引文格式：陈功亮. 上海市网格化管理部件变化匹配与更新探究[J]. 地理空间信息, 2024, 22(10): 87-90. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.10.021

上海市网格化管理部件变化匹配与更新探究

陈功亮[1,2]
（1. 上海市测绘院，上海 200063；2. 自然资源部超大城市自然资源时空大数据分析应用重点实验室，上海 200063）

摘　要：为满足上海市网格化管理部件数据的生产和更新需求，基于目前开展的道路全息测绘和管线探测工作，通过分析其中不同来源城市网格化管理部件的几何相似度和语义相似度，提出多源部件数据的变化匹配算法和更新方案，并选取实验区对网格化管理部件进行实测，进而验证了算法的有效性。实验结果表明，利用本文提出的变化匹配策略和更新方案，可以有效减少城市网格化管理部件的重复采集，可充分发挥测绘成果的共享价值。

关键词：网格化管理部件；多源数据；变化匹配；实验分析
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）10-0087-04

Research on the Change Matching and Update of Grid Management Components in Shanghai City

CHEN Gongliang[1,2]
(1. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China;
2. Key Laboratory of Spatial-temporal Big Data Analysis and Application of Natural Resources in Megacities, Ministry of Natural Resources, Shanghai 200063, China)

Abstract: To meet the production and update needs of Shanghai's grid management component data, by analyzing the geometric similarity and the semantic similarity between road holography and pipeline detection, we proposed a change recognition algorithm and an update scheme for multi-source component data, and selected a test area to measure grid management components, which verified the effectiveness of algorithm and update scheme. The experimental results indicate that using the change matching strategy and update scheme described in this article can effectively reduce the repeated collection of urban grid management components and fully leverage the shared value of surveying and mapping results.

Key words: grid management component, multi-source data, change matching, experimental analysis

城市部件数据是上海市网格化管理的基础数据，也是网格化管理建设的重要内容[1]，主要分为5大类：公共设施类、交通设施类、环卫设施类、园林绿化类和其他类[2]。为满足建立地上、地表、地下三维一体可视化的“一张底图”建设目标的总体需求，上海市地理实体全息数据库和管线地理信息数据库中共有一套城市网格化管理部件数据，两套数据在表达相同网格化部件的时候，在语义描述、几何特征等方面存在差异和矛盾。由于尚未确立二者之间的关联关系及相互影响，分散的资源无法统一为有机整体，难以对其有效管理和协同利用[3]，导致了测绘成果重复探测、资源浪费和数据分享困难。

着眼于更好地结合“智慧城市”建设，充分运用现代科技手段推动上海市多源网格化管理部件的规划设计、审批、批后管理等城市治理能力精细化、现代化的需求[4]，需要建立更加科学、精确、卓效的部件数据更新方案和建模方案。本文就当前上海市多源网格化管理部件地理信息更新中要素级变化匹配算法和更新方案进行探究，并选取5 km^2实验区范围内不同来源的网格化部件数据进行变化实体要素匹配和更新处理，从而验证了算法的有效性。

1　全息测绘中的网格化管理部件采集

道路全息测绘是以车载激光扫描测量方式为主、其他技术手段为辅进行外业采集数据，通过深度学习等人工智能技术自动化、半自动化提取地形矢量，结合大数据和外业调查充实道路要素的自然、社会属性，形成空间一体化、全息、高精、结构化的道路全

收稿日期：2023-06-25。
项目来源：上海市2021年度社会发展科技攻关资助项目（21DZ1204100）。
作者简介：陈功亮（1980—），硕士，高级工程师，主要从事地下管线测绘和管理方面的工作，E-mail：30686131@qq.com。

息测绘地理信息产品[5]。

全息测绘采集内容为测绘范围内可见的所有要素，以及要素的属性信息[6]，包括交通及其附属设施、地下管线的地上附属设施等城市网格化管理部件。这些城市网格化管理部件大多以点状要素表示，诸如杆类、箱类、警示桩、消火栓等，采集平面位置取落地中心位置，高程取旁边地面高程。少部分网格化部件以面状要素表示，比如变电室、泵站等，采集平面位置取外沿落地角点位置，高程取旁边地面高程。按照地理实体全要素采集相关数据标准，全息测绘中城市网格化管理部件数据的平面精度优于±10 cm、高程精度优于±5 cm。

