反向检索产生  $C(i, j)$  的最佳状态序列:

$$[0086] \quad e_{i,j_i} = \begin{cases} \arg \max_{1 \leq j \leq r} C(i, j) & i = n \\ \arg \max_{1 \leq j \leq r} \frac{C(i+1, j)}{\Pr(e_{i,j}, e_{i+1,j_{i+1}}|p_i, p_{i+1})} & 1 \leq i < n \end{cases}。$$

[0087] 与维特比算法相似, 我们的交互式地图匹配算法使用动态编程以递归的方式快速找到最佳状态序列。当算法计算局部最优概率  $C(i, j)$  时, 对于每个隐藏状态  $e_{i,j}$  作为第一次  $i$  观测的最终状态, 它首先检查  $p_i$  是否由注释者人工匹配的。如果是的话, 算法会排除  $p_i$  的所有候选隐藏状态, 除了  $e_{i,j}$ , 由注释者选择(即  $\langle p_i, e_{i,j} \rangle \in M'$ ) 通过修改发射概率  $\Pr(e_{i,j}|p_i)$  为 1, 所有其他发射概率  $\Pr(e_{i,k}|p_i)$  为 0。否则, 发射概率即为  $\Pr(e_{i,j}|p_i)$ 。这样, 就保证了所有为 0 的  $C(i, k)$  (其中  $1 \leq k \leq r, k \neq j$ ) 与反向公式选择了包含对于特定  $C(i, j)$  的  $e_{i,j}$ 。

[0088] 本实施例中, 还提供了基于路程的策略, 即基于可疑坐标点的路程选择算法, 具体为:

[0089] 根据香农熵和每个坐标点匹配到不同路段的发射概率计算所述坐标点的不确定性, 具体公式如下:

$$[0090] \quad H(p_i) = - \sum_{j=1}^r \Pr(e_{i,j}|p_i) \log(\Pr(e_{i,j}|p_i))$$

[0091] 筛选出不确定性最小的坐标点作为下一个待匹配目标点。

[0092] 需要说明的是, 当要进行坐标点与路段之间的匹配时, 首先想到的思路应该是基于距离的方法, 但也会出现一些不确定的情况。例如图 4(a) 中的情况,  $p_1$  非常地接近路段  $e_1$ , 并且  $p_3$  非常地接近路段  $e_7$ , 所以  $p_1$  就应该匹配到  $e_1$ ,  $p_3$  就应该匹配到  $e_7$ , 这两点毋庸置疑。但考察到  $p_2$  会发现该点与路段  $e_2, e_3, e_6$  的距离几乎一样, 这就为  $p_2$  的匹配带来很多不确定性。在测量不确定性策略中, 有一个概念叫香农熵。香农熵与概率分布有密切的关系。所以我们可以用每一个点匹配到不同路段的发射概率来计算一个点的不确定性。之后, 再找出不确定性最小的坐标点来作为下一个要匹配的目标, 这就是基于距离的可疑坐标点选择策略。

[0093] 本实施例中, 还提供了基于置信度的策略, 即基于置信度的算法, 具体为:

[0094] 将坐标点的发射概率和转变概率的乘积作为置信度,采用公式如下:

$$[0095] \quad \Pr(\langle p_k, e_{k,l} \rangle) = \Pr(P_{k,l}) = \prod_{i=1}^n \Pr(e_{i,j_i} | p_i) \times \prod_{i=1}^{n-1} \Pr(e_{i,j_i}, e_{i+1,j_{i+1}} | p_i, p_{i+1})$$

