

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 4 月 16 日 (16.04.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/073430 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06Q 10/04 (2012.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/116290
- (22) 国际申请日: 2018 年 11 月 20 日 (20.11.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201811188233.3 2018 年 10 月 12 日 (12.10.2018) CN
- (71) 申请人: 东南大学 (SOUTHEAST UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。
- (72) 发明人: 杨俊宴 (YANG, Junyan); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。

曹俊(CAO, Jun); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 刘志成(LIU, Zhicheng); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 王桥(WANG, Qiao); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 姚莉(YAO, Li); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 任刚(REN, Gang); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 刘志远(LIU, Zhiyuan); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。 崇志宏(CHONG, Zhihong); 中国江苏省南京市江宁区东南大学路 2 号, Jiangsu 211189 (CN)。

(74) 代理人: 南京苏高专利商标事务所 (普通合伙) (NANJING SUGAO PATENT AND TRADEMARK FIRM (ORDINARY PARTNERSHIP)); 中国江

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR AUTOMATICALLY PARTITIONING URBAN SPATIAL MORPHOLOGY

(54) 发明名称: 一种城市空间形态自动分区方法与系统

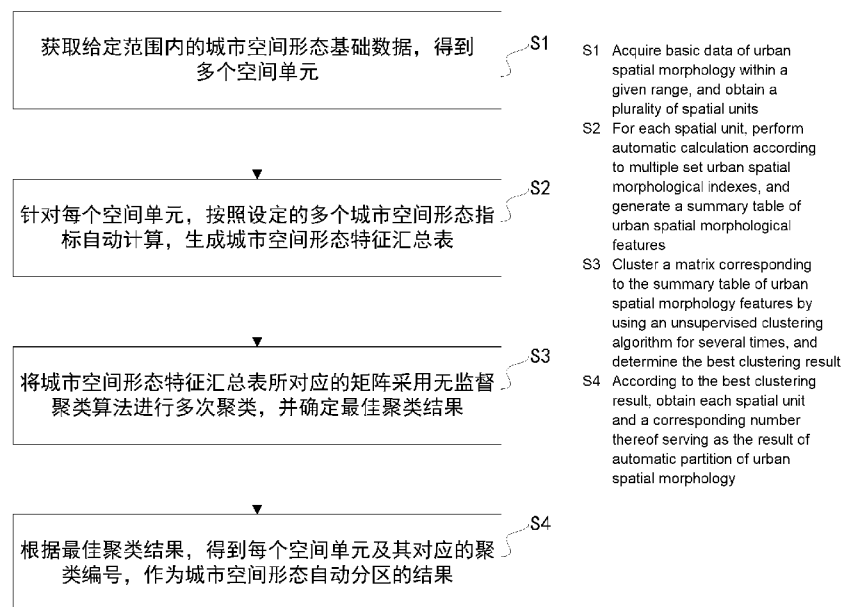


图 1

(57) Abstract: A method and system for automatically partitioning urban spatial morphology. The method comprises: acquiring basic data of the urban spatial morphology within a given range, and obtaining a plurality of spatial units (S1); for each spatial unit, performing automatic calculation according to multiple set urban spatial morphological indexes, and generating a summary table of urban spatial morphological features (S2); clustering a matrix corresponding to the summary table of urban spatial morphology features by using an unsupervised clustering algorithm, and in a clustering process, setting different clustering parameters to perform clustering operation for several times, and scoring the clustering results to determine the best clustering result (S3); according to the best clustering result, obtaining the result of automatic partition of urban spatial morphology (S4); and further analyzing the correlation between the indexes

苏省南京市白下区中山东路198号龙台国际大厦1912室, Jiangsu 210005 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

and obtaining a key influence index. The method objectively and comprehensively understands the features of the urban spatial morphology, thereby forming the result of the automatic partition and the key influence index, and avoiding the problem such as subjective determination or single dimension of inspection that easily occurs in the traditional method.

(57) 摘要: 一种城市空间形态自动分区方法与系统, 方法包括: 获取给定范围内的城市空间形态基础数据, 得到多个空间单元(S1); 针对每个空间单元, 按照设定的多个城市空间形态指标自动计算, 生成城市空间形态特征汇总表(S2); 将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵采用无监督聚类算法进行聚类, 聚类过程中, 设置不同的聚类参数进行多次聚类运算, 并对各聚类结果进行评分, 确定最佳聚类结果(S3); 根据最佳聚类结果, 得到城市空间形态自动分区的结果(S4); 并进一步可分析指标之间的相关性, 得到关键影响指标。该方法客观而全面地洞悉城市空间形态的特征, 进而形成自动分区的结果及关键影响指标, 避免了传统方法中容易出现的主观判断或考察维度单一等问题。

一种城市空间形态自动分区方法与系统

技术领域

本发明属于城市规划领域，涉及一种城市空间形态分区方法与系统，特别涉及一种通过提取城市三维空间实体自身多维度的形态特征来进行城市空间形态自动分区的方法与系统。

背景技术

城市空间形态是城市规划学科的核心研究对象。快速城市化进程中，城市不断地“外拓”和“长高”，城市空间形态也变得愈发复杂。区别于行政分区、资源分区、生态等级分区等，城市空间形态分区是针对城市三维物质空间的建筑实体进行区块划分。城市空间形态分区是解析城市空间形态的重要环节，通过城市空间形态分区能够辨析城市空间形态的内在机理，进而探寻城市空间的结构规律。

目前常见的城市空间形态分区的确定是通过容积率、密度、高度等单维度形态指标来刻画，进而采用设置指标的区间阈值的方式来进行分区。例如基于最大建筑高度的维度将城市空间形态分成低层区、多层区、小高层区、高层区、超高层区，基于建筑密度的维度将城市空间形态分成低密度区、中密度区、高密度区等等。这样的分区存在无法兼顾到城市空间形态的三维整体性、指标区间确定涉及人脑判断、技术结果随意性大、工作效率低下的问题。

