

基于 AI 的智能消防辅助决策系统设计构思

黎 泉¹, 徐 钦¹, 敬晓岗²

(1. 兰州工业学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 甘肃省消防救援总队, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 在应对单一灾种向“全灾种、大应急”转变的背景下, 消防单位在执行任务中, 对于灾害的信息收集、分析和展示能力较弱, 应急通信资源少、战勤保障能力弱、信息化与科技化手段单一, 造成决策层响应延迟、决策效能低, 与其他灾害的相关部门信息不对称。针对这些问题, 本文对基于 AI 的智能消防辅助决策系统进行设计构想, 研究知识图谱与卷积神经网络结合的关键技术, 以期在灾害发生第一时间快速制定救援决策预案, 实现全灾种、多部门应急救援协同联动, 推动智能消防辅助决策信息化建设, 保护人民生命和财产安全。

关键词: 消防辅助决策; 知识图谱; 卷积神经网络

中图分类号: TP311

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2023.12.030

随着社会经济的发展、科技的不断进步, 城市现代灾害事故呈现出更立体、更复杂且多样化的发展趋势, 导致消防领域的救援难度也不断增加。针对当前消防部门在面对“全灾种”任务时, 对存在灾害的信息采集、分析和展示能力较弱, 应急通信资源少、战勤保障能力弱, 信息化与科技化手段单一, 造成决策层响应延迟、决策效能低, 与其他灾害的相关部门信息不对称等问题, 需要具有信息化、智能化的灭火救援辅助决策系统作为支撑, 从而推动应急救援和指挥作战由人工化向智能化转变, 提升人民群众生命财产安全度。知识图谱 (Knowledge Graph, KG) 可以将各个应急救援单位及领域建立网络关系, 当灾害来临后, 可以根据灾害的具体情况做到有的放矢, 更加快速高效地完成应急救援响应。同时, 随着计算机 AI 技术发展, 深度学习得到很好推广, 在处理图像、识别语音、人脸识别、自然地理信息识别等研究领域已被广泛应用。

知识图谱的融合以及深度学习, 奠定了深度学习模型效果的基础, 推动了相关技术在消防领域的应用。基于此, 本文以甘肃省兰州市作为研究对象, 基于兰州的城市建筑、水库大坝信息、消防系统等信息进行整合, 并汇聚地震、气象、交管等部门的公共资源信息, 建立对外开放、共享的灭火救援大数据库; 构建基于城市综合灾害的知识图谱, 首先使用卷积网络提取知识图谱特征, 并以此作为神经网络的输入, 在灾害发生后, 通过机器学习算法在第一时间快速制定救援决策预案, 最大程度上减少灾害事故带来的人员伤亡和经济损失^[1]。

1 系统整体框架

本系统以 ADO.NET 数据库访问的技术为基础, 并利用 C 语言与 T-SQL 语句混合编程, 实现数据库的创建与监测数据

的导入, 建立开放式灭火救援大数据库; 通过对多源异构的内外火灾救灾数据进行离散化和语义化, 构建城市灾害知识图谱作为先验知识; 在灭火指挥决策过程中, 涉及的数据具有多源、量多、异构的特点, 存在获取资源的途径多元、稳定性低、部门之间协调困难等问题, 应急指挥任务要求高, 实体之间的关联关系复杂, 适合将知识图谱技术应用于该领域。图卷积神经网络 (Graph Convolutional Neural Network, GCN) 的图结构建模表达能力非常强大, 是结构化输入的通用逼近器。神经网络的输入, 可以使用 GCN 提取知识图谱的特征, 并通过机器学习算法, 在火灾发生后, 以最快时间制定救援决策预案, 系统流程如图 1 所示, 可以实现指挥信息的快速提取, 提升应急指挥系统的辅助决策能力。

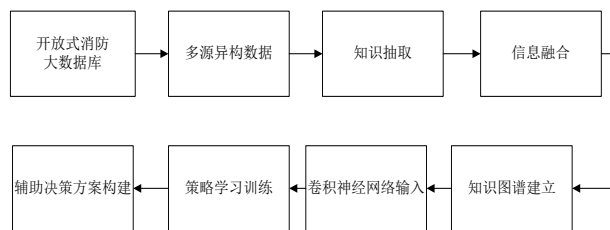


图1 系统整体构建流程

2 多源异构消防数据库

行业知识图谱的原始数据大多存储于关系型数据库, 将兰州市建筑、消防设施、水库和堤防等信息与应急、地震、交通、气象等部门公共资源信息进行汇聚整合, 对数据进行预处理后直接存入数据库; 选用 SQL 数据库存储大数据信息, 以 Visual Studio 作为开发软件, 以 SQL Server 作为后台数据库管理系统, 数据库中存放了系统中所有的后台数据, 可以在系统中对数据进行更新、删除、增加、查询等操作, 实现各类数据库的建立

