



利用地理知识图谱的COVID-19疫情态势交互式可视分析

蒋秉川¹ 游雄¹ 李科¹ 周小军¹ 温荟琦²

¹ 信息工程大学地理空间信息学院,河南 郑州,450001

² 66136部队,北京,100043

摘要:新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19)疫情的暴发产生了海量与时空信息相关的数据,当前的地理时空疫情分析难以关联人物关系、事件等数据,由此提出了一种利用地理知识图谱结合交互式可视分析COVID-19疫情态势的方法。首先定义了病患实体和关系类型,提出了事件语义模型和事件关系分类,并根据不同的数据分类设计了知识抽取和知识表示方法,构建了病患时空信息知识图谱;然后分别从宏观和微观层次把控疫情态势的任务出发,设计了知识图谱可视化视图和交互分析方法;最后构建实验分析系统,利用COVID-19确诊患者数据,通过地图分布可视化、图谱可视化和轨迹可视化等多视图协同交互对COVID-19疫情态势进行分析实验。实验结果表明,该方法能够从实时疫情态势监控、病患关联关系、高危人群防控和地区防控态势等方面为疫情态势分析提供一种新的思路与方法。

关键词:新型冠状病毒肺炎;地理知识图谱;时空大数据;可视分析

中图分类号:P208

文献标志码:A

新型冠状病毒肺炎(coronavirus disease 2019, COVID-19)疫情暴发后,时空大数据的相关方法和手段不断融入到不同层次的防控措施中,例如将疫情地图、人口流动与潜在病人的分布、疫区医疗资源调配以及疫区分级管控等手段用于对疫情的空间传播、病情动态分析和应急资源调配等领域^[1-2]。但是由于其数据模型的局限,上述方法难以关联与疫情传染影响有关的多要素数据,无法进行综合分析。综合时空分布、人口迁徙、患者关系等多要素数据进行协同分析,能够解析COVID-19疫情暴发的深层次原因,精确把握疫情扩散的时空机制,为防止类似事件的再次发生提供科技储备。

知识图谱是人工智能领域的分支,主要用于解决智能搜索、智能问答和知识推荐等领域的问题。面对COVID-19疫情,知识图谱研究领域的相关学者及业界基于医疗、百科、新闻、公告等数据,构建了与COVID-19疫情相关的知识图谱,为医疗资源追溯、疫情知识问答等提供了技术支持。

知识图谱的核心是大规模语义网,其优势是

能够很好地建立实体与实体之间的语义关系,以简单的形式化格式存储,方便快速检索和分析。时空信息分析模型的优势是能够充分利用空间位置信息,形象化展示空间分布,便于掌握时空规律。若单独使用语义网,则难以直观表示疫情态势的空间分布和扩散态势;若单独使用时空信息模型,则病患的社交网络关系等复杂的关系信息无法描述。因此,本文将地理知识图谱语义网和时空信息可视分析模型相结合,提出基于地理知识图谱相关技术构建COVID-19病患时空信息知识图谱,设计交互式协同可视分析方法,进行COVID-19疫情态势监控和病患关系分析,为精准防疫抗疫探索了一条高效可循的思路与方法。

1 地理知识图谱研究

知识图谱本质上是由具有属性的实体通过关系链接而成的网状知识库,即具有有向图结构的一个知识库,其中图的节点代表实体(entity)或者概念(concept),而图的边代表实体/概念之间

收稿日期:2020-04-12

项目资助:国家自然科学基金(41801319)。

第一作者:蒋秉川,博士,讲师,主要从事时空数据可视分析与地理知识图谱研究。jbc021@163.com

通讯作者:游雄,博士,教授。youarexiong@163.com

的各种语义关系。

基于COVID-19疫情数据,知识图谱领域相关研究人员构建了病毒分类图谱、COVID-19基本信息图谱、抗病毒药物图谱、文献抽取图谱等不同类型的与COVID-19相关的知识库,如开放中文知识图谱OpenKG能够满足疫情知识的问答、知识推理等需求。但是这些知识库难以描述动态变化的多样信息,时空特性不足,无法进行更深层次的疫情分析。

地理知识图谱是知识图谱在地理学的拓展,是结构化的地理语义知识库,通过形式化描述地理学领域的概念、实体、属性及其相互关系,使概念、实体间相互联结,构成网状知识结构^[3]。近年来,地理知识图谱得到了相关领域专家的认可,主要从地理知识图谱构建、知识关联模型和知识图谱应用方面进行了较为深入的研究。地理知识图谱构建主要围绕地理实体的抽取^[4]、拓扑和方位关系的抽取^[5]以及地理知识图谱存储^[6-7]等方面进行研究。如文献[8]提出了地理知识图谱的构建框架;文献[3]分析了面向虚拟地理环境智能应用的地理知识图谱构建关键技术;文献[9]利用维基数据(Wikidata)和人类地理知识对公开地图(Open Street Map, OSM)的地理实体进行加强,构建了众包地理知识图谱(CrowdGeoKG);文献[10]针对地理知识的空间、时间和动态多变特征,提出了地理知识形式化表示模型。

地理知识图谱联合时空数据表示模型(如地图、时空分布等)进行协同分析也有相关研究。如文献[11]提出了一种通用的地理知识图谱索引框架Riso-tree,以实现语义网络和地理空间的索引,并构建了基于交互式地图的地理知识图谱位置感知搜索查询系统^[12];文献[13]构建了轨迹图谱,可支持轨迹的基本查询、范围查询、最近邻查询等功能。

在地理知识图谱应用方面,文献[14-15]提出构建虚拟地理环境知识工程,必须实现数据-信息-知识-智慧的智能化转化,提供智能虚拟地理环境服务;文献[16]利用地理知识图谱实现了虚拟地理环境的智能问答与交互;文献[17]利用知识库与地理信息模型相结合对古琴名人相关信息实现智能化查询;文献[18]利用知识图谱技术组织多源异构数据,展示了恐怖主义事件关系和属性信息。

