(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 103473606 A
(43)申请公布日 2013.12.25

(21)申请号 201310378397.3

(22)申请日 2013.08.27

(71)申请人 浙江工业大学
地址 310014 浙江省杭州市下城区潮王路18号

(72)发明人 杨旭华 于海华 凌非

(74)专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公司 33201
代理人 王兵 王坚敏

(51)Int.Cl.
G06Q 10/04(2012.01)

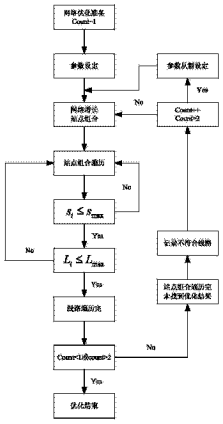
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

基于GIS的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法

(57)摘要

基于GIS的最大最短路径长度的公交网络优化方法，是根据公交网络的自然生长过程提出的一种优化方法，也就是将公交线路顺序的加入到原始公交网络中，每次加入一条，然后判断此时原始公交网络的最大最短路径长度是否大于阀值L_{max}，如果不符，对新加入到公交网络中线路进行调整，调整过程根据GIS获得的站点和线路数据对需要调整的站点和替换站点间的距离进行限制，站点间距离不能超过阀值s_{max}，使得调整后的原始公交网络的最大最短路径长度小于等于L_{max}，且调整后的站点符合线路的存在的实际情况，也就是说调整后的线路要符合真实行车规律。本发明可以用到实际公交网络优化过程中去，降低最大换乘次数和平均换乘次数，为城市郊区的乘客解决换乘次数较多的不方便不足，有助于优化公交网络拓扑结构和提高网络的运营效率。



CN 103473606 A

1. 基于 GIS 的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法，其特征在于：包括以下步骤：

步骤 1：将公交网络中的公交线路按照线路的节点度之和进行由大到小进行排序，待优化网络 W。根据原始公交网络数据对线路和站点进行编号，并进行匹配，同时根据线路排序结果建立 SpaceL 矩阵。

步骤 2：设定公交网络最短路径长度最大值 L_{max}，调整站点与替代站点间最大距离 s_{max}。

步骤 3：按照步骤 1 的线路排序结果，将线路按顺序加入到原始公交网络中，每加入一条线路，判断新的原始公交网络的最大最短路径长度是否大于阀值 L_{max}，直到原始公交网络的最大最短路径长度大于 L_{max} 为止，先前加入原始公交网络的线路群作为新的原始公交网络（下文没有特别说明，简称原始公交网络），原始公交网络作为 c_0，网络站点数（节点）为 m。

步骤 4：将剩余线路按步骤一结果顺序加入到原始公交网络中，每次加入一条线路，将第 i 次加入的线路记为 c_i，其大小为 m_i，从已有的节点中找出 c_i 中的 m_{i1} 个老站点（也称节点），剩下 m_{i2} 个为新增站点。计算此时原始公交网络的最大最短路径长度，对存在最大最短路径长度大于阀值的新加入的线路进行调整。如果最大最短路径长度没有超过阀值 L_{max}，则新加入的线路不需要调整，则重复执行步骤 4。

线路调整过程：将加入新线路的原始公交网络进行最短路径长度计算，如果计算结果最大的最短路径长度 L_i 超过阀值 L_{max}，则对新加入原始公交网络中的线路 c_i 进行调整；然后对 c_i 中老节点按照节点度由小到大进行排序，对原始公交网络中的节点按照节点度有大到小进行排序，对 c_i 和原始公交网络中的老节点进行有序组合，找出节点距离 s_i 不超过 s_{max} 的组合，按组合顺序进行公交线路调整，然后对调整后的原始公交网络的最短路径长度计算，如果计算得出的最大最短路径长度超过阀值 L_{max}，则继续遍历节点组合，直到找到既符合实际情况又能满足最短路径长度的节点组合，调整后的线路记为 c'_i，其线路大小 m_i'，老站点数为 m_{i1}'，新站点数为 m_{i2}'。如果节点组合都不符合调整条件，则进行步骤 5。