2 管线探测中的网格化管理部件采集

明显管线点调查是地下管线探测的重要工作，其工作的质量，对成果具有决定性影响。对于规划道路红线范围内地表所有的管线附属物，均应进行调查。管线探测中采集管线附属设施的平面和高程的位置，与全息测绘相同。按照地下管线相关数据标准，管线测绘中城市网格化管理部件数据的平面精度优于±10 cm、高程精度优于±5 cm，也与全息测绘一致。

管线探测中的点状要素具体分类如表1所示，其中管线探测中的特征点以及地表以下的管线附属设施则不属于城市网格化管理部件，地表及地表以上的具有物理实在性的管线附属设施则属于本文研究的城市网格化管理部件的范畴。

3 网格化管理部件变化匹配和更新方案

本课题利用管线和地形不同方式获取的城市网格化部件信息资源，基于自主设计的变化匹配算法，制定上海市两库城市网格化管理部件更新方案。

变化匹配算法的设计思路是选取上海市地理实体全息数据库和管线地理信息数据库中任一个数据集为基准即源要素集，另一个数据集为目标要素集，遍历源要素集中要素对象，遍历源要素集中要素对象，综合语义相似度和几何相似度完成各要素在目标要素集中的同名要素匹配[7]，以确定变化要素。

3.1 几何相似度匹配

由于上海市管线地理信息数据库地理实体的比例尺、坐标系和上海市地理实体全息数据库保持一致，各自包含的城市网格化管理部件数据采集精度相同，因此在网格化管理部件数据空间位置的匹配过程中，只需要考虑距离相似度即可。作为矢量空间数据中的一种，网格化部件数据匹配从几何形态上主要分为点状要素匹配和面状要素匹配。

表1 管线探测中的点状要素分类

探测点	位置	类型	详细内容
附属设施	地表以上	井	阀门井、检修井（人井）、检修井（手井）、卧式阀门井、窨井、暗井、阀门孔、水表（流量箱）、雨污水篦、牺牲阳极（阴极保护）、合杆人井、合杆手井、检查井等
		箱	电箱、变电箱、接线箱、调压箱、计量箱、合杆箱等
		杆	路灯、交通信号灯、监视器、上杆、上墙、合杆杆等
		出地口	电力通风口、通风口、投料口、出入口、进出水口等
		塔/亭	发射塔、水塔、电话亭等
		池	水池、化粪池、沉淀池等
		桩/栓	禁挖标志、测试桩、警示桩、充电桩、消防栓等
		柜/堡	燃气堡、储油储气堡等
	地表以下	设施	闷头、阀门、涨缩器、信息球等
特征点	实测点、变径点、非普点、导管孔变化分界、管线指向、沉降监测点、辅助点、井边点等		

3.1.1 点状要素匹配

本文将使用平面上2点的欧氏距离作为点实体之间的距离相似度，利用距离相似度和语义相似度相结合的匹配方法对上海市地理实体全息数据库和管线地理信息数据库中城市网格化管理部件数据集进行实验，基本过程是：先将2个数据集的待匹配样本数据叠加在一起，计算管线地理信息数据集中每个点实体与地理实体全息数据集中最近的一个点实体之间的距离，对管线地理信息数据集中的点实体数目进行统计，使得统计结果中90%以上的点实体的距离小于某一距离，确定平面位置限差±30 cm，高程位置限差±15 cm为匹配的阈值；然后以管线地理信息数据集中的管点实体为源实体建立缓冲区，在地理实体全息数据集中寻找候选实体，如果只存在一个点实体，则当前实体为最佳匹配实体，如果有多个候选实体，则利用下式计算它们的相似度，相似度值最大的候选实体为最佳匹配实体。

$$\rho_{a,b}=\alpha\times\left(1-\frac{d}{r}\right)+\beta\times MS_{a,b} \tag{1}$$

式中，d 为源实体 a 与候选实体 b 之间的距离；r 为缓冲区半径；$MS_{a,b}$ 为源实体 a 与候选实体 b 的语义相似度；α、β 为权重参数，可根据多次实验比对设定，但必须满足 $\alpha+\beta=1$。

3.1.2　面状要素匹配

本文采用基于实体内部相交关系的面实体搜索方法进行面实体粗匹配，遍历管线地理信息数据集中的每个面实体 a_i，以 a_i 为源实体，根据面实体内部相交关系，在地理实体全息数据集中寻找待匹配的候选实体 b_j，通过下式计算2个实体的相交系数，将满足条件的实体加入到 a_i 的候选匹配集中。

$$\rho_{i,j}=\frac{S(a_i\cap b_j)}{\min\left[S(a_i),S(b_j)\right]}\geq 0.5(i,j=1,2,\ldots,n) \quad (2)$$