与对监测数据的导入管理,建立开放式灭火救援大数据库。其中,数据库登录管理员信息如表1所示,消防站信息表如表2所示,消防信息如表3所示,地震台站信息如表4所示。

表1 管理员信息

序号	字段名	描述	字段类型	长度	是否为主键
1	userId	管理员ID	int	14	是
2	userName	管理员账号	varchar	70	否
3	userPw	密码	varchar	32	否

表2 消防站信息

序号	字段名	描述	字段类型	长度	是否为主键
1	FireStationId	消防站ID	int	14	是
2	FireStationName	消防站名	varchar	40	否
3	FireStationN	消防站经度	varchar	30	否
4	FireStationE	消防站纬度	varchar	30	否
5	FireStationType	消防站类型	varchar	20	否

表3 消防信息

序号	字段名	描述	字段类型	长度	是否为主键
1	Alarm-Id	消防任务ID	int	14	是
2	Alarm-Type	消防任务类型	varchar	70	否
3	Alarm-Time	任务响应时间	double	30	否
4	Devicedata	消防设备信息	varchar	10	否
5	Loopnuminfo	最优路径信息	varchar	20	否
6	Historyeventrecord	历史事件信息	varchar	32	否

表4 地震台站信息

序号	字段名	描述	字段类型	长度	是否为主键
1	EarthId	地震台站ID	int	14	是
2	EarthName	地震台站名	varchar	70	否
3	EarthJD	台站经度	float	30	否
4	EarthWD	台站纬度	float	30	否

3 智能消防知识图谱与深度学习建模

知识图谱主要通过实体、实体属性及实体间的关系来刻画,在智慧辅助救灾决策中可以将相关部门的数据进行有效的梳理,实现对多源异构数据的快速汇聚,采用自上向下的知识图谱构建方法。自上向下的方法是先定义或得到本体的数据,将实体和关系进行向量化表示,再逐渐将具体实体匹配更新到知识图谱中对数据进行离散化和语义化处理,以划分的区域为图谱的组成单位,所有的三元组(turtel)互相连接构成灾害城市知识图谱。对数据库中不同数据的参数使用 MinMax 函数应用公式1进行归一化处理,形成特征表示空间如图2所示。本模

型是基于一种空间关系的知识图谱数据模型,将地震破坏力、灾害属性、气象数据、建筑信息、消防设施、堤防等多源异构数据语义化构建空间数据模型,依据智能消防知识图谱网格空间的“实体”从属关系,进行空间聚类分析与搜索运算,此模型的搭建提高了智能应急指挥决策分析中空间分析运算的实时性和可靠性^[2]。

$$X_N = \frac{X - X_{MIN}}{X_{MAX} - X_{MIN}} \quad (\text{公式1})$$

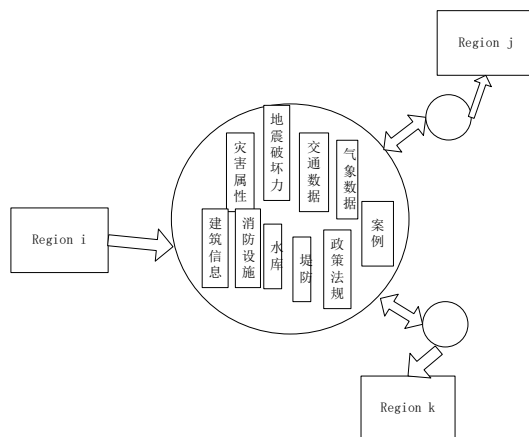


图2 特征表示空间

知识图谱形成的构建框架如图3,对结构化的数据形成数据库统一归化处理,但本文主要的数据来自非结构化的数据,对非结构化数据进行知识抽取,实现信息抽取、实体识别、关系抽取。通过知识融合映射形成三元组数据,通过 R2RML 映射语言完成数据库中的数据与三元组数据的转换,最终构建完整的知识图谱。自上向下的方式一般从最宽泛的概念开始,通过逐步细化和连接形成概念层次树从而完成本体的构建,然后通过映射与数据库中的数据结合,形成完整的行业知识图谱^[3]。