地理知识图谱的核心是构建大规模地理知识语义网,本质上是一种大规模有向网络图,其特点是时空特性明显,能够较好地关联与地理位

置相关的多要素数据,可与地理分布等分析进行有效结合。从地理知识图谱的相关研究来看,其能够解决大规模COVID-19疫情多源异构数据的关联问题,实现多源、多要素的协同分析。地理知识图谱的构建及应用的相关研究为COVID-19时空信息知识图谱构建提供了很好的借鉴。

2 COVID-19病患时空信息知识图谱

根据地理知识图谱的构建流程,COVID-19病患时空信息知识图谱构建主要包括本体构建、知识抽取和语义网表示3个步骤。

2.1 本体构建

COVID-19病患时空信息知识图谱本体层属于地理本体的子集,作如下定义:

1)定义概念集ON_Concept: $\{C, E\}$

定义概念集ON_Concept为 $\{C1, C2, C3, C4, C5, E\}$ 。其中,C1为确诊COVID-19病例;C2为COVID-19病例居住地;C3为COVID-19病例所就诊医院;C4为COVID-19病例迁移所乘交通工具;C5为COVID-19病例所在地;E为事件本体,主要包括就诊事件、确诊事件、旅行事件、接触事件、购物事件、聚集事件、居家事件和发热事件。

2)定义本体中的关系ON_Relationship: $\{R\}$

以病患本体与其他类型本体关系为例, $\{R\} = \{R(C1, C1), R(C1, C2), R(C1, C3), R(C1, C4), R(C1, C5), R(C1, E)\}$ 。其中, $R(C1, C1)$ 为病患之间的人物关系; $R(C1, C2)$ 为病患与居住地之间的关系“居住”; $R(C1, C3)$ 为病患与就诊医院之间的关系“就诊”; $R(C1, C4)$ 为病患与交通工具的关系“搭乘”; $R(C1, C5)$ 为病患与所在地的关系“所在地”; $R(C1, E)$ 为病患与事件关系“经历”。

2.2 事件语义模型与关系定义

事件包括主体(who)、时间(when)、地点(where)、动作(action)、状态(state)、情况(what)6个要素。形式上,事件可表示为 e ,定义为一个六元组^[19]: $e = (E, T, P, A, S, W)$,其中,事件六元组中的 E, T, P, A, S, W 分别表示事件的主体(包括人、医疗结构等实体)、时间要素、地点要素、动作要素(如动作触发词)、状态集合与情况(事件描述)。如“1月7日病例23由武汉乘私家车返回太康县”,事件主体为“病例23”;时间要素为“1月7日”;地点要素为“武汉”、“太康县”;动作要素为“乘、返回”;状态集合为“返回”;事件描述为“乘

私家车返回”。

事件之间的关系可定义为组成关系、顺承关系、因果关系、相关关系。事件与事件的关系可通过时间、地点、参与对象进行链接。例如:“病例×××,女,25岁,现住经开区×××,1月18日接触武汉返郑人员,1月19日乘高铁G658次(11车厢)至新乡,1月21日乘高铁G1813次(4车厢)返回郑州,当日自驾车至×××,1月30日自驾车返郑,期间居家未外出,2月1日出现发热症状后自驾车至××××人民医院就诊,2月3日

自驾车至××××人民医院就诊,2月6日确诊。”其事件模式层和关系事例如图1所示,接触事件 e_1 “1月18日接触武汉返郑人员”,与发热事件 e_7 “2月1日出现发热症状后”存在因果关系;迁徙事件 e_2 “1月19日乘高铁G658次(11车厢)至新乡”与迁徙事件 e_3 “1月21日乘高铁G1813次(4车厢)返回郑州”为顺承关系;发热事件 e_7 “2月1日出现发热症状”与就诊事件 e_8 “2月1日出现发热症状后自驾车至××××人民医院就诊”定义为因果关系。