发明内容

发明目的：本发明目的在于提供一种城市空间形态自动分区方法与系统，能够自动生成城市空间形态分区结果，并进一步获得关键影响指标，以避免传统操作中无法兼顾到城市空间形态的三维整体性、指标区间确定涉及人脑判断、技术结果随意性大、工作效率低下的问题。

技术方案：为实现上述目的，本发明所述的一种城市空间形态自动分区方法，包括如下步骤：

(1) 获取给定范围内的城市空间形态基础数据，所述城市空间形态基础数据中包括或能够提取出多个空间单元，所述空间单元的轮廓为闭合的多边形空间，

内部包括至少一个建筑物，所述建筑物的轮廓为闭合的多边形空间，所述建筑物具备层数和/或高度信息；

(2) 针对每个空间单元，按照设定的多个城市空间形态指标自动计算，生成城市空间形态特征汇总表；其中城市空间形态指标包括用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度中的至少两种；

(3) 将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵采用无监督聚类算法进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类参数进行多次聚类运算，并使用基于数据自身特征的聚类评价指标对各聚类结果进行评分，从而确定最佳聚类结果；

(4) 根据最佳聚类结果，得到每个空间单元及其对应的聚类编号，作为城市空间形态自动分区的结果。

在优选实施方案中，所述方法还包括：对城市空间形态特征汇总表中的数据进行相关性分析，输出城市空间形态自动分区的关键影响指标。

在优选实施方案中，所述空间单元是根据街区、用地或产权划分形成的矢量空间单元。在优选实施方案中，所述空间单元的用地面积是通过对闭合多段线构成的多边形空间几何计算获得；所述建筑密度是空间单元内的所有建筑物的底面积之和与空间单元用地面积的比值；所述容积率是空间单元内的所有建筑物的底面积与建筑物层数乘积之总和与空间单元用地面积的比值；所述最大基底面积是空间单元内的所有建筑物的底面积的最大值；所述最大建筑高度是空间单元内的所有建筑物的高度的最大值；所述最大建筑面积是空间单元内的所有建筑物的底面积与建筑物层数乘积的最大值；所述平均建筑高度是空间单元内的所有建筑物的高度的平均值；所述错落度是空间单元内的所有建筑物的高度的方差；所述建筑物的底面积通过对闭合多段线构成的多边形空间几何计算获得。

在优选实施方案中，所述多个城市空间形态指标为空间单元的用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度。

在具体实施方案中，所述无监督聚类算法为基于中心点的 K-means 聚类算法、基于连接度的层次聚类算法、基于密度的 DBSCAN 聚类算法和基于分布的 GMM-EM

聚类算法中的一种或多种；所述聚类评价指标为 Dunn 指数、Davies - Bouldin 指数和 Silhouette 系数中的一种。

在优选实施方案中，所述步骤（3）中采用基于马氏距离的 K-means 聚类算法对城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类数目进行多次聚类运算，并使用 Silhouette 系数评分以确定最佳聚类结果；其中 Silhouette 系数计算方法为：

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$$

对于数据集中任一点*i*，*a(i)*表示数据点*i*到同类数据点距离的平均值，*b(i)*表示数据点*i*到其它各类数据点距离平均值中的最小值，*s(i)*表示数据点*i*的 Silhouette 系数；将所有数据点的 Silhouette 系数求均值就是聚类结果的总体 Silhouette 系数。

在优选实施方案中，关键影响指标确定的步骤包括：对城市空间形态特征汇总表中的数据进行相关性运算，得到相关性矩阵图；比较相关性矩阵图中各项绝对值之和最大的指标，作为城市空间形态中的关键影响指标。

在优选实施方案中，所述步骤（4）中在得到每个空间单元及其对应的聚类编号后，对同一类聚类编号的空间单元进行一种颜色的填充，将城市空间形态分区的结果以着色块的平面几何图像展示。

本发明所述的一种城市空间形态自动分区系统，包括：

空间单元获取模块，用于获取给定范围内的城市空间形态基础数据，所述城市空间形态基础数据中包括或能够提取出多个空间单元，所述空间单元的轮廓为闭合的多边形空间，内部包括至少一个建筑物，所述建筑物的轮廓为闭合的多边形空间，所述建筑物具备层数和/或高度信息；

空间形态指标计算模块，用于针对每个空间单元，按照设定的多个城市空间形态指标自动计算，生成城市空间形态特征汇总表；其中城市空间形态指标包括用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度中的至少两种；

聚类评价模块，用于将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵采用无监督聚类算法进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类参数进行多次聚类运算，并使用

基于数据自身特征的聚类评价指标对各聚类结果进行评分，从而确定最佳聚类结果；

以及，结果输出模块，用于根据最佳聚类结果，得到每个空间单元及其对应的聚类编号，作为城市空间形态自动分区的结果；或者输出城市空间形态自动分区的关键影响指标的同时输出城市空间形态分区的关键影响指标；所述关键影响指标通过对城市空间形态特征汇总表中的数据进行相关性分析得到。

本发明所述的一种城市空间形态自动分区系统，至少包括一台计算机设备，所述计算机设备包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述计算机程序被加载至处理器时实现所述的城市空间形态自动分区方法。

有益效果：本发明提出的一种城市空间形态自动分区方法与系统，将城市空间形态作为一个三维整体，综合考虑多维度形态特征，利用计算机算法，纳入多个城市空间形态特征进行聚类运算，能够实现最大程度逼近对空间形态的“整体”、而非“侧面”的测度；对于分区结果的输出也是基于 Silhouette 系数等数据自身特征参数，将结果自动收敛于聚类结果分布最优的状态，避免人脑判断导致技术结果的随意性。并且进一步对城市空间形态分区中关键影响指标进行判定，有利于在研究范围内的规划设计中，抓住重点管控的空间形态指标特征，进而从整体上把握该研究范围的城市空间形态特色。本发明避免了传统操作中无法兼顾到城市空间形态的三维整体性、对于关键影响指标的判定缺乏科学依据、指标区间确定涉及人脑判断、技术结果随意性大、工作效率低下的问题。为能够辨析城市空间形态的内在机理，进而探寻城市空间的结构规律，提供了可靠的理性科学依据。

