



国家重点研发项目计划“国家公共安全应急平台”（2018YFC0807000）资助出版

# 应急大数据的 空间分析与 多因素关联挖掘

李英冰 张岩 著

## 编委会

李英冰 张岩 邓宜为 杨丹妮 蔡林 朱佩京  
韩佳伟 杨潘丰 张可可 赵士翔 高蕴灵 郝从朴  
何阳 张浩 黄秦 马传昕 胡俊聪 陈黎



WUHAN UNIVERSITY PRESS  
武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

应急大数据的空间分析与多因素关联挖掘/李英冰,张岩著.—武汉:武汉大学出版社,2021.6

ISBN 978-7-307-22259-5

I.应… II.①李… ②张… III.数据处理 IV.TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第072199号

责任编辑:鲍玲 责任校对:汪欣怡 版式设计:马佳

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮箱:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北金海印务有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:11.75 字数:211千字 插页:1

版次:2021年6月第1版 2021年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-22259-5 定价:50.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

近年来，公共卫生、社会安全等突发事件的发生频率有明显增加趋势，不仅严重威胁公众生命健康，而且给社会稳定和经济发展带来了极大危害。突发事件常常会诱发伴生与次生事件，灾害体和承灾体复杂多变，应急救援与断链减灾难度加大。例如，2020年新冠肺炎在全球大规模传播，人口、环境、舆情等多种因素相互结合、相互作用，助长了疫情的迅速蔓延。

我国高度重视突发事件的应对与处置，构建了国家应急管理平台，形成了较为完善的应急救援体系。例如在新冠肺炎疫情暴发后，采用关闭离疫区通道、社区网格化管理、医护人员驰援、建立方舱医院、开发健康码系统等有效措施，切断疫情传播途径、跟踪重点人群、全力抢救病患，成为全世界战胜新发重大疫情的典范。

合理应对突发事件，需要认清当前态势和未来趋势。本书通过多源数据汇聚，按照灾害体、承灾体和抗灾体进行数据组织与管理，应用空间分析、机器学习和应急管理的理论与方法，进行多因素关联挖掘分析，力求实现突发事件的状态透明、过程透明和变化透明，服务于应急救援。

本书是在国家重点研发项目计划“国家公共安全应急平台”（2018YFC0807000）支持下完成的。感谢研究团队的罗年学教授、孙海燕教授、巢佰崇教授、胡春春副教授、赵前胜副教授，以及参与课题的所有研究生，大家的紧密合作和共同努力为研究工作注入无穷的能量。感谢张双喜教授、罗佳教授在课题研究过程中给予的指导。感谢国家基础地理中心的刘万增主任、赵婷婷和翟曦，每一次的课题研讨都让我受益颇多。感谢武汉大学出版社的王金龙社长对本书出版工作所给予的支持。

应急大数据的内容庞杂，要素关系错综复杂，分析策略千变万化，本书选用典型案例进行处理与分析，错误和遗漏之处在所难免，敬请大家批评指正。

李英冰

2021年1月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景与意义	1
1.2 基本原理与术语	2
1.3 国内外研究现状	4
1.4 本书体系构架	8
第 2 章 应急大数据获取方法与存储模型	10
2.1 应急大数据资源列表	11
2.2 数据获取方法	16
2.3 应急大数据的存储模型	25
第 3 章 应急大数据的时空发展态势分析	36
3.1 探索性数据分析	36
3.2 空间点模式分析	46
3.3 空间插值分析	55
3.4 空间格局分析	64
3.5 空间决策分析	71
第 4 章 应急大数据的多因素关联分析	78
4.1 交通事故相关要素分析	78
4.2 交通事故黑点识别及成因分析	84
4.3 基于 Apriori 算法进行关联规则计算	98
4.4 基于随机森林模型的交通事故预测	103
第 5 章 公共卫生事件的时空发展与多因素关联分析	110
5.1 纽约市疫情的发展态势分析	110

5.2	纽约市疫情空间分析 .....	119
5.3	多准则条件下的疫情风险评估 .....	125
5.4	基于 SIR 模型的疫情传播分析 .....	130
<b>第 6 章</b>	<b>犯罪事件的分布模式与时空发展分析</b> .....	<b>137</b>
6.1	数据预处理与数据组织 .....	137
6.2	犯罪事件空间格局分析 .....	143
6.3	犯罪事件时空关联分析 .....	156
6.4	群体性抗议事件的犯罪关联分析 .....	164
<b>参考文献</b>	.....	<b>172</b>