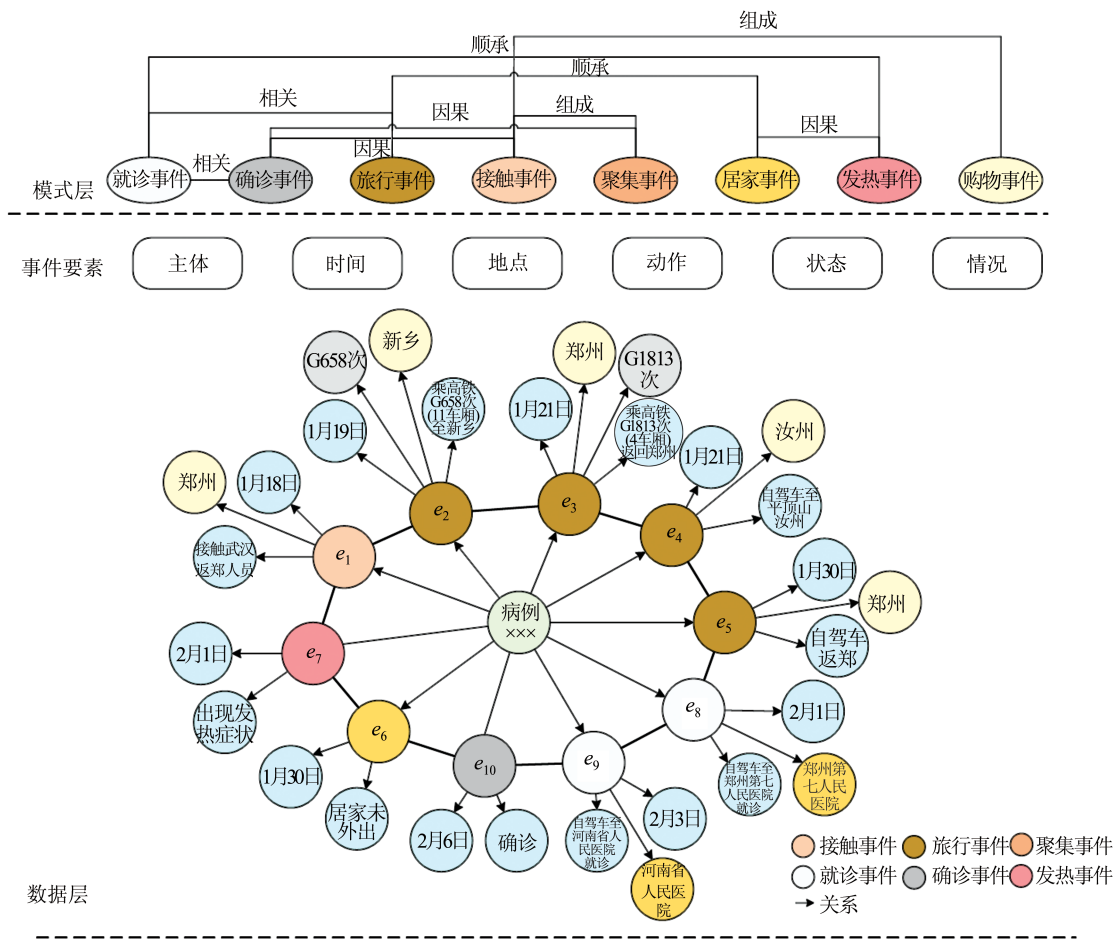


图1 事件模式层和关系示例

Fig.1 Schema of Events and Relationships

2.3 COVID-19病患相关知识抽取

COVID-19病患时空信息知识图谱的知识来源包括社交网络数据、人物关系数据、新闻数据、迁徙数据、疫情监测数据、轨迹数据、基础地理信息数据。数据来源、格式及抽取方法如表1所示。

针对结构化数据、半结构化数据和非结构化数据,分别有不同的知识抽取方法^[20]。本文重点对国家(省市)卫健委发布的COVID-19确诊病患的相关信息数据进行数据组织,形成结构化数据,再

利用直接映射(direct mapping, DM)方法将这些结构化数据从数据文件转化为三元组格式数据。

2.4 语义网表示

COVID-19病患时空信息知识图谱是将与COVID-19疫情相关的概念、实体、属性、事件等利用资源描述框架(resource description framework, RDF)表示为三元组,即 $\langle s(\text{主语}), p(\text{谓语}), o(\text{宾语}) \rangle$,进而建立各要素、实体、事件之间的关系,用“点-边”的有向图进行表示,结果如图2所示。

表 1 COVID-19 病患时空信息知识来源

Tab.1 Sources of Spatiotemporal Information Knowledge of COVID-19 Patients

数据类别	数据来源	数据格式	抽取方法	知识类型
社交网络数据	微信、微博数据	非结构化文本	包装器抽取	人物、社交关系
关系数据	户籍、微信、微博	结构化数据、文本	D2R、包装器抽取	人物实体、人物关系
新闻数据	新闻网站	非结构化文本	包装器抽取	新闻事件
迁徙数据	铁路、民航、公路	结构化数据	包装器抽取	轨迹数据、交通工具实体
疫情监测数据	国家及省市卫健委	非结构化文本	包装器抽取	病患实体、病患关系
轨迹数据	手机定位、调查	结构化数据	包装器抽取	人物实体、位移事件
基础地理信息数据	地图、影像、地名	结构化数据	包装器抽取	地名实体、地理知识

注: D2R(relation database to RDF)表示关系数据库转换为资源描述框架

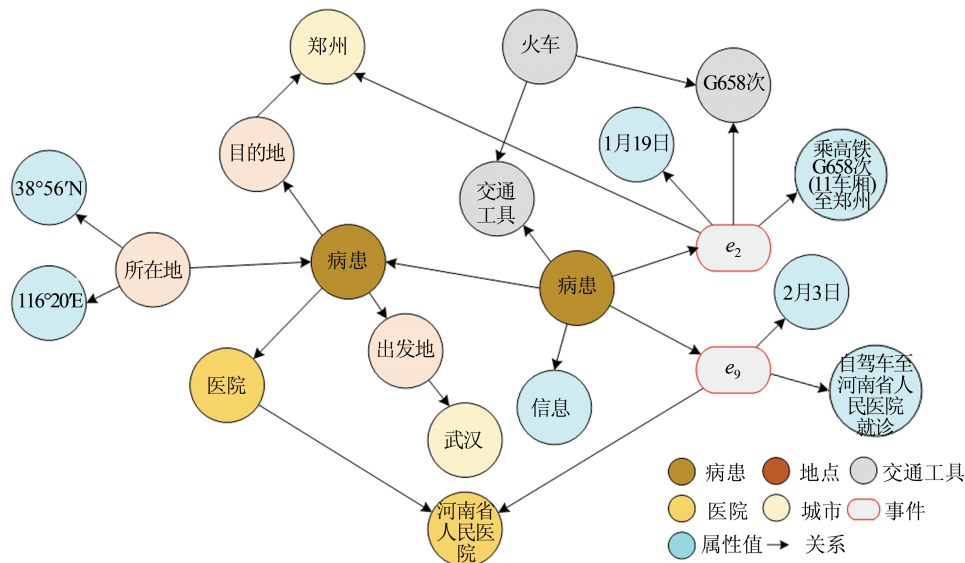


图 2 COVID-19 病患时空信息知识图谱示例

Fig.2 Schema of COVID-19 Spatiotemporal Information Knowledge Graph

3 知识图谱交互式可视分析

时空信息知识图谱能够较好地表示病患之间的关系,但难以描述时空分布和时空行为规律,基于地图的可视分析能够快速、准确地表示时空信息图谱要素的空间分布特征。COVID-19 时空信息知识图谱交互式可视分析视图包括地理时空分布视图、病患关系知识图谱视图和时序事件视图。

3.1 视图设计

1) 地理时空分布

地理时空分布主要用于显示具有精确地理位置的病患、收治医院、所在小区、疫情态势等信息,主要采用点标、面域、热力图的可视化形式表达。其中面域法可用于表示 COVID-19 确诊病例的数量分布,点标表示确诊病例的空间位置,热力图表示 COVID-19 疫情感染区域程度。

2) 病患关系知识图谱可视化

病患关系知识图谱可视化采用节点-边方法,通过力引导布局、层次布局和圆环布局等不同空间

布局的切换和可视化交互^[21],来发现不同的病患节点之间的继承关系以及隐含规律。(1)力引导布局:节点之间不存在相互的遮挡,能够反映实体之间的亲疏关系和网络结构中的拓扑属性,可有效分析超级传染者挖掘、病患类型等,如图 3 所示。(2)层次布局:可以描述网络结构中其他节点与关系节点的远近距离或隐含的从属、包含关系,可有效分析病患的亲属关系等家庭成员组成(见图 4)。(3)圆环布局:所有节点平均分布在圆环上(见图 5),易于观察兴趣节点与其他所有节点存在的关系,可有效分析跨地区、跨域的疫情传染。