附图说明

图 1 为本发明实施例的方法流程图。

图 2 为本发明实施例中的登封城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵进行 K-means 聚类算法的结果示意图，其中，(a) $k=2$ ，(b) $k=4$ ，(c) $k=6$ ，(d) $k=10$ 。

图 3 为本发明实施例中使用 Silhouette 系数对聚类结果进行评分的结果图。

图 4 为本发明另一实施例的方法流程图。

图 5 为本发明实施例中使用 Pearson Correlation Matrix 运算的相关性矩

阵图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明的技术方案作进一步详细的说明。

如图 1 所示，本发明实施例公开了一种城市空间形态自动分区方法，主要包括以下步骤：

S1：获取给定范围内的城市空间形态基础数据，从基础数据中获得作为分区算法依据的若干空间单元。

本步骤中，可以通过政府部门或其他数据提供平台获得城市空间形态的基础数据库，基础数据库中包括了若干按照街区、用地或产权的空间单元；也可以通过地理信息处理软件对地图或图像数据进行处理，并结合城市建筑物基础数据自行加工获取。空间单元通常为街区（城市道路围合成的几何形状）、也可以为用地（根据《城市用地分类与规划建设用地标准》对街区进一步划分）或产权（基于土地所有权而形成的空间范围），其轮廓为闭合多段线构成的多边形空间，数据格式可以是 dwg 格式或 shp 格式等。空间单元内部一般有建筑物，建筑物轮廓也为闭合多段线构成的多边形空间，数据格式也可以是 dwg 格式或 shp 格式，空间单元内部的每个建筑物的标记有层数信息（如 1, 2, 3, ...）和/或高度信息。在没有高度信息的情况下，也可以通过层数推算出高度信息（层数信息*3m）。

S2：针对每个空间单元按照设定的多个城市空间形态指标自动计算，生成城市空间形态特征汇总表。

本步骤中，城市空间形态指标有用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度等表示空间单元自身特性的指标。通过对闭合多段线构成的多边形空间几何计算可以获得空间单元轮廓的几何面积，空间单元的用地面积可以用其轮廓的几何面积表示；同样，通过对闭合多段线构成的多边形空间几何计算也可以获得建筑物轮廓的几何面积，作为空间单元内的每个建筑物的底面积。

建筑密度是空间单元内的所有建筑物的底面积之和与空间单元用地面积的比值；容积率是空间单元内的所有建筑物的底面积与建筑物层数乘积之总和与空间单元用地面积的比值；最大基底面积是空间单元内的所有建筑物的底面积的最大值；最大建筑高度是空间单元内的所有建筑物的高度的最大值；最大建筑面积

是空间单元内的所有建筑物的底面积与建筑物层数乘积的最大值；平均建筑高度是空间单元内的所有建筑物的高度的平均值；错落度是空间单元内的所有建筑物的高度的方差。

一般至少选择上述指标中的两种计算各空间单元的空间形态特征汇总表，在实际操作过程中可以由用户自行选择组合或给出默认的指标组合，例如：建筑密度、容积率组合，对城市空间的形态中的强度范畴进行综合测度；最大建筑高度、平均建筑高度、错落度组合，对城市空间形态中的高度范畴进行综合测度；最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积组合，对城市空间形态中的建筑标志性范畴进行综合测度；全部指标组合，以最大程度“逼近”城市空间形态这个对象的整体概念范畴。需要说明的是，城市空间形态是一个复杂而综合的概念或对象，每一个维度的指标都可以视为从一个侧面来定义描述这个对象；随着指标的增多，描述城市空间形态这个对象的标签也越多，对其进行定义和描述的维度也随之增多；本发明实施例列举的用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度、错落度为描述一个空间单元的城市空间形态最为普遍及常见的指标；但本发明不限于上述指标，不排除存在其他可能性的指标，例如通过本发明所列举指标之间的相互运算便可无限定义新的指标。

S3：将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵进行聚类，通过设置不同的聚类参数进行多次聚类运算，使用基于数据自身特征的聚类评价指标选出最佳聚类结果。

本步骤中，可采用常见的无监督聚类算法进行聚类运算，如基于中心点的 K-means 聚类、基于连接度的层次聚类、基于密度的 DBSCAN 聚类、基于分布的 GMM-EM 聚类。聚类过程中，对于基于中心点和基于分布的聚类算法，依次指定聚成不同聚类数目（如 2、3、4……30）获得多个聚类结果；对于基于连接度的聚类算法，将聚类所获得的树型结构，从根节点向下逐层遍历，每一层对应于一个聚类结果；对于基于密度的聚类算法，依次增大邻域半径获得多个聚类结果。对于使用以上方法的任一种获得的多个聚类结果，使用基于数据自身特征的聚类评价指标，如：Dunn 指数、Davies - Bouldin 指数和 Silhouette 系数（轮廓系数）等对聚类结果进行评分，根据评分选出最佳聚类结果。

S4：根据最佳聚类结果，得到每个空间单元及其对应的聚类编号，作为城市

空间形态自动分区的结果。分区结果可以导出或以相应的城市空间形态分区图像展示。

利用本发明实施例的城市空间形态自动分区方法,可以理性而全面地洞悉城市空间形态的特征,进而形成自动分区的结果,避免了传统方法中容易出现的主观判断或考察维度单一等问题,为更好地理解及组织城市空间形态的复杂系统提供科学的依据。

以下将以登封市城市空间形态划分为例对本发明的技术方案进行详细的说明。具体的城市空间形态自动分区方法主要包括:

(1) 以登封的城市空间形态为研究对象,获取其城市空间形态基础数据。本例对其城市空间形态光栅图像进行矢量化整理和空间单元划分;具体包括:

(1.1) 在 CAD 软件中插入研究范围内所对应的城市空间形态光栅图像,并调整为实际尺寸大小;

(1.2) 勾勒出城市空间形态中所有街区的轮廓线,形成矢量化的空间单元;