# 第1章 绪论

## 1.1 研究背景与意义

突发事件包括自然灾害、事故灾难、突发卫生事件和社会安全事件。在人类发展进程中，各类突发事件层出不穷，给人类社会造成严重影响，例如2020年暴发的新冠肺炎疫情，截至2021年1月30日，全球确诊病例达1.02亿例，死亡病例达222万例<sup>①</sup>，世界卫生组织估计2020年全球因新型冠状病毒直接损失9.2万亿美元<sup>②</sup>。进入21世纪以来，每年我国因突发事件造成的非正常死亡人数超过20万人（文彬等，2017）。

“十三五”规划和党的十八大报告均明确提出：要提高防范和应对突发事件的综合能力、加强突发事件应急体系建设，“建成与有效应对公共安全风险挑战相匹配、与全面建成小康社会要求相适应、覆盖应急管理全过程、全社会共同参与的突发事件应急体系，应急管理基础能力持续提升，核心应急救援能力显著增强，综合应急保障能力全面加强，社会协同应对能力明显改善，涉外应急能力得到加强，应急管理体系进一步完善，应急管理水平再上新台阶”。“十四五”规划提出要“构建源头防控、排查梳理、纠纷化解、应急处置的社会矛盾综合治理机制”。2020年出版的《习近平关于防范风险挑战、应对突发事件论述摘编》一书提到“加强应急管理和能力建设，事关人民生命财产安全，事关社会和谐稳定”的重要论述，提高突发事件防控能力、着力防范化解重大风险事关重要，是保持经济持续健康发展和社会大局稳定必不可少的前提。加强对突发事件应急处置的研究对提高应急管理水平、保障公共安全有着十分重要的意义。

突发事件发生过程中涉及自然环境和人类社会的多个环节，多个要素及其

---

① 数据来源：<https://coronavirus.jhu.edu/>

② 数据来源：<https://www.who.int/>

复杂的关系。自从国家应急管理部提出的“应急管理一张图”项目建设以来，日益发展的技术监测手段所带来的大量多维数据在重大公共应急事件中发挥了重要作用。例如，在2020年基于夜光遥感数据、导航软件出行数据进行的疫情常态化防控期复工复产城市活力监测（武汉大学新闻网），基于无人机影像数据的温岭油罐车爆炸现场的数字化建模（环球网），这些快速监测数据的应用有助于提高应急处置效率、减少灾害损失。

在“大应急”形势下，要做到系统、科学、有效地管理突发事件，就必须收集各种相关信息，并将这些信息的属性数据和空间数据相融合，集成为应急大数据。当灾害发生时，基于应急大数据，才能在第一时间知道灾害发生的位置、灾害发生地的自然与社会环境、周围有无紧急避难所、救灾物资储备情况，等等，从而借助时空分析和关联分析对突发事件的致灾因子、承灾体和抗灾体进行空间数据分析，有利于及时、快速、科学地应对灾情，减轻灾害损失，保障人民群众的生命财产安全。

## 1.2 基本原理与术语

本书采用的应急大数据关联挖掘理论框架如图1.1所示，以新冠肺炎疫情、交通事故和犯罪事件为例，针对城市中发生的公共卫生和社会安全事件，首先获取与组织应急大数据，然后建立关联挖掘框架，最后进行突发事件的“状态透明”“过程透明”和“变化透明”分析，以服务于灾情的快速应对。

### 1.2.1 应急大数据的构成内容

应急大数据是指在突发事件全生命周期中的灾害体、承灾体、抗灾体、孕灾环境等相关空间与属性数据的集合，主要包括服务于灾害事件预防与准备、监测与预警、灾后恢复与重启过程中的空间基础数据、应急专题等多源数据。其中空间基础数据包括路网数据、行政区划数据、居民地数据、地面覆盖数据等；应急专题数据包括与灾害自身相关的致灾因子数据，与应急救援相关的抗灾体数据，与灾害作用对象相关的承灾体数据，导致灾害发生的孕灾环境数据，以及传递灾情的网络舆情数据。