3) 时序特征可视化

时序特征可视化主要包括时空轨迹、时序事件、疫情态势时序分析的可视化。位置属性特征随时间变化,事件属性随时间变化。时空轨迹基于地图显示轨迹路径,时序事件可通过事件轴视图表示。

3.2 交互式可视分析设计

各视图间的交互方法需结合分析任务设计视图的种类和交互方法。交互设计如表 2 所示。

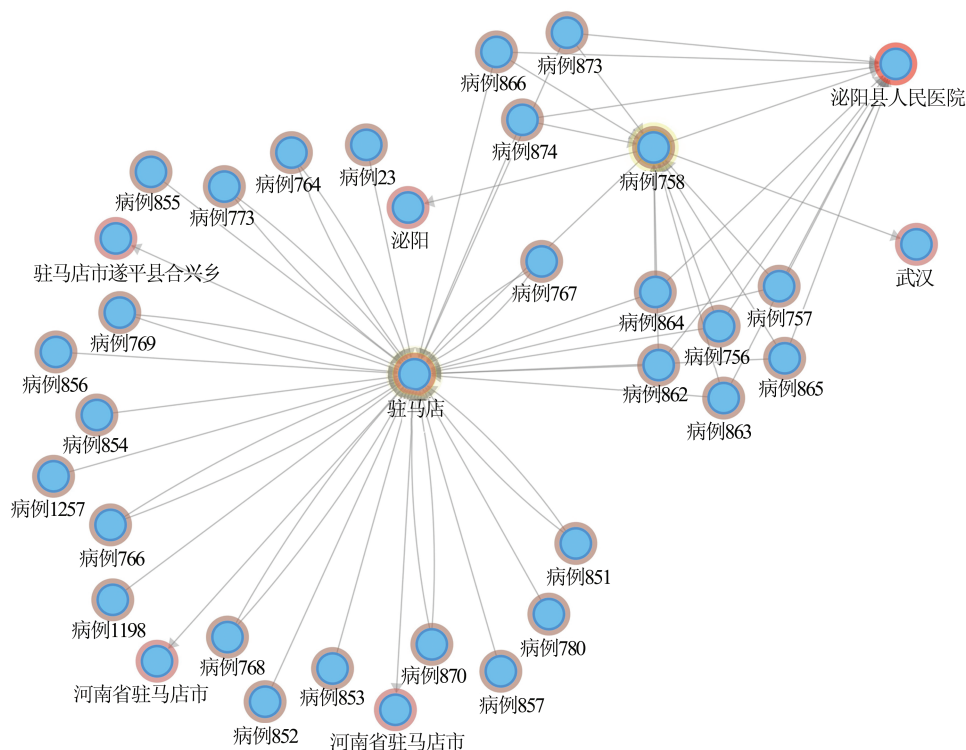


图3 力引导布局

Fig.3 Force-Directed Layout

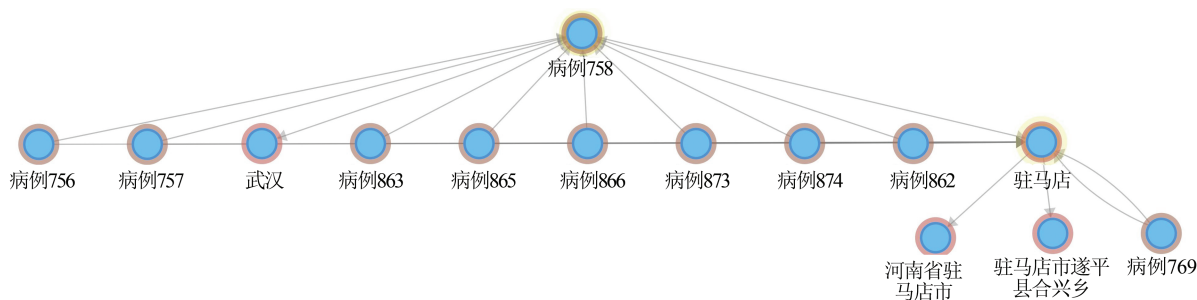


图4 层次布局

Fig.4 Hierarchical Layout

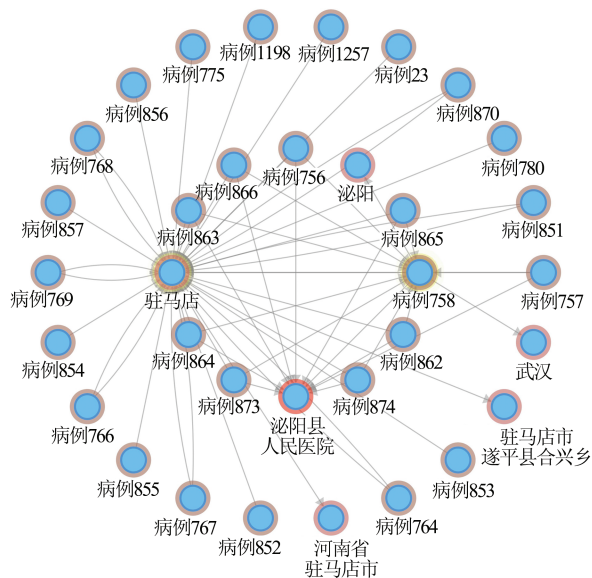


图5 圆环布局

Fig.5 Circle Layout

4 实验分析

4.1 实验数据

本文实验数据类型及来源如下(截至2020-03-13):(1)每日疫情数据:国家卫计委和各省市卫健委官方网站;(2)迁徙数据:人民日报客户端公布出现疫情高铁车次数据以及确诊病患的迁徙位置数据;(3)COVID-19病患数据:河南省卫健委官方网站,河南省共青团官方微信;(4)COVID-19病患位移轨迹数据:通过病患信息调用百度应用程序接口进行处理。