(1.3) 绘制每个街区内部所有建筑的轮廓线,将每幢建筑的层数数字标注在该建筑轮廓线的内部。

(2) 对划分的空间单元进行编号,并针对每个空间单元进行多个城市空间形态的指标计算,生成城市空间形态特征汇总表;具体包括:

(2.1) 对由街区构成的空间单元进行编号 1, 2, ..., n, 对每个空间单元形成 7 项指标的计算,对应代码分别为 YDMJ、JZMD、RJL、ZDJZGD、ZDJZMJ、PJZGD、CLD;

表 1 城市空间形态指标

指标代码	指标名称	指标描述	指标算法
YDMJ	用地面积	用地范围的几何面积	=用地的图形几何统计
JZMD	建筑密度	用地范围内,建筑物的基底面积总和与占用地面积的比例(%)	=sum(建筑底面积)/YDMJ
RJL	容积率	用地范围内地上总建筑面积与总用地面积的比值,用来衡量用地使用强度	=sum(建筑底面积*建筑层数)/YDMJ
ZDJZGD	最大建筑高	用地范围内最高建筑的高度	=max(建筑高度)

	度		
ZDJZMJ	最大建筑面 积	用地范围内的总建筑面积	=max (建筑底面积*建筑层 数)
PJJZGD	平均建筑高 度	用地范围内所有建筑物的平均高 度	=ave (建筑高度)
CLD	错落度	用地范围内所有建筑物高度的方 差	=var (建筑高度)

(2.2) 汇总 YDMJ、JZMD、RJL、ZDJZGD、ZDJZMJ、PJJZGD、CLD 的计算结果，生成城市空间形态特征汇总表，视为一个 $n \times 7$ 的矩阵。

(3) 将登封城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵进行基于马氏距离的 K-means 聚类算法，聚类过程中，依次设置 $k=2, 3, \dots, 30$ ，如图 2 所示，图中仅列举其中 $k=2, 4, 6, 10$ 所对应的结果；对于每一个 k 值，使用 Silhouette 系数对聚类结果进行评分，评分最高的 k 值，则为最佳 k 值，其所对应的聚类结果为最佳聚类结果，如图 3 所示，显示当 $k=4$ 时，为最佳聚类结果。

对于数据集中任一数据点 i ，令 $a(i)$ 表示数据点 i 到同类数据点距离的平均值， $b(i)$ 表示数据点 i 到其它各类数据点距离平均值中的最小值。 $s(i)$ 表示数据点 i 的 Silhouette 系数，Silhouette 系数可被定义为：

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$$

注：对于 $s(i)=1$ 的群集，得分为 0。添加此约束以防止群集数量显著增加。对于一个数据集，它的 Silhouette 系数是所有数据点 Silhouette 系数的平均值。同类别数据越距离相近且不同类别数据距离越远，分数越高。对于 $s(i)$ 接近 1，我们需要 $a(i) \ll b(i)$ 。由于 $s(i)$ 是衡量 i 与其自身集群有多大程度不同的度量，因此较小的值意味着它与之匹配良好。此外，大的 $b(i)$ 意味着 i 与其相邻的簇非常匹配。因此，接近 1 的 $s(i)$ 意味着数据被适当地聚类。如果 $s(i)$ 接近负值，那么通过相同的逻辑，我们看到如果它聚集在其相邻的簇中，会更合适。 $s(i)$ 接近零意味着该数据位于两个自然簇的边界上。

(4) 根据最佳聚类结果，将每个空间单元及其对应的聚类编号导出，得到城市空间形态自动分区的结果。具体包括：

(4.1) 根据最佳聚类结果，将每个空间单元及其对应的聚类编号导出，得

到城市空间形态自动分区的结果；

(4.2) 对同一类聚类编号的空间单元进行一种颜色的填充，将城市空间形态分区的结果还原至空间图像，即将分区结果以着色块的平面几何图像展示。

如图4所示，本发明另一实施例公开的一种城市空间形态自动分区方法，与前述实施例相比，还进一步包括：

S5：分析所给定范围内城市空间形态指标之间的相关性，输出城市空间形态自动分区的关键影响指标。具体包括：

(5.1) 对城市空间形态特征汇总表中的数据进行 Pearson Correlation Matrix 运算，生成相关性矩阵图，如图5；

(5.2) 比较相关性矩阵图中各项绝对值之和最大的指标，在本实施例中为 ZDJZGD，作为登封城市空间形态中的关键影响指标。

本步骤中所采用的相关性运算方法除了 Pearson Correlation Matrix，还包括 Spearman's rank correlation、Kendall rank correlation、Goodman and Kruskal's rank correlation、Somers' D 分析等。

本发明另一实施例公开的一种城市空间形态自动分区系统，包括：空间单元获取模块，用于获取给定范围内的城市空间形态基础数据，城市空间形态基础数据中包括或能够提取出多个空间单元，空间单元的轮廓为闭合的多边形空间，内部包括至少一个建筑物，建筑物的轮廓为闭合的多边形空间，建筑物具备层数和/或高度信息；空间形态指标计算模块，用于针对每个空间单元，按照设定的多个城市空间形态指标自动计算，生成城市空间形态特征汇总表；其中城市空间形态指标包括用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度中的至少两种；聚类模块，用于将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵采用无监督聚类算法进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类参数进行多次聚类运算，并使用基于数据自身特征的聚类评价指标对各聚类结果进行评分，从而确定最佳聚类结果；以及，结果输出模块，用于根据最佳聚类结果，得到每个空间单元及其对应的聚类编号，作为城市空间形态自动分区的结果。进一步地，该系统还包括空间形态关键影响指标生成模块，用于分析研究范围内城市空间形态指标之间的相关性，得到城市空间形态分区的关键影响指标。结果输出模块输出城市空间形态自动分区的结果的同时输出城市空间形

态分区的关键影响指标。该系统实施例与上述方法实施例属于相同的发明构思，具体实现细节可参考上述方法实施例，此处不再赘述。

基于相同的发明构思，本发明实施例还公开了一种城市空间形态自动分区系统，该系统至少包括一台计算机设备，该计算机设备包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，该计算机程序被加载至处理器时实现上述的城市空间形态自动分区方法。本发明实施例未详细说明的部分均为现有技术。