阀值 L 是根据城市的大小和调整的需求设定的互换站点间的距离阀值，互换站点间的距离是通过站点间的经纬度公式进行计算的。

$$s=r*\arccos[\sin(x_1)*\sin(x_2)+\cos(x_1)*\cos(x_2)*\cos(y_1-y_2)]$$

上述公式中的 x_1 和 x_2、y_1 和 y_2 分别是纬度和经度的弧度单位，r 是地球半径。

步骤 5：如果找不到符合的站点组合，则取消这条线路加入原始公交网络的资格，此线路不准加入到原始公交网络中来，从而避免其影响后面优化结果，并对此线路信息记录。

步骤 6：由于进行了公交线路调整，需要对调整后的原始公交网络进行更新，然后重复执行步骤 4。

步骤 7：判断是否所有线路都加入到原始公交网络中了（步骤 5 中无法调整的除外），如果已经完成一次遍历后没有有无法调整的线路，则结束优化，如果已经完成一次遍历后还有无法调整的线路，则将剩余的线路 W_1 进行步骤 4。

步骤 8：判断二次优化是否结束，是否还有剩余线路无法优化，如果无法优化则适当增大 s_{max} 值，进行步骤 4。

步骤 9：判断三次优化是否结束，如果还有剩余线路，则放弃对剩余线路进行调整。

步骤 10：将优化结果进行电子地图显示，如果替换找点在线路的延伸方向上，则将替换点加入本线路，否则替换。根据线路调整前后的判断是否符合实际，对结果进行微调即

可。对三次优化剩余线路根据实际情况进行调整。

2. 如权利要求1中所述的一种基于GIS的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法，其特征在于：所述步骤3，原始公交网络的创建是将线路按照步骤1顺序加入到原始公交网络中，每次加入一条，判断原始公交网络的最大最短路径长度，如果发现原始公交网络的最大最短路径大于阀值 L_{max}，则确定在加入此线路之前加入的所有线路作为原始公交网络，这样是为了解决优化的效率考虑，缩短公交网络优化过程的时间。

3. 如权利要求1中所述的一种基于GIS的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法，其特征在于：所述步骤4，对于需要调整的线路，我们找到本线路中的度比较小的站点周围的度比较大的站点与之进行替换是为了提高本线路在整个公交网络的重要性，也就是说提高本线路与其他线路的相交性，有助于后面加入的线路的调整。

4. 如权利要求1中所述的一种基于GIS的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法，其特征在于：所述步骤5～8，是对第一次未能调整的线路重新调整的过程，在第一次加入到原始公交网络的时候，原始公交网络的线路和站点数都不完整，所以可能出现误差，所以对这些第一次未能调整的线路进行第二次遍历优化，为了对2次优化中未能优化的线路进行拓宽阀值 s_{max} 进行第三次优化，是为了尽量对所有线路进行优化，达到优化的极限，对于未能优化的线路，我们选择放弃调整，因为此类线路是位于公交网络的边缘，也就是说线路位于城市的远郊，调整这类线路的策略是进行区域调度建设。

基于 GIS 的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及网络科学和公共交通领域，特别是指一种基于 GIS 的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法。

背景技术

[0002] 在 Watts 和 Strogatz 关于小世界网络模型和 Barabási 和 Albert 关于无标度网络模型的两项开创性的工作提出后，许多专家学者对存在于不同领域的实际网络进行了复杂网络的拓扑特征等进行了积极实证研究。经过广泛的实证研究分析，许多具有不同网络拓扑结构的模型被提出且对其进行了深入的特性分析等。

[0003] 近年来，利用复杂网络理论研究交通网络已成为当前热点，国内外的许多专家学者投入到复杂网络的研究工作当中来，Amra 和 Sen 等对世界航空网络和印度铁路网的交通网络进行了小世界特性的实证分析。吴建军和杨旭华都对也对中国主要城市公交网络进行了实证分析，吴建军对北京公交网络的效率进行了研究；杨旭华等提出了具有随机重叠派系结构的公交网络模型。这些实证分析和理论成果为复杂网络在交通方面的应用提供了优秀的理论基础和实践前提。