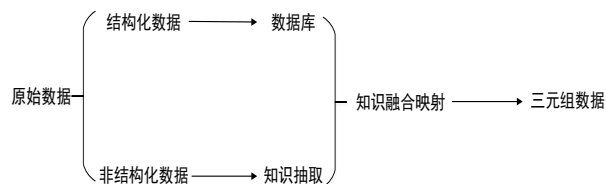


图3 消防知识图谱构建框架

卷积神经网络(CNN)是多层非线性前馈神经网络,起初应用于对复杂图像的特征进行提取和识别,以解决传统图像识别技术仅能提取图像浅层特征的问题,实现对复杂图像的自动化处理。典型的卷积神经网络包括输入层、卷积层、激活层、池化层、全连接层和输出层,本文将知识图谱的图数据特征作为卷积神经网络的输入,将数据集按照8:2的比例分为训练集、测试集,对不同的消防知识图谱特征进行特征融合,卷积层采用随机梯度下降法学习,激活层采用 ReLU 函数,利用 Tensor Flow 的框架完成卷积神经网络的搭建、训练和预测任务,搭建

和训练 CNN 学习网络，CNN 模型结构如图 4 所示。

具体步骤为：（1）通过 CNN 训练获取预训练模型；（2）结合预训练模型优化 CNN 参数，训练参数模块主要有训练网络学习率、节点传递 logsig 函数、迭代次数、隐含层数目等；（3）对测试结果进行误差分析，判断深度模型的泛化能力，最终获得可以最佳表现出目标域数据的网络模型^[4]。

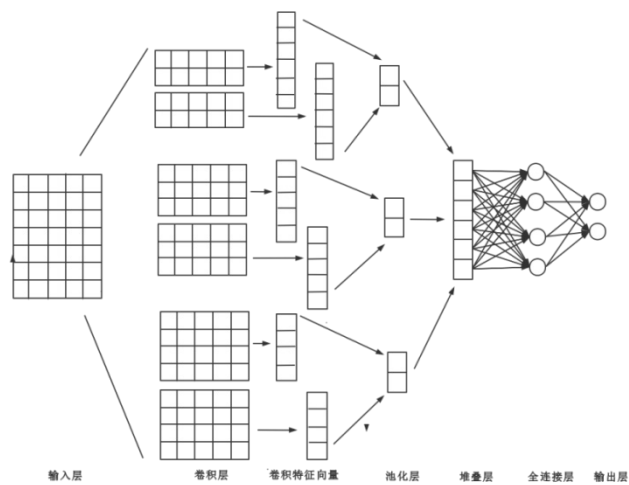


图 4 卷积神经网络典型结构

4 结语

针对当前消防“全灾种”消防任务，为提升消防辅助指挥救援的智能化水准，根据当前成熟的人工智能技术，本文对基于 AI 的智能消防辅助决策系统进行设计构想。本文通过 R2RML 映射语言将数据库中的数据与预设模式层结合，融合知识采用图构建知识和数据之间的关联从而引入知识图谱。其中，知识图谱能为智慧救援的任务学习提供优秀的先验知识，图神经网络具有强大的图结构建模表达能力，能够更好地支持对图数据的学习，由此建立一个具有普适性、拟合效果良好、

能够反映智能消防指挥决策的预测模型。采用知识图谱与卷积神经网络结合的技术方法，可以提供火灾发生阶段的灭火指挥决策支持，在灾害发生第一时间内快速制定救援决策预案，推动应急救援和指挥作战由经验型向数据型转变、由人工化向智能化转变，保护人民生命和财产安全。

参考文献：

[1] 孙亚茹, 杨莹, 王永剑, 等. 基于知信图卷积神经网络的开放域知识图谱自动构建模型 [J]. 计算机工程, 2022, 48 (10): 116-122.

[2] 易黎, 林扬. 基于深度学习的档案知识图谱构建研究 [J]. 中国档案, 2022, 36 (10): 32-35.

[3] 邱友航. 最优路径规划的智能消防疏散系统软件设计与实现 [D]. 大连: 大连理工大学, 2021.

[4] 杜志强, 李钰, 张叶廷, 等. 自然灾害应急知识图谱构建方法研究 [J]. 武汉大学学报 (自然信息版), 2020, 40 (09): 1344-1355.

作者简介：黎泉（1987-），男，甘肃通渭人，高级工程师，主要从事智慧消防与应急安全信息化研究。

基金项目：1. 甘肃省高等学校创新基金项目“基于 AI 技术的智能消防灭火救援辅助决策系统的研究及应用”（项目编号：2022B-259）；2. 甘肃省科技计划中小企业创新基金项目“智慧园区安全环保应急一体化管理平台的研究及应用”（项目编号：20CX9JA144）；3. 兰州工业学院青年科技创新项目“危化气体泄露扩散时空演化与三维势态呈现的研究及应用”（项目编号：2021KJ-15）。