式中，S 为面积，只要 $\rho_{i,j}\geq 0.4$ 则加入到源实体的候选匹配集中。粗匹配完成后，再进行面实体的精匹配，对当前面实体 a_i 与候选匹配集中每个面实体 b_j 进行相似度计算，将相似度值最大的实体作为最佳匹配实体，本文将选取重心距离、重叠面积、实体面积作为衡量几何相似度的指标，利用几何相似度和语义相似度加权计算相似度。

$$\rho_{a_i,b_j}=\alpha\times(1-\frac{d}{l})+\beta\times\left(\frac{S(a_i\cap b_j)}{S(a_i)}\right)+\gamma\times\frac{\min\left[S(a_i),S(b_j)\right]}{\max\left[S(a_i),S(b_j)\right]}+\varphi\times MS_{a_i,b_j} \quad (3)$$

式中，a_i,b_j 分别为两库中相匹配的面实体；d 为 a_i 与 b_j 的重心距离；l 为 a_i 最小外接矩形的对角线长度，若 $d>1$；则使 $d=1$；MS_{a_i,b_j} 为源实体 a_i 与候选实体 b_j 的语义相似度；α、β、γ、φ 为权重参数，需满足 $\alpha+\beta+\gamma+\varphi=1$。

3.2　语义相似度匹配

语义相似度即上海市地理实体全息数据库和管线地理信息数据库中同名城市网格化管理部件对应关系。通过梳理和实地验证，得到两库城市网格化管理部件的映射关系表，点状实体要素以其中较为常见的路灯、交通信号灯以及发射塔为例，展开映射关系如表2所示。面状要素以其中较为常见的变电室、泵站为例，展开映射关系如表3所示。

3.3　更新方案

当不同生产作业部门通过管线普查、管线跟测、建筑工程多测合一动态更新、道路月度更新和野外巡视年度更新等方式，获取到城市网格化管理部件数据变化量之后，便可以利用数据分发、共享和服务网络机制，适时将更新区域的变化数据制作成标准格式的增量数据包，通过“上海市多测合一项目管理系统”、“基础测绘项目管理系统”、“基础测绘元数据管理系统”等共享平台推送给其他生产部门，方便其他部门认领相应更新区域城市网格化管理部件变化数据，并通过前一节所述的变化匹配算法，将认领的变化数据和数据库存量数据进行匹配，匹配完成后统一将存量数据更新成变化数据，并依据管线和网格化管理部件在空间位置间存在的一般性规律利用软件自动实现点线面拓扑关系维护，必要时进行外业核实与修补测。

表2　两库城市网格化管理部件部分点状实体要素对应关系表

上海市管线地理信息数据库	上海市地理实体全息数据库
路灯	双臂路灯
	单臂路灯（右）
	单臂路灯（左）
	导航灯
	杆式照射灯
	塔式照射灯
交通信号灯	红绿灯
	红绿灯（人行）
	交通信号灯
	矮柱色灯信号机
	高柱色灯信号机
	交通信息指示杆
发射塔	无线电杆、塔
	移动通讯塔
	电视发射塔
	微波塔

表3　两库城市网格化管理部件部分面状实体要素对应关系表

上海市管线地理信息数据库	上海市地理实体全息数据库
变电站	变电室（所）
泵站	抽水机站、扬水站

4　应用实例

选择上海市某新城区4.5 km²和中心城区0.5 km²合计约5 km²范围作为实验区。该测区内地理要素类别丰富，覆盖点、线、面等类型，交通及其附属设施、管线及其附属设施等网格化部件种类齐全[8]，作为本文上海市网格化管理部件变化匹配算法和更新方案的验证区域具有典型意义。

按照本文设计的算法综合几何相似度和两库城市网格化管理部件对应关系，将发生变化的地理实体全息数据库和管线地理信息源数据库进行自动匹配，并计算中误差。中心城实验区管线地理信息数据库中总共有1 235个网格化管理部件，可以匹配地理实体全息数据库变化发现的901个网格化管理部件；新城实验区管线地理信息数据库中总共有3 477个网格化管理部件，可以匹配地理实体全息数据库变化发现的