[0004] 城市公交网络性能影响对乘客的服务质量，国际上通过站点候车时间作为衡量服务质量的指标。杨新苗等通过对乘客的问卷调查对乘客心理进行了分析，出行换成次数是大多数乘客考虑的首要因素，其次是“出行时间”和“出行距离”等因素。因此，公交网络的平均换乘次数和平均换乘时间是成为衡量中国公交网络性能的指标。

[0005] 在公交网络性能提升方面，许多专家学者都是根据客流量对网络进行调整，通过在公交网络中增加线路和增加站点进行，从而达到对公交网络的服务性能的提升，这些调整方式都没有从公交网络全局出发的局部调整。基于复杂网络理论，从网络的整体性能考虑出发，对网络拓扑结构进行调整，提出了改善网络性能的建模方法，从而达到网络在全局范围内的换乘性能和服务性能得到提高，然而这种从网络整体拓扑结构考虑的优化算法并不多。

[0006] 本发明基于复杂网络理论，从网络的整体性能和网络整体拓扑结构考虑出发，提出改善公交网络整体换乘性能的公交网络优化算法。运用程序，从开源公交网站 www.mapabc.com 上获取城市公交的实际数据，包括所有的线路信息和站点信息等；运用真实数据对整个公交网络的拓扑结构进行优化，优化可以实现公交网络平均换乘次数降低，公交网络直径可控，提高网络的聚类程度等；本发明可以直接应用到公交网络拓扑结构优化中，进而达到公交网络整体性能和服务质量的提升，吸引更多市民选择公交出行，提高公共交通网络的出行分担率，达到缓解城市交通压力的目的。

发明内容

[0007] 为了克服现有公交网络优化的局部调整的局限性和不足，且对公交网络进行建设

过程中未从网络的整体考虑出发所带来的局限性，本发明提出了从网络整体性能考虑出发的一种基于 GIS 的最大最短路径长度的公交网络整体换乘性能优化方法，该方法只需对公交网络的少部分线路进行调整，就能对网络的整体性能有很大的提高。

[0008] 基于 GIS 的最大最短路径长度的公交网络优化方法，是根据公交网络的自然生长过程提出的一种优化方法，也就是将公交线路顺序的加入到原始公交网络中，每次加入一条，然后判断此时原始公交网络的最大最短路径长度是否大于阀值 L_{max}，如果不符，对新加入到公交网络中线路进行调整，调整过程根据 GIS 获得的站点和线路数据对需要调整的站点和替换站点间的距离进行限制，站点间距离不能超过阀值 s_{max}，使得调整后的原始公交网络的最大最短路径长度小于等于 L_{max}，且调整后的站点符合线路的存在的实际情况，也就是说调整后的线路要符合真实行车规律。

[0009] 公交原始网络的定义：公交网络的形成是一种生长过程，随着城市的不断扩大，公交线路也在不断增多，本优化方法是模拟公交网络的自然生长过程，每生长一条线路，就判断此线路是否需要优化；每次加入新线路之前的所有线路群称为原始公交网络，直到加入现有的最后一条公交线路形成公交网络为止。

[0010] 本发明解决其技术问题所采用的技术具体步骤是：

[0011] 步骤 1：将公交网络中的公交线路按照线路的节点度之和进行由大到小进行排序，待优化网络 W。根据原始公交网络数据对线路和站点进行编号，并进行匹配，同时根据线路排序结果建立 SpaceL 矩阵。

[0012] 步骤 2：设定公交网络最短路径长度最大值 L_{max}，调整站点与替代站点间最大距离 s_{max}。

[0013] 步骤 3：按照步骤 1 的线路排序结果，将线路按顺序加入到原始公交网络中，每加入一条线路，判断新的原始公交网络的最大最短路径长度是否大于阀值 L_{max}，直到原始公交网络的最大最短路径长度大于 L_{max} 为止，先前加入原始公交网络的线路群作为新的原始公交网络（下文没有特别说明，简称原始公交网络），原始公交网络作为 c_0，网络站点数（节点）为 m。