权利要求书

1、一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，包括如下步骤：

(1) 获取给定范围内的城市空间形态基础数据，所述城市空间形态基础数据中包括或能够提取出多个空间单元，所述空间单元的轮廓为闭合的多边形空间，内部包括至少一个建筑物，所述建筑物的轮廓为闭合的多边形空间，所述建筑物具备层数和/或高度信息；

(2) 针对每个空间单元，按照设定的多个城市空间形态指标自动计算，生成城市空间形态特征汇总表；其中城市空间形态指标包括用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度中的至少两种；

(3) 将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵采用无监督聚类算法进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类参数进行多次聚类运算，并使用基于数据自身特征的聚类评价指标对各聚类结果进行评分，从而确定最佳聚类结果；

(4) 根据最佳聚类结果，得到每个空间单元及其对应的聚类编号，作为城市空间形态自动分区的结果。

2、根据权利要求1所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，所述方法还包括：对城市空间形态特征汇总表中的数据进行相关性分析，输出城市空间形态自动分区的关键影响指标。

3、根据权利要求1所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，所述空间单元是根据街区、用地或产权划分形成的矢量空间单元。

4、根据权利要求1所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，所述空间单元的用地面积是通过对闭合多段线构成的多边形空间几何计算获得；所述建筑密度是空间单元内的所有建筑物的底面积之和与空间单元用地面积的比值；所述容积率是空间单元内的所有建筑物的底面积与建筑物层数乘积之总和与空间单元用地面积的比值；所述最大基底面积是空间单元内的所有建筑物的底面积的最大值；所述最大建筑高度是空间单元内的所有建筑物的高度的最大值；所述最大建筑面积是空间单元内的所有建筑物的底面积与建筑物层数乘积的最大值；所述平均建筑高度是空间单元内的所有建筑物的高度的平均值；所述错落度是空间单元内的所有建筑物的高度的方差；所述建筑物的底面积通过对闭合多段线构成的多边形空间几何计算获得。

5、根据权利要求 1 所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，所述无监督聚类算法为基于中心点的 K-means 聚类算法、基于连接度的层次聚类算法、基于密度的 DBSCAN 聚类算法和基于分布的 GMM-EM 聚类算法中的一种或多种；所述聚类评价指标为 Dunn 指数、Davies - Bouldin 指数和 Silhouette 系数中的一种。

6、根据权利要求 1 所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，所述步骤（3）中采用基于马氏距离的 K-means 聚类算法对城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类数目进行多次聚类运算，并使用 Silhouette 系数评分以确定最佳聚类结果；其中 Silhouette 系数计算方法为：

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max\{a(i), b(i)\}}$$

对于数据集中任一点*i*，*a(i)*表示数据点*i*到同类数据点距离的平均值，*b(i)*表示数据点*i*到其它各类数据点距离平均值中的最小值，*s(i)*表示数据点*i*的 Silhouette 系数；将所有数据点的 Silhouette 系数求均值就是聚类结果的总体 Silhouette 系数。

7、根据权利要求 2 所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，关键影响指标确定的步骤包括：

对城市空间形态特征汇总表中的数据进行相关性运算，得到相关性矩阵图；

比较相关性矩阵图中各项绝对值之和最大的指标，作为城市空间形态中的关键影响指标。

8、根据权利要求 1 所述的一种城市空间形态自动分区方法，其特征在于，所述步骤（4）中在得到每个空间单元及其对应的聚类编号后，对同一类聚类编号的空间单元进行一种颜色的填充，将城市空间形态分区的结果以着色块的平面几何图像展示。

9、一种城市空间形态自动分区系统，其特征在于，包括：

空间单元获取模块，用于获取给定范围内的城市空间形态基础数据，所述城市空间形态基础数据中包括或能够提取出多个空间单元，所述空间单元的轮廓为闭合的多边形空间，内部包括至少一个建筑物，所述建筑物的轮廓为闭合的多边形空间，所述建筑物具备层数和/或高度信息；

空间形态指标计算模块，用于针对每个空间单元，按照设定的多个城市空间形态指标自动计算，生成城市空间形态特征汇总表；其中城市空间形态指标包括用地面积、建筑密度、容积率、最大基底面积、最大建筑高度、最大建筑面积、平均建筑高度以及错落度中的至少两种；

聚类评价模块，用于将城市空间形态特征汇总表所对应的矩阵采用无监督聚类算法进行聚类，聚类过程中，设置不同的聚类参数进行多次聚类运算，并使用基于数据自身特征的聚类评价指标对各聚类结果进行评分，从而确定最佳聚类结果；

以及，结果输出模块，用于根据最佳聚类结果，得到每个空间单元及其对应的聚类编号，作为城市空间形态自动分区的结果；或者输出城市空间形态自动分区的关键影响指标的同时输出城市空间形态分区的关键影响指标；所述关键影响指标通过对城市空间形态特征汇总表中的数据进行相关性分析得到。

10、一种城市空间形态自动分区系统，至少包括一台计算机设备，所述计算机设备包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，其特征在于，所述计算机程序被加载至处理器时实现根据权利要求 1-8 任一项所述的城市空间形态自动分区方法。