在突发事件及其应对中存在三条主线，其一为灾害体，是突发事件本身；其二为承灾体，是突发事件作用的对象；其三为抗灾体，是采取应对措施的过程（范维澄等，2008）。

①灾害体，是指可能对人、物或社会系统带来灾害性破坏的事件。对突发

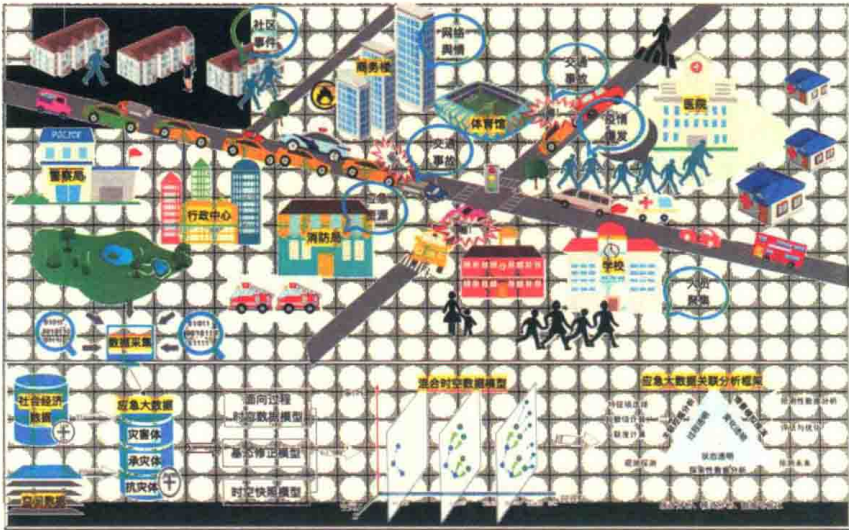


图 1.1 应急大数据的关联挖掘理论框架

事件的研究重点在于了解其孕育、发生、发展和突变的演化规律，认识灾害体作用的类型、强度和时空分布特性，研究的结果将能为预防突发事件的发生、阻断突发事件多极突变成灾的过程、减弱突发事件作用，并能为突发事件的监测监控和预测预警、掌握实施应急处置的正确方法和恰当时机，提供直接的科学基础（李英冰等，2021）。

②承灾体，是突发事件的作用对象，一般包括人、物、系统等三方面。通过对承灾体的研究，可以确定应急管理的关键目标，加强防护，从而实现有效预防和科技减灾；研究承灾体的破坏机理与脆弱性等，有利于在事前采取适当的防范措施，在事中采取适当的救援措施，在事后实施合理的恢复重建；研究承灾体对突发事件作用的承受能力与极限、损毁形式和程度，从而实现对突发事件作用后果的科学预测和预警；通过研究承灾体损毁与社会、自然系统的耦合作用，承灾体蕴含的灾害要素在突发事件下被激活或触发的规律，可以实现对突发事件链的预测预警，从而采取适当的方法阻断事件链的发生发展（李英冰等，2021）。

③抗灾体，是指可以预防或减少突发事件及其后果的各种人为干预手段。应急管理针对突发事件实施，可以减少事件的发生或降低突发事件作用的时空强度；针对承灾体实施，能有效增强承灾体的抗御能力。对应急管理的研究重点在于掌握对突发事件和承灾体施加人为干预的适当方式、力度和时机，从而

最大限度地阻止或控制突发事件的发生、发展，减弱突发事件的作用以及减少承灾体的破坏。对应急管理的科技支撑，体现在获知应急管理的重点目标、应急管理的科学方法和关键技术、应急措施实施的恰当时机和力度等方面（李英冰等，2021）。

丰富的应急数据可以用于灾害事件态势时空分析和应急处置过程模拟，为应急管理业务的精准、快速实施提供有效的必要基础支持。不同种类及不同来源的应急数据在应急处理时各有优劣，只有深入剖析这些应急数据特征，才能支持应急数据的综合运用，从而挖掘出隐藏的更丰富的信息。如何提高应急数据的存储、检索等管理效能，实现应急信息的充分利用，已成为综合减灾、大数据管理等领域关注的焦点。