[0014] 步骤 4：将剩余线路按步骤一结果顺序加入到原始公交网络中，每次加入一条线路，将第 i 次加入的线路记为 c_i，其大小为 m_i，从已有的节点中找出 c_i 中的 m_{i1} 个老站点（也称节点），剩下 m_{i2} 个为新增站点。计算此时原始公交网络的最大最短路径长度，对存在最大最短路径长度大于阀值的新加入的线路进行调整。如果最大最短路径长度没有超过阀值 L_{max}，则新加入的线路不需要调整，则重复执行步骤 4。

[0015] 线路调整过程：将加入新线路的原始公交网络进行最短路径长度计算，如果计算结果最大的最短路径长度 L_i 超过阀值 L_{max}，则对新加入原始公交网络中的线路 c_i 进行调整；然后对 c_i 中老节点按照节点度由小到大进行排序，对原始公交网络中的节点按照节点度有大到小进行排序，对 c_i 和原始公交网络中的老节点进行有序组合，找出节点距离 s_i 不超过 s_{max} 的组合，按组合顺序进行公交线路调整，然后对调整后的原始公交网络的最短路径长度计算，如果计算得出的最大最短路径长度超过阀值 L_{max}，则继续遍历节点组合，直到找到既符合实际情况又能满足最短路径长度的节点组合，调整后的线路记为 c'_i，其线路大小 m_i'，老站点数为 m_{i1}'，新站点数为 m_{i2}'。如果节点组合都不符合调整条件，则进行步骤 5。

[0016] 阀值 L 是根据城市的大小和调整的需求设定的互换站点间的距离阀值，互换站点

间的距离是通过站点间的经纬度公式进行计算的。

[0017] $s=r*\arccos[\sin(x_1)*\sin(x_2)+\cos(x_1)*\cos(x_2)*\cos(y_1-y_2)]$

[0018] 上述公式中的 x_1 和 x_2、y_1 和 y_2 分别是纬度和经度的弧度单位，r 是地球半径。

[0019] 步骤 5：如果找不到符合的站点组合，则取消这条线路加入原始公交网络的资格，此线路不准加入到原始公交网络中来，从而避免其影响后面优化结果，并对此线路信息记录。

[0020] 步骤 6：由于进行了公交线路调整，需要对调整后的原始公交网络进行更新，然后重复执行步骤 4。

[0021] 步骤 7：判断是否所有线路都加入到原始公交网络中了（步骤 5 中无法调整的除外），如果已经完成一次遍历后没有有无法调整的线路，则结束优化，如果已经完成一次遍历后还有无法调整的线路，则将剩余的线路 W_1 进行步骤 4。

[0022] 步骤 8：判断二次优化是否结束，是否还有剩余线路无法优化，如果无法优化则适当增大 s_{max} 值，进行步骤 4。

[0023] 步骤 9：判断三次优化是否结束，如果还有剩余线路，则放弃对剩余线路进行调整。

[0024] 步骤 10：将优化结果进行电子地图显示，如果替换找点在线路的延伸方向上，则将替换点加入本线路，否则替换。根据线路调整前后的判断是否符合实际，对结果进行微调即可。对三次优化剩余线路根据实际情况进行调整。

[0025] 进一步，所述步骤 3，原始公交网络的创建是将线路按照步骤 1 顺序加入到原始公交网络中，每次加入一条，判断原始公交网络的最大最短路径长度，如果发现原始公交网络的最大最短路径大于阀值 L_{max}，则确定在加入此线路之前加入的所有线路作为原始公交网络，这样是为了解决优化的效率考虑，缩短公交网络优化过程的时间。

[0026] 更近一步，所述步骤 4，对于需要调整的线路，我们找到本线路中的度比较小的站点周围的度比较大的站点与之进行替换是为了提高本线路在整个公交网络的重要性，也就是说提高本线路与其他线路的相交性，有助于后面加入的线路的调整。