2 677个网格化管理部件。

根据统计结果，匹配率最高的依次是路灯、交通信号灯、电箱等明显突出地表的网格化管理部件，而通信人孔、检修井孔等未明显突出地表的网格化管理部件的匹配率相对较低，可能和道路全息测绘对于道路红线附近井盖的扫描不清晰有关。将匹配到的部件要素按照实验区分类统计精度，得到统计表格如表4所示。

表4 实验区两库城市网格化管理部件匹配精度表

测区	匹配率/%	平面中误差/cm	高程中误差/cm
中心城区	73	±5.30	±3.39
新城区	77	±6.65	±4.60

人工对实验区匹配结果进行核查，分析上文中利用公式（1）对表2所示的部分点状实体要素的匹配效果，分别统计其中正确匹配的实体数、错误匹配的实体数、未匹配的实体数、查全率、查准率以及程序运行的匹配时间，如表5所示。

表5 实验区部分点状实体要素匹配结果分析表

评价指标	路灯	交通信号灯	发射塔
实验区管线源数据库实体数	1 084	251	14
实验区全息测绘变化实体数	1 348	223	17
匹配实体数	846	196	13
正确匹配实体数	841	193	13
未匹配实体数	238	55	1
查全率/%	78.0	78.1	92.9
查准率/%	99.4	98.5	100
匹配时间/s	4.9	2.8	1.5

以同样的方法和指标分析上文中利用公式（2）和（3）对表3所示的部分面状实体要素的匹配效果，如表6所示。

表6 实验区部分面状实体要素匹配结果分析表

评价指标	变电站	泵站
实验区管线源数据库实体数	16	6
实验区全息测绘变化实体数	49	9
匹配实体数	15	6
正确匹配实体数	14	6
未匹配实体数	1	0
查全率/%	93.8	100
查准率/%	93.3	100
匹配时间/s	1.9	1.2

从以上点状实体要素和面状实体要素匹配分析结果可以看出，采用本文所提出的综合采用几何相似度和语义相似度的匹配算法，有效地实现了地理实体全息数据库和管线地理信息数据库城市网格化管理部件的变化匹配，匹配率和匹配精度较高，匹配速度也较快。同时，面状实体要素采取了粗匹配和精匹配结合的方法，相对点状实体要素匹配率更高，点状实体要素匹配算法复杂度虽然更低，但是匹配率还需要进一步提高[9]。

5 结 语

本文通过分析上海市地理实体全息数据库和地下管线地理信息数据库中共有的网格化管理部件几何相似度和语义相似度，设计变化匹配算法和更新方案，并选取实验区对不同来源的网格化部件数据进行一致性处理，使得这些数据在属性和几何位置上相互补充和相互关联，从而提高网格化部件地理信息的可靠性和现势性，拓宽数据的应用范围[10]。

参考文献

[1] 曾绍炳,周世健,洪中华,等. 基于DTM的城市网格化管理部件数据的质量评价[J]. 东华理工大学学报(自然科学版),2010,33(2):173-177

[2] 曾绍炳,洪中华,周世健. 城市网格化管理部件数据的质量评价[J]. 地理与地理信息科学,2009,25(5):46-49

[3] 郭黎,姜晶莉,李豪,等. 多源地理空间矢量数据关联模型设计[J]. 测绘通报,2021(增刊):260-263

[4] 胡菡,张亮,石婷婷. 多源地理要素变化识别研究[J]. 地理空间信息,2020,18(6):53-55

[5] 顾建祥,杨必胜,董震,等. 面向数字孪生城市的智能化全息测绘[J]. 测绘通报,2020(6):134-140

[6] 陈功亮,时煜姝,张黔松. 基于全息测绘的大型城市管线更新探索实践[J]. 城市勘测,2021(6):157-162

[7] 戴海伦,王德冬,刘中秋,等. 基于地理国情数据的基础地理信息增量更新方法研究[J]. 地理信息世界,2017,24(3):92-96

[8] 张丽. 智能化全息测绘成果质量检查方法研究[J]. 测绘通报,2021(增刊):260-263

[9] 张大骞,刘善磊,杨锦. 基于实体匹配技术的点状城区要素融合更新[J]. 地理空间信息,2022,20(10):11-14

[10] 高建武. 数字城市技术基础下的治理范式:“网格化模式”[J]. 中国建设信息化,2018(19):12-15