[0096] 需要说明的是,在基于距离的策略中,只考虑了点与路段之间的距离关系,而忽略了点与点之间的拓扑关系,一个错的点拓扑会导致匹配到的路段发生绕路。具体看图4(b),点 $p_2$ 到路段 $e_2$ 和 $e_4$ 的距离几乎一样,但对于点 $p_3$ , $p_3$ 是在路段 $e_5$ 和路段 $e_3$ 当中离 $e_5$ 是比较近的,那么这个时候在点 $p_2$ 处就会存在不确定性。如果 $p_2$ 错误地被匹配到 $e_4$ ,那么后面的轨迹就绕一段路(先经过 $e_8$ 再到 $e_5$ )。所以为了将点的拓扑性也利用起来,定义了点匹配的置信度,这个置信度是所有点可能的发射概率和转变概率的乘积。可以看出来置信度不仅将点匹配到不同路段的概率考虑进来,并且将下一段可能的行驶路段概率也考虑进来了。这就使得点与点之间的拓扑更具有合理性。

[0097] 进一步地,所述置信度的算法还包括动态置信度的选择方法,具体为:

[0098] 在当前坐标点被匹配时,判断所述坐标点的前一个匹配点是否影响后续匹配的不确定性,若否,则继续进行下一个坐标点匹配;若是,对所述当前坐标点重新匹配。

[0099] 需要说明的是,在应用置信度策略之前有一个前提就是在匹配一个点的时候,其他的点是没有被匹配到地图中的。有一种潜在的问题就是我们在匹配某个点的时候可能会受其他点的影响。考虑这样一种,如图4(c),点 $p_1, p_2, p_3$ 看似都可以被匹配到路段 $e_1$ 或 $e_2$ ,如果这时有一个点被错误地匹配了并且其不确定性还很低,意味着该点很大几率不再重新考核,那这个时候,图4(c)中不确定性大的三个点就会一一被考核,若 $p_2$ 被对应到 $e_2$ ,那么点 $p_1$ 和 $p_3$ 的不确定性就会降低,但实际上这两个点肯定是有有一个不能被匹配到 $e_1$ 的,这会使得后续匹配出错。所以我们需要一种策略当一个点被匹配时还要综合考虑之前已经匹配过的点,并判断是否已匹配过的点会不会影响后续匹配的不确定性。在每次匹配过后,都要重新考量已匹配的点的确定性。

[0100] 进一步地,所述基于隐马尔可夫的地图匹配模型还包括,基于稳定性的算法,具体为:

[0101] 计算影响当前坐标点匹配结果的其他所有坐标点的稳定性,采用公式如下:

$$[0102] \quad S(p_i) = |D_{p_i}|;$$

[0103] 其中, $D_{p_i}$ 是一个集合,包含了所有对点 $p_i$ 没有影响的点, $S(p_i)$ 为该集合的绝对值;

[0104] 筛选 $S(p_i)$ 值最小的可疑点,将所述可疑点反馈给标注者进行再次考核。

[0105] 其中,在实际中轨迹中的点是会相互影响的,而那些容易被其他点影响的坐标点在做匹配工作时,应该综合考量对其有影响的所有点的情况。具体如图4(d),点 $p_1, p_2, p_3, p_4$ 被匹配到路段 $e_1$ 或 $e_2$ 的可能性几乎相同,当我们要对 $p_1$ 进行匹配时,可以看出其他三个点的有无对 $p_1$ 匹配到路段 $e_1$ 或 $e_2$ 的概率不会有什么影响。但对于点 $p_5$ 来说,若 $p_6$ 或 $p_7$ 其中一个去掉之后,就会对 $p_5$ 的匹配有很大的影响。这说明 $p_5$ 的稳定性更低。所以重新考察 $p_5$ 的可能性会远远高于考察 $p_1$ 的可能性。不确定度测量的另一个策略是稳定性。 $D_{p_i}$ 是一个集合,集合中包含了所有对点 $p_i$ 没有影响的点,可以看出 $S(p_i)$ 越高代表着对其有影响的点越少。稳定性策略即是要选出 $S(p_i)$ 值最小的可疑点反馈给标注者进行再考核。

[0106] 第四方面:

[0107] 请参阅图5,本发明某一实施例还提供了一种交互式地图匹配系统,包括:

[0108] 初始坐标匹配单元01,用于获取用户终端的移动轨迹,并将所述移动轨迹中所有的坐标点匹配到数字地图的初始路径上;