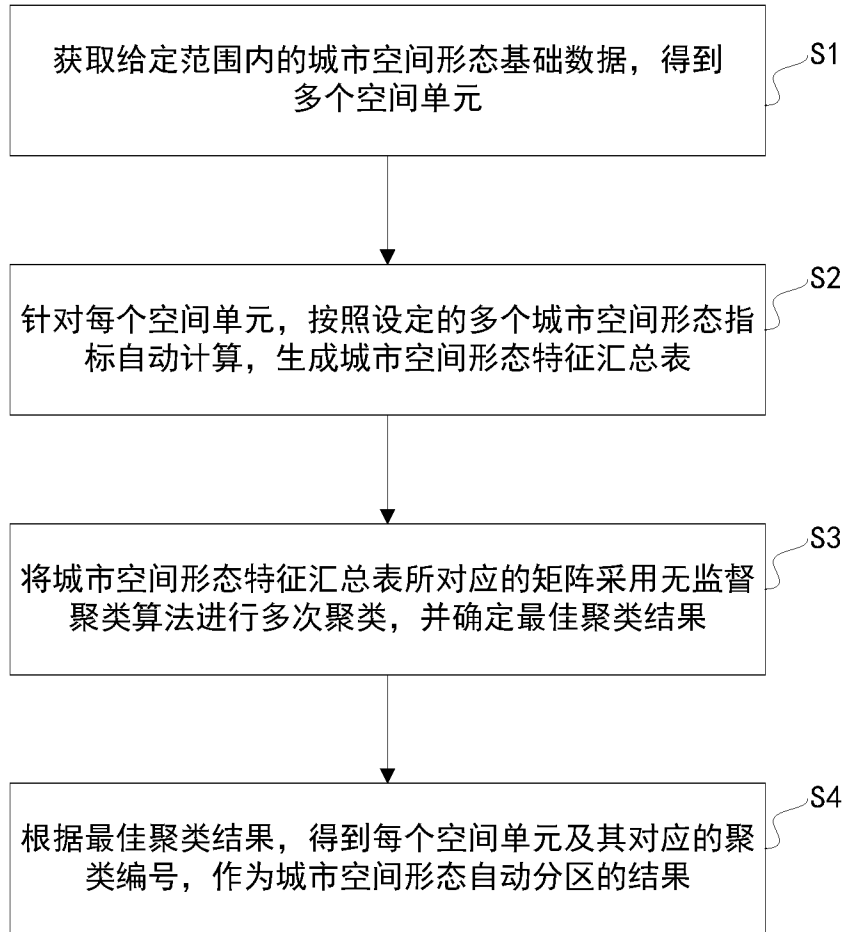


图 1

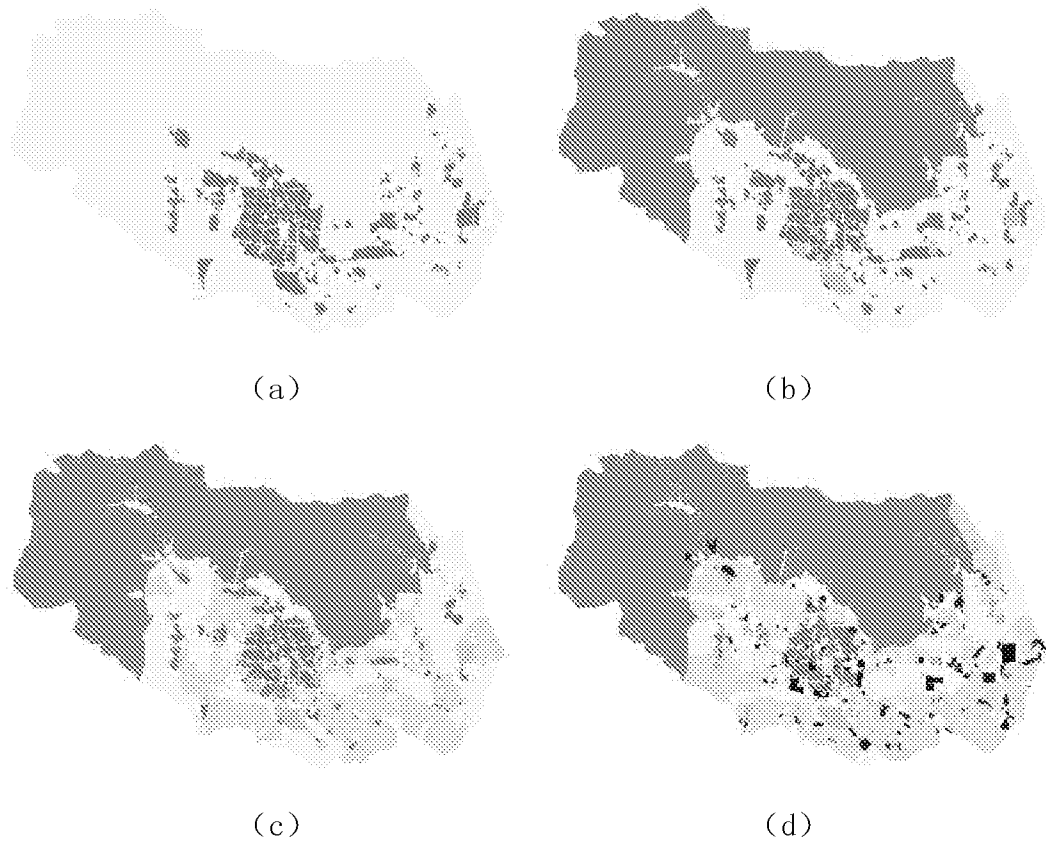


图 2

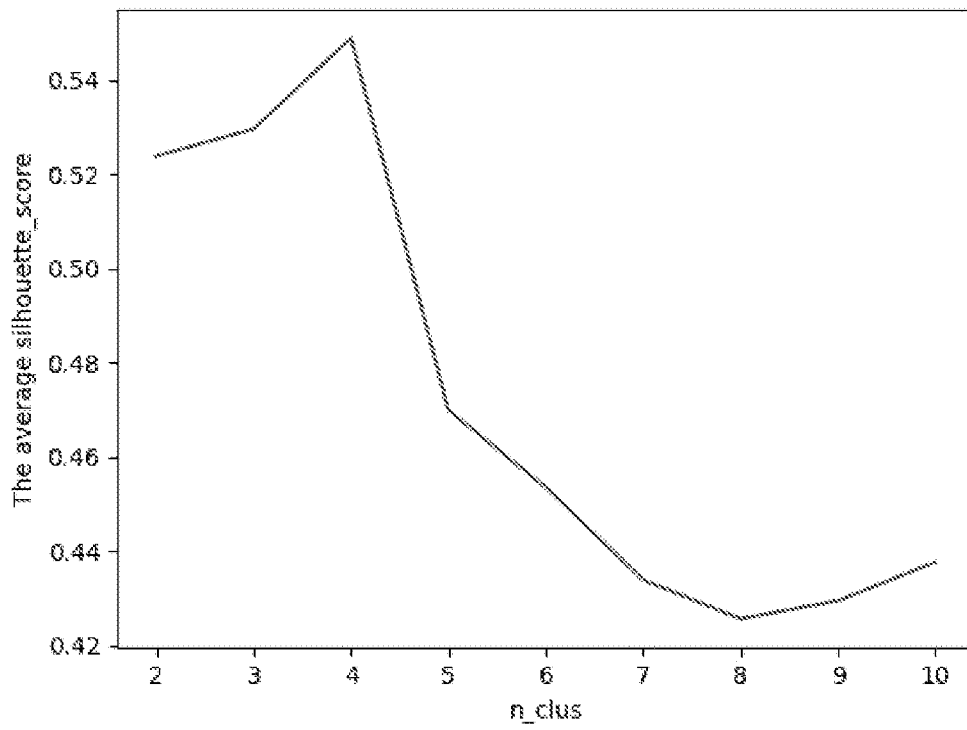


图 3

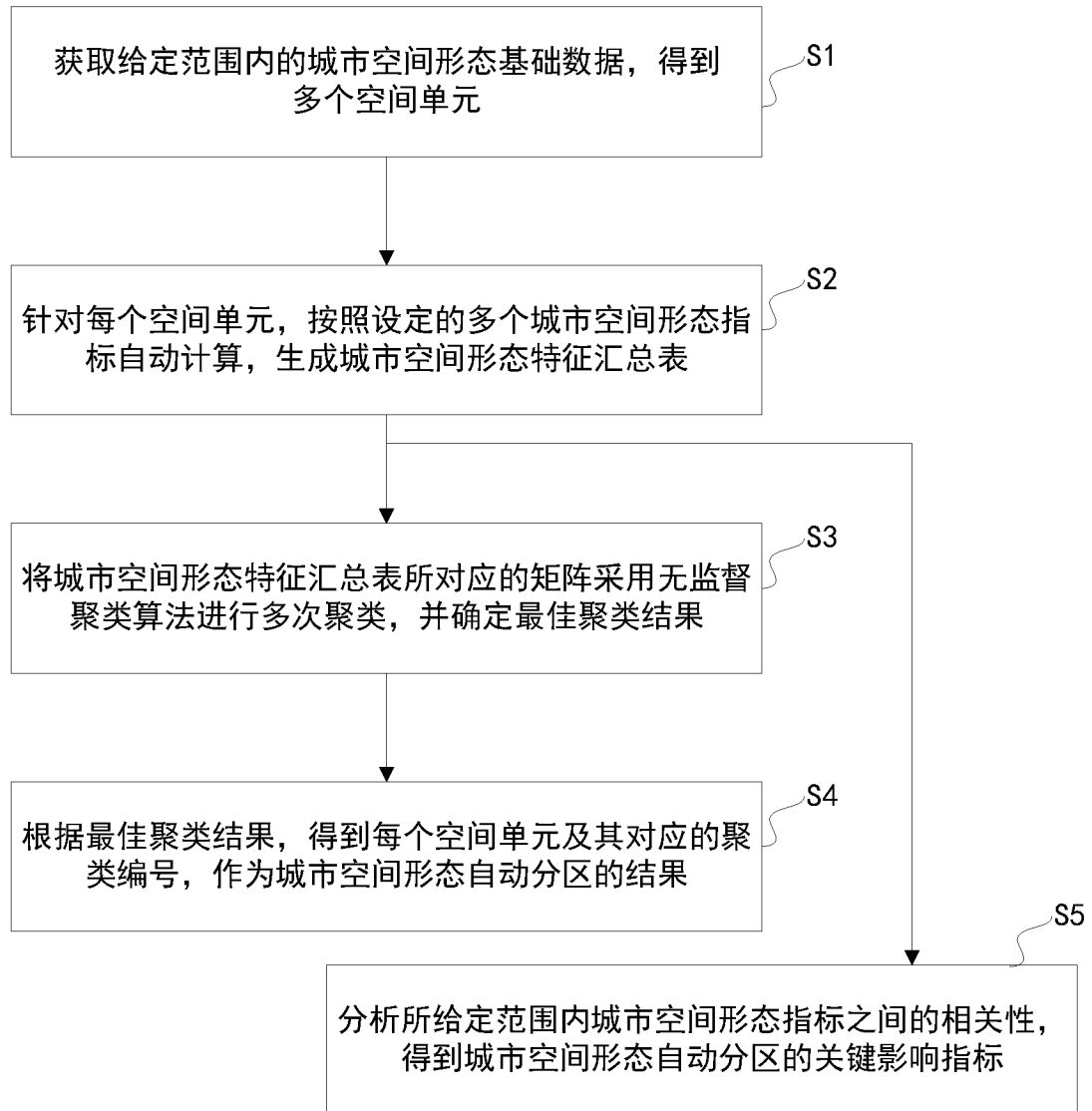


图 4

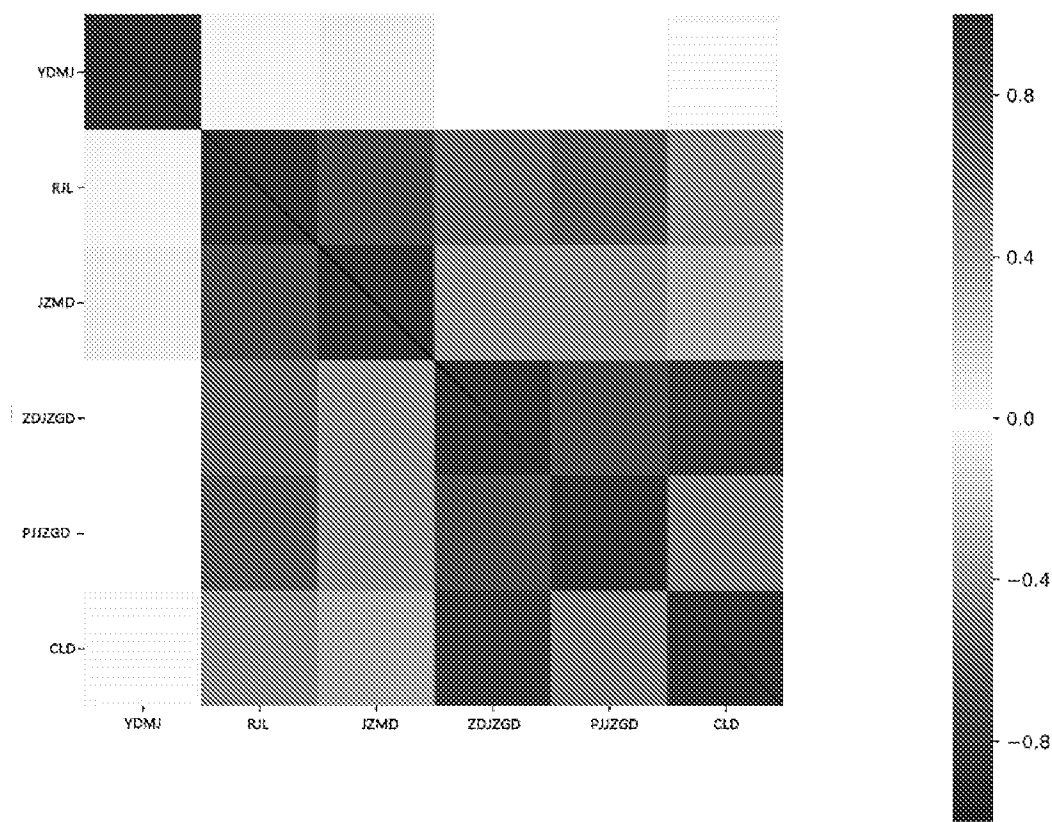


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/116290

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06Q 10/04(2012.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, IEEE: 城市, 空间, 形态, 分区, 划分, 区域, 轮廓, 功能, 多边形, 聚类, 建筑, 指标, 评价, 评分, 标号, 相关性, 关联, 面积, 密度, 高度, 容积率; urban, city, spatial, form, partition, building, grouping, relationship, cluster +, architectural, distribution, function+, region, division, polygon.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 107909111 A (CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES, WUHAN) 13 April 2018 (2018-04-13) description, paragraphs [0093]-[0144]	1-10
Y	CN 108416392 A (CHENGDU RESEARCH INSTITUTE OF UESTC) 17 August 2018 (2018-08-17) description, paragraphs [0014]-[0032]	1-10
A	CN 107679229 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 09 February 2018 (2018-02-09) entire document	1-10
A	CN 104679951 A (TANG, ZILAI ET AL.) 03 June 2015 (2015-06-03) entire document	1-10
A	杨俊宴 (YANG, Junyan). "城市空间形态分区的理论建构与实践探索 (Theoretical Construction and Practical Exploration of Urban Spatial Form Partition)" <i>城市规划 (City Planning Review)</i> , Vol. 3, No. (41), 31 March 2017 (2017-03-31), entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 June 2019