数据经过清洗、填充、入库后,构建的COVID-19病患时空信息知识图谱实体数量为2 312个,实体关系为5 055个,实体标签包括“患者”、“车次”、“居住地”、“出发地”、“目的地”、“医院”、“事件”等。

表 2 基于任务的可视化交互设计

Tab.2 Task-Based Visual Interaction Designs

分析任务	可视化方法	交互设计	交互
疫情态势分析	时空信息可视化	曲线图、气泡图、迁徙图多视图协同交互	选择、过滤
病例人物图谱关系分析	病患关系知识图	选择“病患”、“出发地”、“医院”等实体,网络图组合表示	选择、过滤、关联、重配
病例时空模式、高危群体预警分析	病患关系知识图、时空轨迹图	选择病例,展示病患关系、交通工具,地图展示市内轨迹和迁徙轨迹,分析时空规律	选择、过滤、关联

4.2 实验平台设计

实验平台采用浏览器/服务器(browser/server, B/S)架构,利用可视化工具 ECharts 和 Interactive Graph,结合地理信息系统地理信息丰富及可视分

析系统交互可视分析的特点,构建了 COVID-19 病患时空信息知识图谱可视分析系统。系统界面如图 6 所示,利用多视图协同可视分析方法可充分掌握当前疫情态势。

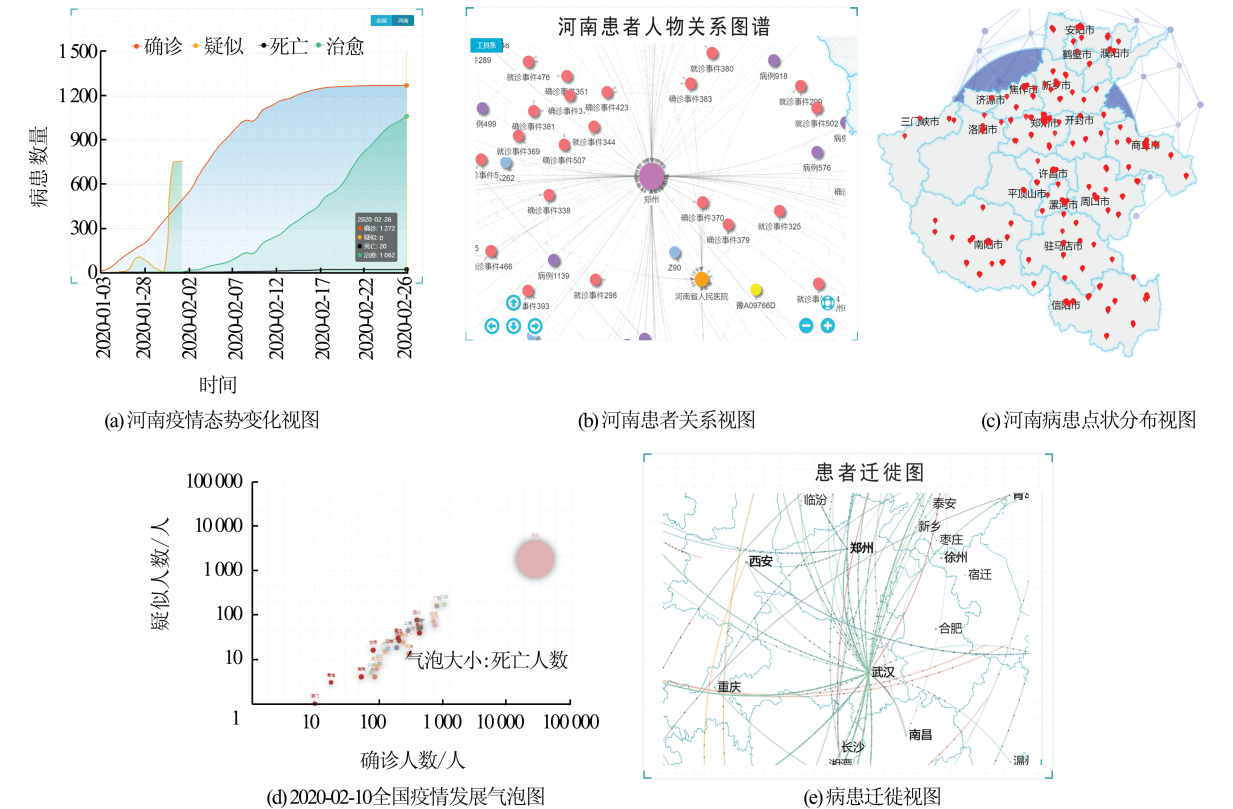


图 6 疫情态势监控

Fig.6 Epidemic Situation Monitoring

- 1)疫情态势变化视图
- 如图 6(a)所示,通过曲线图显示河南省确诊患者、疑似病例(后续疑似病例不再发布,出现曲线图断开)、死亡人数等的动态变化。
- 2)患者关系视图
- 如图 6(b)所示,通过节点链接网络图展示河南 COVID-19 患者人物关系、患者-所在地、患者-事件、患者-收治医院等关系。与地图联动,可实现基于图谱可视化的态势分析,如病患的市内移动轨迹、病患位置查询。
- 3)病患点状分布视图

- 如图 6(c)所示的分布视图,整合了河南省所有病患的位置,通过点状分布图了解确诊病患地区分布。
- 4)全国疫情发展气泡图
- 如图 6(d)所示的气泡图,整合了全国各省发布的 COVID-19 病患数据,通过气泡图动态展示各省市确诊人数、疑似人数、死亡人数的动态变化。其中,气泡的大小表示死亡人数,可随时间动态变化。
- 5)病患迁徙视图
- 如图 6(e)所示,基于病患迁徙位置数据和高铁分布数据,利用迁徙图动态展示病患迁徙轨