[0109] 可疑点选择单元02,用于执行可疑点选择策略,在匹配结果中筛选可疑度大于预设阈值的坐标点,反馈至所述用户终端;其中,所述可疑度为坐标点错误匹配的概率;

[0110] 匹配结果更新单元03,用于响应所述用户终端对某一坐标点的查询选择请求,更新匹配结果;其中所述查询选择请求携带修改后的坐标点和/或查询注释。

[0111] 第五方面:

[0112] 本发明某一实施例还提供了一种计算机终端设备,包括:一个或多个处理器;存储器,与所述处理器耦接,用于存储一个或多个程序;当所述一个或多个程序被所述一个或多个处理器执行,使得所述一个或多个处理器实现如上所述的交互式地图匹配方法。

[0113] 处理器用于控制该计算机终端设备的整体操作,以完成上述的全自动用电量预测方法的全部或部分步骤。存储器用于存储各种类型的数据以支持在该计算机终端设备的操作,这些数据例如可以包括用于在该计算机终端设备上操作的任何应用程序或方法的指令,以及应用程序相关的数据。该存储器可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现,例如静态随机存取存储器(Static Random Access Memory,简称SRAM),电可擦除可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory,简称EEPROM),可擦除可编程只读存储器(Erasable Programmable Read-Only Memory,简称EPROM),可编程只读存储器(Programmable Read-Only Memory,简称PROM),只读存储器(Read-Only Memory,简称ROM),磁存储器,快闪存储器,磁盘或光盘。

[0114] 计算机终端设备可以被一个或多个应用专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,简称ASIC)、数字信号处理器(Digital Signal Processor,简称DSP)、数字信号处理设备(Digital Signal Processing Device,简称DSPD)、可编程逻辑器件(Programmable Logic Device,简称PLD)、现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,简称FPGA)、控制器、微控制器、微处理器或其他电子元件实现,用于执行如上述任一项实施例所述的交互式地图匹配方法,并达到如上述方法一致的技术效果。

[0115] 第六方面:

[0116] 本发明某一实施例还提供了一种包括程序指令的计算机可读存储介质,该程序指令被处理器执行时实现如上述任一项实施例所述的交互式地图匹配方法的步骤。例如,该计算机可读存储介质可以为上述包括程序指令的存储器,上述程序指令可由计算机终端设备的处理器执行以完成如上述任一项实施例所述的交互式地图匹配方法,并达到如上述方法一致的技术效果。