### 1.2.2 应急大数据的关联挖掘分析三角形框架

大数据时代，数据来源多样、形式各异。着眼于突发事件及其应对中的三条主线——灾害体、承灾体、抗灾体，收集相关社会经济数据、空间数据等，以全视角复刻应急事件全过程。对应急大数据进行探索性数据分析、关联挖掘分析、情景模拟推演，可实现应急管理的状态透明、过程透明、变化透明。

①状态透明，是指探索性数据分析运用统计分析、模式分析等方法，并配合数据可视化工具，从时间、空间和属性这三个不同的维度对数据进行整理、概括和分析，揭示空间点分布隐藏的机理。

②过程透明，是指对灾害过程的时空变化进行建模，针对灾害事件及其应急过程的演化态势进行多源时空关联挖掘。关联挖掘分析通过特征项选择、频繁项计算、关联度计算等，针对犯罪、交通事故等数据进行分析，从空间、时间等多种视角，进行全局或局部挖掘时空分布模式、发生发展过程和事件关联因素研究，为相关处置与决策提供依据。

③变化透明，是指利用情景模拟推演、基于时空贝叶斯模型等对灾害做演变分析，分析灾害事件与环境变量的关系，并且根据挖掘出的关联规则对其未来发展趋势进行预测。

## 1.3 国内外研究现状

应急大数据的关联挖掘分析的主要理论基础是空间分析和时空关联分析。空间分析是基于地理对象的位置和形态特征的空间数据分析技术（戴劲松等，2003），通过对空间数据和空间模型的联合分析来挖掘空间目标的潜在信息、

提取和传输时空信息（刘湘南等，2008）；时空关联分析是查找存在于空间对象之间的频繁模式、相关性或因果结构，研究空间对象随时间的变化规律，反映时空数据在时间和空间上的关联性（张俊，2011）。

### 1.3.1 总体研究概况

以“应急大数据”“公共安全大数据”为主题关键词分别检索中文数据库 CNKI（中国知网）和外文数据库 WoS（Web of Science）核心合集，按照年份统计了 2012 年至 2020 年期刊、会议、专著与学位论文等文献发表情况，如图 1.2 所示。统计结果显示：国外对应急大数据的相关研究开始得较早，在 2012 年已有相当数量的文献，近些年来发表的文献数量也比较稳定，而国内近年来发表的文献数量呈明显的上升趋势。

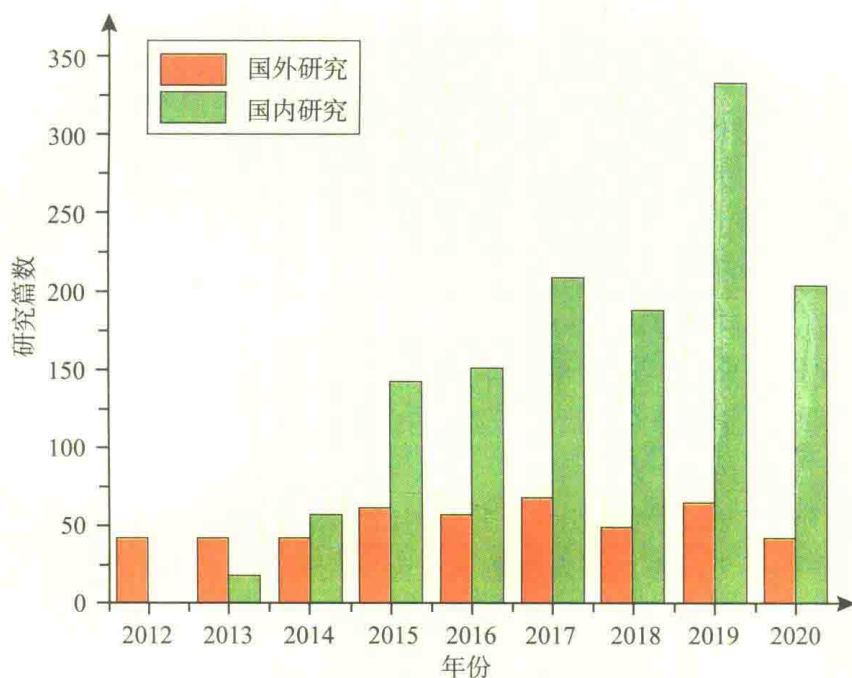


图 1.2 国内外主题发文分布

“应急大数据”等相关领域的研究热点为：关注应急管理与大数据本身，并将研究内容服务于公共卫生领域；2012 年之后，大数据技术快速发展，研究方向也转向大数据与多领域的交叉融合，运用人工智能技术与物联网技术，为应急处置提供支持；在 2020 年新冠肺炎疫情暴发之后，疫情防控成为了应