迹。与病患关系视图联动,可查询单个病患的迁徙轨迹。

4.3 疫情态势分析

1) 病例类型分析

如图7所示,通过“病患”和“出发地”实体关系分析,可以明显看出疫情前期绝大部分感染者都与“武汉”、“汉口”等湖北地区有联系,属于“直接输入型”患者类型。

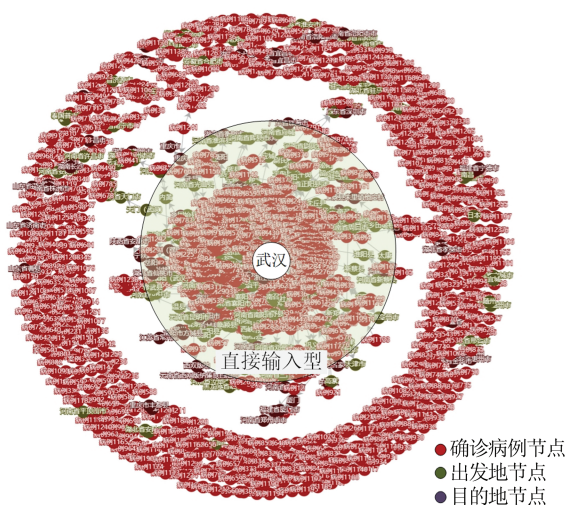


图7 病例类型分析

Fig.7 Analysis of Patients' Types

2) 地区防控态势分析

如图8所示,通过“病患”和“所在地”实体关系可视分析可以看出,患者重点集中在“郑州”、

“信阳”、“平顶山”、“南阳”、“焦作”、“商丘”、“新乡”、“开封”、“鹤壁”、“漯河”、“周口”等地。有病例直接在不同的城市间流动,导致了跨区域传染,“济源”、“漯河”、“三门峡”地区人员控制较好,没有人员流动。

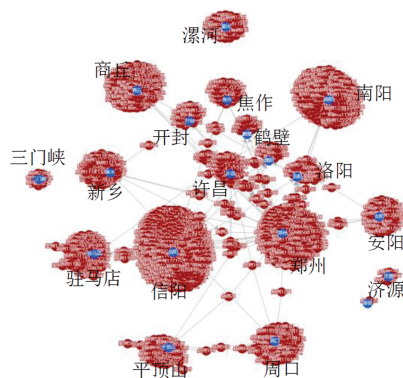


图8 地区防控态势分析

Fig.8 Analysis of Regional Situation

3) 病患医院收治情况分析

如图9所示,通过“病患案例”与“医院”关联分析,可看到各定点医院收治情况,“信阳市第四人民医院”、“信阳市第五人民医院”、“罗山县人民医院”、“郑州市第六人民医院”等医院收治病患较多,有较大压力,可为病患就诊和政府物资调配提供意见参考。此外,发现具有亲属关系的病患存在收治于不同医院的情况(如图9黑色虚线所示),可建议收治于同一家医院。

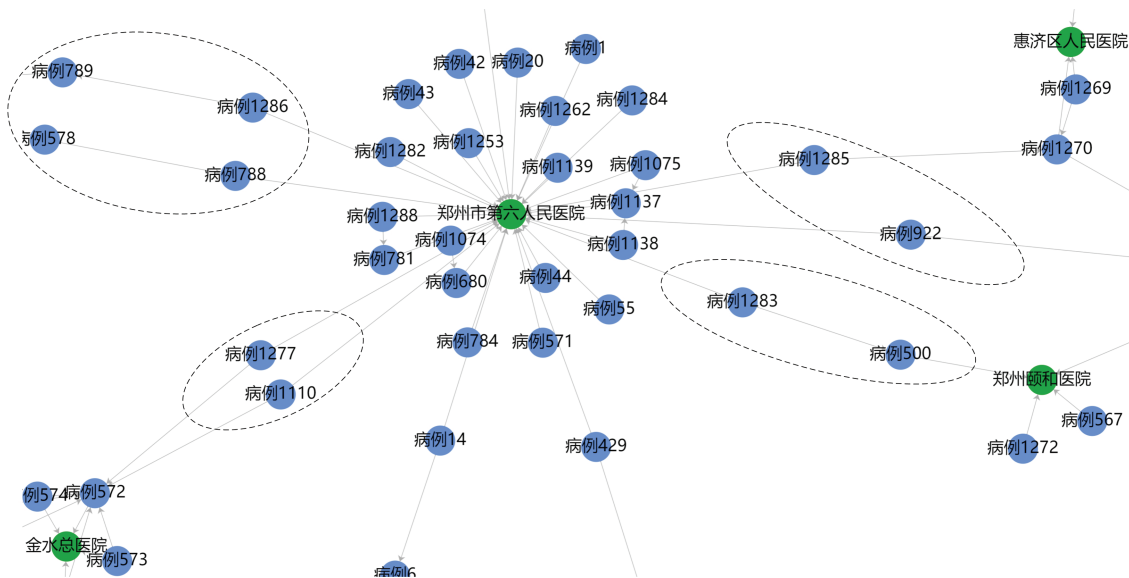


图9 患者收治情况分析

Fig.9 Analysis of Admission and Treatment of the Patients

4) 高危群体防控分析

经过筛选,有多例家庭聚集传染的案例。如图10(a)所示,病例“758”传染了与其接触的“病

例756”、“病例757”、“病例862”、“病例863”、“病例864”、“病例865”、“病例866”,进一步扩展节点及查询信息,发现其属于典型的“超级传染者”,

需着重提醒与其密切接触的人员。如图 10(b)所示,“病例 49”、“病例 786”、“病例 424”、“病例 922”、“病例 787”等同一天乘坐同班次航班出国旅游(VN704 和 VN705 指航班号),需要及时发布重点航班预警信息,乘坐此次航班人员要重点