[0027] 更进一步，所述步骤 5 ～ 8，是对第一次未能调整的线路重新调整的过程，在第一次加入到原始公交网络的时候，原始公交网络的线路和站点数都不完整，所以可能出现误差，所以对这些第一次未能调整的线路进行第二次遍历优化，为了对 2 次优化中未能优化的线路进行拓宽阀值 s_{max} 进行第三次优化，是为了尽量对所有线路进行优化，达到优化的极限，对于未能优化的线路，我们选择放弃调整，因为此类线路是位于公交网络的边缘，也就是说线路位于城市的远郊，调整这类线路的策略是进行区域调度建设。

[0028] 本发明有益效果：

[0029] 从公交网络的整体优化角度出发，运用基于 GIS 的最短路径长度优化方法对公交网络中的少数郊区线路进行优化微调整，网络的性能有了很大提高，特别是公交网络的平均最短路径长度和平均路径时间系数都有了很大的改观，大大改善了整体公交网络的换乘性能；将优化结果显示在电子地图上面，能更加直观的看出优化结果的合理性，并且可以对优化结果进一步手动；优化调整所以基于 GIS 的最短路径长度优化算法是适合公交网络换乘性能优化的，进而提升整个公交网络的换乘性能，提高对乘客的服务水平。

附图说明

[0030] 图 1 为本发明的主要流程图

具体实施方式

[0031] 参考图 1 ：

[0032] 基于 GIS 的最短路径长度优化方法和特点进行方法设计，算法步骤描述如下 ：

[0033] 步骤 1 ：将公交网络中的公交线路按照线路的节点度之和进行由大到小进行排序，待优化网络 W。根据原始公交网络数据对线路和站点进行编号，并进行匹配，同时根据线路排序结果建立 SpaceL 矩阵。

[0034] 步骤 2 ：设定公交网络最短路径长度最大值 L_{max}，调整站点与替代站点间最大距离 S_{max}。

[0035] 步骤 3 ：按照步骤 1 的线路排序结果，将线路按顺序加入到原始公交网络中，每加入一条线路，判断新的原始公交网络的最大最短路径长度是否大于阀值 L_{max}，直到原始公交网络的最大最短路径长度大于 L_{max} 为止，先前加入原始公交网络的线路群作为新的原始公交网络（下文没有特别说明，简称原始公交网络），原始公交网络作为 c_0，网络站点数（节点）为 m。

[0036] 步骤 4 ：将剩余线路按步骤一结果顺序加入到原始公交网络中，每次加入一条线路，将第 i 次加入的线路记为 c_i，其大小为 m_i，从已有的节点中找出 c_i 中的 m_{i1} 个老站点（也称节点），剩下 m_{i2} 个为新增站点。计算此时原始公交网络的最大最短路径长度，对存在最大最短路径长度大于阀值的新加入的线路进行调整。如果最大最短路径长度没有超过阀值 L_{max}，则新加入的线路不需要调整，则重复执行步骤 4。

[0037] 线路调整过程 ：将加入新线路的原始公交网络进行最短路径长度计算，如果计算结果最大的最短路径长度 L_i 超过阀值 L_{max}，则对新加入原始公交网络中的线路 c_i 进行调整 ；然后对 c_i 中老节点按照节点度由小到大进行排序，对原始公交网络中的节点按照节点度有大到小进行排序，对 c_i 和原始公交网络中的老节点进行有序组合，找出节点距离 s_i 不超过 s_{max} 的组合，按组合顺序进行公交线路调整，然后对调整后的原始公交网络的最短路径长度计算，如果计算得出的最大最短路径长度超过阀值 L_{max}，则继续遍历节点组合，直到找到既符合实际情况又能满足最短路径长度的节点组合，调整后的线路记为 c'_i，其线路大小 m_i'，老站点数为 m_{i1}'，新站点数为 m_{i2}'。如果节点组合都不符合调整条件，则进行步骤 5。

[0038] 步骤 5 ：如果找不到符合的站点组合，则取消这条线路加入原始公交网络的资格，此线路不准加入到原始公交网络中来，从而避免其影响后面优化结果，并对此线路信息记录。

[0039] 步骤 6 ：由于进行了公交线路调整，需要对调整后的原始公交网络进行更新，然后重复执行步骤 4。

[0040] 步骤 7 ：判断是否所有线路都加入到原始公交网络中了（步骤 5 中无法调整的除外），如果已经完成一次遍历后没有有无法调整的线路，则结束优化，如果已经完成一次遍历后还有无法调整的线路，则将剩余的线路 W_1 进行步骤 4。