Date of mailing of the international search report

23 July 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/116290

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	107909111	A	13 April 2018	None	
CN	108416392	A	17 August 2018	None	
CN	107679229	A	09 February 2018	None	
CN	104679951	A	03 June 2015	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/116290

A. 主题的分类 G06Q 10/04 (2012.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																				
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G06Q 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, WPI, EPDOC, CNKI, IEEE: 城市, 空间, 形态, 分区, 划分, 区域, 轮廓, 功能, 多边形, 聚类, 建筑, 指标, 评价, 评分, 标号, 相关性, 关联, 面积, 密度, 高度, 容积率; urban, city, spatial, form, partition, building, grouping, relationship, cluster+, architectural, distribution, function+, region, division, polygon.																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 107909111 A (中国地质大学武汉) 2018年 4月 13日 (2018 - 04 - 13) 说明书第[0093]-[0144]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108416392 A (电子科技大学成都研究院) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 说明书第[0014]-[0032]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107679229 A (东南大学) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104679951 A (唐子来 等) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>杨俊宴. “城市空间形态分区的理论建构与实践探索” 《城市规划》, 第3卷, 第41期, 2017年 3月 31日 (2017 - 03 - 31), 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 107909111 A (中国地质大学武汉) 2018年 4月 13日 (2018 - 04 - 13) 说明书第[0093]-[0144]段	1-10	Y	CN 108416392 A (电子科技大学成都研究院) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 说明书第[0014]-[0032]段	1-10	A	CN 107679229 A (东南大学) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 全文	1-10	A	CN 104679951 A (唐子来 等) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03) 全文	1-10	A	杨俊宴. “城市空间形态分区的理论建构与实践探索” 《城市规划》, 第3卷, 第41期, 2017年 3月 31日 (2017 - 03 - 31), 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
Y	CN 107909111 A (中国地质大学武汉) 2018年 4月 13日 (2018 - 04 - 13) 说明书第[0093]-[0144]段	1-10																		
Y	CN 108416392 A (电子科技大学成都研究院) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 说明书第[0014]-[0032]段	1-10																		
A	CN 107679229 A (东南大学) 2018年 2月 9日 (2018 - 02 - 09) 全文	1-10																		
A	CN 104679951 A (唐子来 等) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03) 全文	1-10																		
A	杨俊宴. “城市空间形态分区的理论建构与实践探索” 《城市规划》, 第3卷, 第41期, 2017年 3月 31日 (2017 - 03 - 31), 全文	1-10																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																				
国际检索实际完成的日期 2019年 6月 20日		国际检索报告邮寄日期 2019年 7月 23日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 杜婧子 电话号码 86-(10)-53961529																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/116290

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	107909111	A	2018年 4月 13日	无	
CN	108416392	A	2018年 8月 17日	无	
CN	107679229	A	2018年 2月 9日	无	
CN	104679951	A	2015年 6月 3日	无	