隔离和观察。

5) 病患事件查询与规律分析

如图 11 所示,通过事件列表,可掌握病患经过的地点和接触的人员,有利于进一步对人员进行把控。

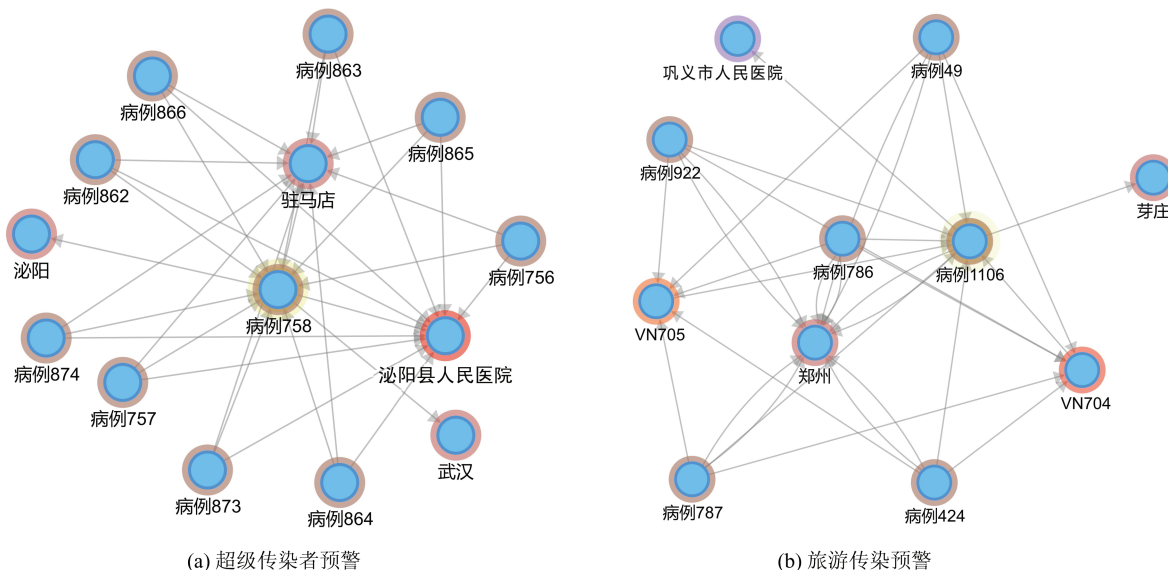


图 10 典型案例分析

Fig.10 Analysis of Typical Cases

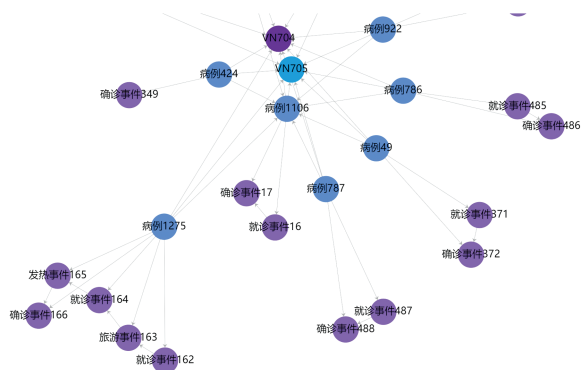


图 11 “病患-事件”关系分析

Fig.11 Relationship Analysis Between Patients and Events

5 结 语

本文针对时空信息分析缺乏数据关联、知识图谱缺乏时空态势分析的问题,提出综合利用地理知识图谱语义网与大数据可视分析等相关技术进行 COVID-19 疫情态势分析和病患关系探索的新思路。首先基于 COVID-19 疫情发布信息,利用多视图协同分析技术,对疫情态势监控、疫情节点分析、COVID-19 病患发展趋势、病患迁徙路径、确诊病例分布进行分析,实现了对 COVID-19 疫情的宏观态势把控。然后基于 COVID-19 疫情相关数据,构建了 COVID-19 病患时

空信息知识图谱,基于语义网进行了病患类型分析、地区防控态势分析、聚集传染案例分析、高危群体防控等实现病患关系追踪、高维群体防控信息发布、事件规律分析,实现了精准病患防控。

本文主要研究了从宏观态势把控到精准病患防控的多级分析与应用,未来可充分结合民航、高铁、公路迁徙数据、人口户籍数据、手机信令数据等数据,构建大规模时空信息知识图谱,利用图神经网络、多模态知识学习等方法,对 COVID-19 疫情的发布、扩散、抗疫等过程进行回溯,全面掌握疫情扩展态势、防疫抗疫时间、空间节点布控方案,有助于进一步精准定位疫情传播路径,防控疫情扩散。

参 考 文 献

- [1] Zhou Chenghu, Su Fenzhen, Pei Tao, et al. COVID-19: Challenges to GIS with Big Data[J]. *Geography and Sustainability*, 2020,1(1):77-87
- [2] Yang Linsheng, Wang Li, Li Hairong. Geographical Perspective of COVID-19 Prevention and Control [EB/OL]. [2020-04-12]. https://mp.weixin.qq.com/s/E8r1c_qP2nUXkwoT34pyKw (杨林生, 王利, 李海蓉. 新型冠状病毒(COVID-19)肺炎防控