[0117] 以上所述是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

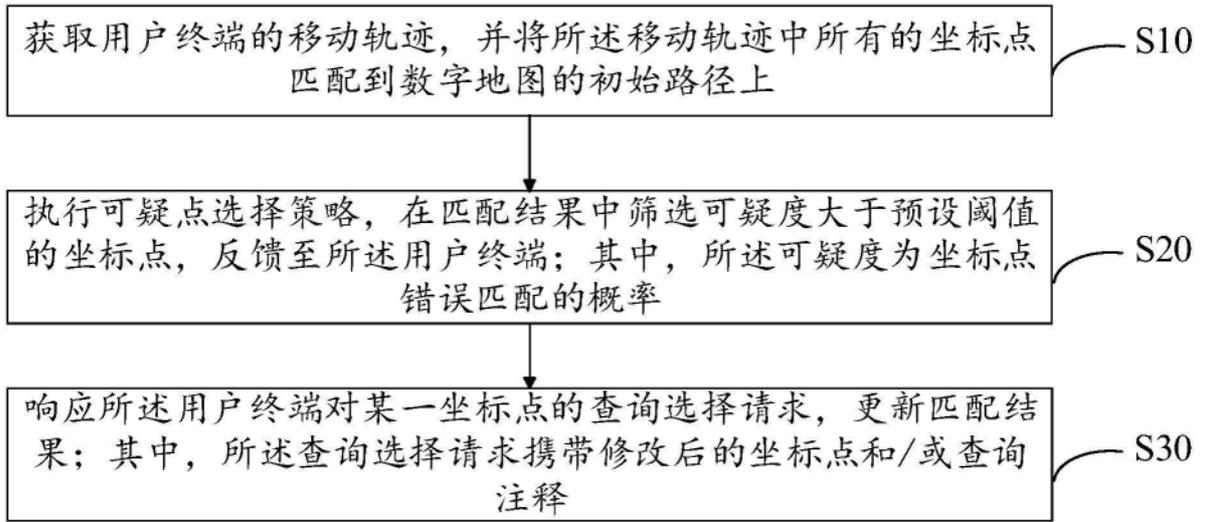


图1

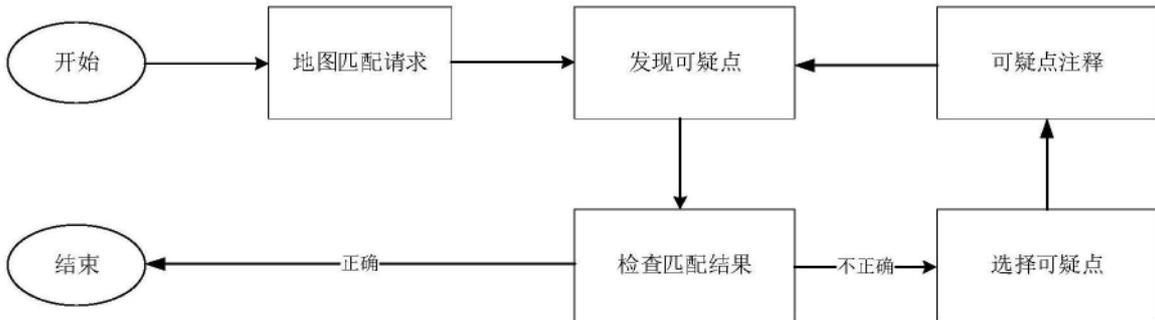


图2

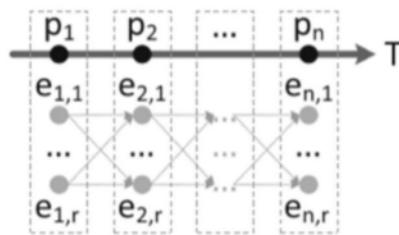


图3

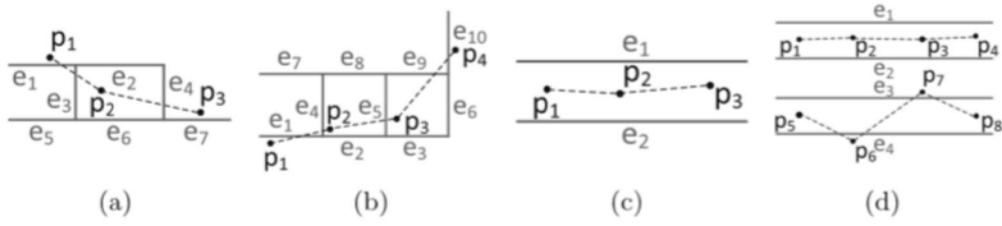


图4

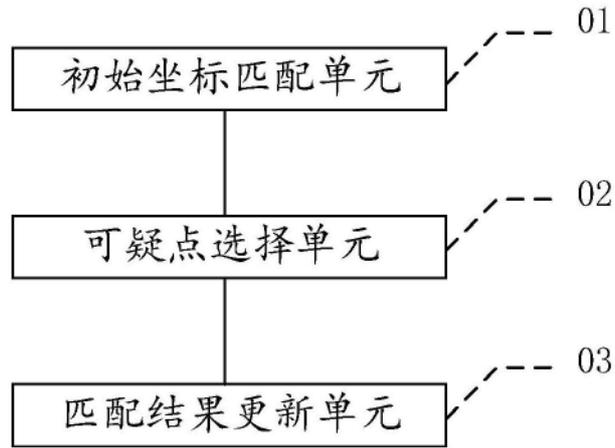


图5