[0041] 步骤 8 ：判断二次优化是否结束，是否还有剩余线路无法优化，如果无法优化则适当增大 s_{max} 值，进行步骤 4。

[0042] 步骤 9 :判断三次优化是否结束,如果还有剩余线路,则放弃对剩余线路进行调整。

[0043] 步骤 10 :将优化结果进行电子地图显示,如果替换找点在线路的延伸方向上,则将替换点加入本线路,否则替换。根据线路调整前后的判断是否符合实际,对结果进行微调即可。对三次优化剩余线路根据实际情况进行调整。

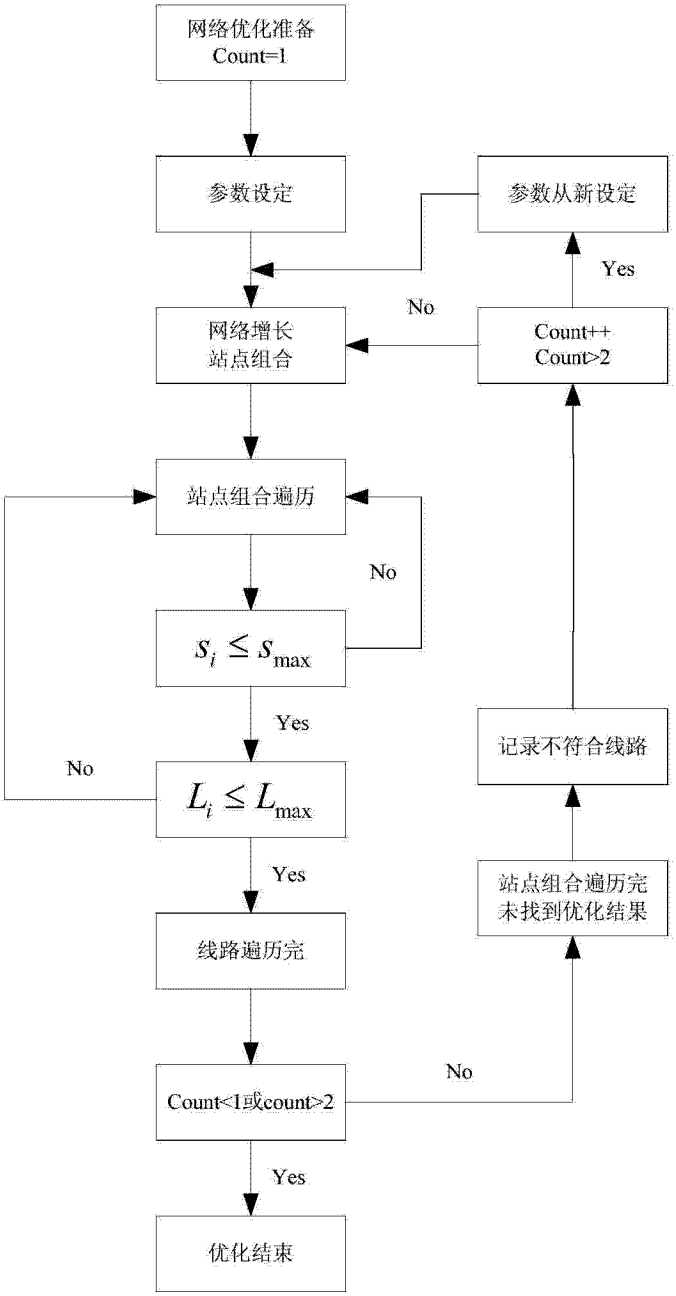

网络优化准备
Count=1
参数设定
参数从新设定
Yes
No
网络增长
站点组合
Count++
Count>2
站点组合遍历
No
$S_i \leq S_{max}$
Yes
No
记录不符合线路
$L_i \leq L_{max}$
Yes
站点组合遍历完
未找到优化结果
线路遍历完
No
Count<1或count>2
Yes
优化结束

图 1