- 的地理学视角[EB/OL]. [2020-04-12]. https://mp.weixin.qq.com/s/E8r1c_qP2nUXkwoT34pyKw)
- [3] Chen Jun, Liu Wanzeng, Wu Hao, et al. Basic Problems and Study Directions of Basic Geographic Knowledge Service [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2019, 44(1): 38-47 (陈军, 刘万增, 武昊, 等. 基础地理知识服务的基本问题与研究方向[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2019, 44(1): 38-47)
 - [4] Clare D. Reading Geography Between the Lines: Extracting Local Place Knowledge from Text [J]. *Spatial Information Theory*, 2013, 81(16): 320-337
 - [5] Yu Li, Lu Feng, Liu Xiliang. A Bootstrapping Based Approach for Open Geo-entity Relation Extraction [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2016, 45(5): 616-622 (余丽, 陆锋, 刘希亮. 开放式地理实体关系抽取的 Bootstrapping 方法[J]. 测绘学报, 2016, 45(5): 616-622)
 - [6] Duan Hongwei, Meng Linghui, Huang Changqing, et al. A Method for Geo Semantic Spatial Index on SPARQL Query [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2014, 43(2): 193-199 (段红伟, 孟令奎, 黄长青, 等. 面向 SPARQL 查询的地理语义空间索引构建方法[J]. 测绘学报, 2014, 43(2): 193-199)
 - [7] Gür N, Pedersen T B, Zimányi E, et al. A Foundation for Spatial Data Warehouses on the Semantic Web [J]. *Semantic Web*, 2018, 9(5): 557-587
 - [8] Lu Feng, Yu Li, Qiu Peiyuan. On Geographic Knowledge Graph [J]. *Journal of Geo-information Science*, 2017, 19(6): 723-734 (陆锋, 余丽, 仇培元. 论地理知识图谱[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(6): 723-734)
 - [9] Chen Jiaoyan, Deng Shumin, Chen Huajun. Crowd-GeoKG: Crowdsourced Geo-Knowledge Graph [C]. CCKS 2017: Knowledge Graph and Semantic Computing, Language, Knowledge, and Intelligence, Chengdu, China, 2017
 - [10] Wang Shu, Zhang Xueying, Ye Peng, et al. Geographic Knowledge Graph (GeoKG): A Formalized Geographic Knowledge Representation [J]. *International Journal of Geo-information*, 2019, 8(4): 184
 - [11] Sun Y, Sarwat M. A Generic Database Indexing Framework for Large-Scale Geographic Knowledge Graphs [C]. The 26th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, Seattle, Washington, USA, 2018
 - [12] Sun Y, Yu J, Sarwat M. Demonstrating Spindra: A Geographic Knowledge Graph Management System [C]. 35th International Conference on Data Engineering (ICDE), Macao, China, 2019
 - [13] Wu Xia, Zhao Xiaoming, Yu Jiankun. Trajectory Graph: A Method of Trajectory Information Identifying Based on Knowledge Graph [J/OL]. *Application Research of Computers*, [2020-02-22]. <https://doi.org/10.19734/j.issn.1001-3695.2019.07.0270> (吴瑕, 赵小明, 余建坤. 轨迹图谱: 一种基于知识图谱结构的轨迹信息抽取方法[J/OL]. 计算机应用研究, [2020-02-22]. <https://doi.org/10.19734/j.issn.1001-3695.2019.07.0270>)
 - [14] Lin H, Chen M. Managing and Sharing Geographic Knowledge in Virtual Geographic Environments (VGEs) [J]. *Annals of GIS*, 2015, 21(4): 261-263
 - [15] You L, Lin H. Towards a Research Agenda for Knowledge Engineering of Virtual Geographical Environments [J]. *Annals of GIS*, 2016, 22(3): 163-171
 - [16] Jiang B, Tan L, Ren Y, et al. Intelligent Interaction with Virtual Geographical Environments Based on Geographic Knowledge Graph [J]. *International Journal of Geo-information*, 2019, 8(10): 428-433
 - [17] Liu Ju, Chen Can, Xu Jun. Spatiotemporal Analysis of Trajectories of Guqin Celebrities Based on Crowdsourcing Data [J]. *Journal of Geo-information Science*, 2019, 21(6): 844-853 (刘菊, 陈璨, 许珺. 基于众包的古琴名人时空信息采集与移动轨迹时空分析[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(6): 844-853)
 - [18] Liu Junnan, Liu Haiyan, Chen Xiaohui, et al. Terrorism Event Model by Knowledge Graph [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, [2020-02-22]. DOI: 10.13203/j.whugis.20190428 (刘俊楠, 刘海砚, 陈晓慧, 等. 利用知识图谱的恐怖主义事件模型[J]. 武汉大学学报·信息科学版, [2020-02-22]. DOI: 10.13203/j.whugis.20190428)
 - [19] Zhu Wenyue, Liu Zongtian. Emergency Domain Knowledge Modeling Based on Event Ontology [J]. *Computer Engineering and Applications*, 2018, 54(21): 148-155 (朱文跃, 刘宗田. 基于事件本体的突发事件领域知识建模[J]. 计算机工程与应用, 2018, 54(21): 148-155)
 - [20] Zhao Jun, Liu Kang, He Shizhu, et al. Knowledge Graph [M]. Beijing: Higher Education Press, 2018 (赵军, 刘康, 何世柱, 等. 知识图谱[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018)
 - [21] Chen Wei, Wu Yingcai, Bao Hujun, et al. Big Data Visual Analysis Method and Application [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2019 (陈为, 巫英才, 鲍虎军, 等. 大数据可视分析方法与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2019)

Interactive Visual Analysis of COVID-19 Epidemic Situation Using Geographic Knowledge Graph

JIANG Bingchuan¹ YOU Xiong¹ LI Ke¹ ZHOU Xiaojun¹ WEN Huiqi²

¹ Institute of Geospatial Information, Information Engineering University, Zhengzhou 450001, China

² 66136 Troops, Beijing 100043, China

Abstract: After the outbreak of coronavirus disease 2019(COVID-19), there are large amounts of data related to spatiotemporal information. It is difficult for the epidemic analysis with geographic spatiotemporal model to take the data of character relationship and events into consideration. Therefore, a method of using geographic knowledge graph and interactive visualization to analyze the epidemic situation of COVID-19 is proposed. First, the entity and relationship types of patients are defined, the event semantic model and event relationship classification are proposed, and according to different types of data, knowledge extraction and knowledge representation methods are designed, and the knowledge graph of patients' spatiotemporal information is constructed. Then, from the macro and micro level of the task of epidemic situation control, an analysis frame combining semantic network and visual analysis model is proposed. Finally, an experimental analysis system is built, which uses the data of confirmed patients from COVID-19 to carry out the experiment on the situation analysis of COVID-19 through multi-view collaborative interaction analysis such as map distribution visualization, knowledge graph visualization and trajectory visualization. The experiment has proved that it can provide a new way to analyze the epidemic situation from the aspects of real-time situation monitoring, patient relationship analysis, high-risk population analysis and regional control situation analysis.

Key words: coronavirus disease 2019(COVID-19); geographic knowledge graph; spatiotemporal big data; visual analysis

First author: JIANG Bingchuan, PhD, lecturer, specializes in spatiotemporal data visual analysis and geographic knowledge graph. E-mail: jbc021@163.com

Corresponding author: YOU Xiong, PhD, professor. E-mail: youarexiong@163.com

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China(41801319).

引文格式: JIANG Bingchuan, YOU Xiong, LI Ke, et al. Interactive Visual Analysis of COVID-19 Epidemic Situation Using Geographic Knowledge Graph[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(6):836-845. DOI:10.13203/j.whugis20200153(蒋秉川, 游雄, 李科, 等. 利用地理知识图谱的 COVID-19 疫情态势交互式可视分析[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2020, 45(6):836-845. DOI: 10.13203/j.whugis20200153)