急大数据的研究热点。

在“应急处置”方面，涉及的关键词有应急预案、应急响应、应急决策、应急处置、应急物流等，覆盖事件处置的全过程。近些年来，部分学者将目光投向数据安全、网络舆情研究等方面。对比分析关键词与相关主题，发现人工智能在应急大数据研究领域应用得较多。

灾害时空分析和关联分析是突发事件分析领域的两个重要的研究方向。下面将针对这两个方向的国内外研究现状进行具体阐述。

### 1.3.2 应急大数据的空间分析

应急大数据的时空分析从地理空间位置和时间的角度分析了突发事件的演变情况，按照时间尺度的长短可以分为长期发生规律和短期内突发事件发展过程研究；根据空间范围的大小则可以分为大、中、小尺度的分布特性、发展趋势研究。

国内发表的论文主要研究内容包括灾害时空变化、空间格局和影响因素。许多文献基于长期历史案例统计的方式研究了灾害在较大空间尺度范围的时空动态。例如，姚进喜等（2014）对甘肃省2010—2012年突发公共卫生事件报告管理信息系统中所报告的突发公共卫生事件资料进行了描述性流行病学分析，归纳出公共卫生事件的时空分布特征，为有效控制突发公共卫生事件的发生提供依据；孙亚军等（2020）采用描述性流行病学和时空自相关统计量对重庆市九龙坡区2014—2018年报告的传染病突发公共卫生事件进行分析，总结出流行病学特征，为九龙坡区传染病突发公共卫生事件的防控提供科学依据；王静爱等（1999）依据1990—1996年冰雹灾情信息，通过建立数据库，划分了中国冰雹灾害的组合类型，并绘制出了冰雹灾害的空间分布图和时间变化图；史培军等（1999）深入分析了土地利用变化（空间格局与经济密度）对农业灾害的影响机制；周俊华等（2001）根据中国1736—1948年历史洪涝灾害资料和1949—1998年报刊数据，统计出了中国主要流域每年洪涝灾害的时间空间变化规律；刘甜等（2019）选取了1965—2016年全球气候、气象、水文3类灾害灾情数据，系统分析了灾次、灾害人口死亡率格局、致灾因子的区域差异与气候变化的关系，并探究了灾害人口死亡率的影响要素。

随着数据收集、处理技术的发展，获得突发事件的实时动态信息成为可能，一些学者开始对突发事件过程中的发展过程开展研究。例如，李纲等（2019）运用社交媒体数据对受灾地区用户和非受灾地区用户在灾难不同时期的热点话题进行分析，揭示和比较了两类用户在宏观层面和微观层面的话

题演化规律，帮助管理部门高效地从社交媒体数据中识别受灾人群及其需求。

与国内的研究相似，国际上突发事件时空分析领域主要研究灾害的时空变化、空间格局和影响因素，通过构建模型、开发数据分析系统来优化灾害演化时空规律的分析结果和可视化效果。文献主要包括区域的脆弱性评价和灾害区域敏感性估计等方向。Cutter S L 等（2008）提出了基于位置的社区韧性评价模型，分析了社会脆弱性的时空变化；Rufat S 等（2015）综述了洪水灾害社会脆弱性评估的典型病例和指标。Tehrany M S 等（2014）运用基于规则的决策树以及频率比（FR）和逻辑回归（LR）统计方法相结合的方法绘制了马来西亚吉兰丹洪水敏感性地图，并探索了支持向量机（SVM）在区域敏感性评价中的应用；Termeh S V R 等（2018）比较了自适应神经模糊推理系统（ANFIS）与不同的元启发式算法（如蚁群优化、遗传算法、粒子群优化 PSO），应用于区域敏感性评估。

### 1.3.3 应急大数据的时空关联性分析

时空关联性分析是研究空间对象随时间的变化规律，反映时空数据在时间和空间上的关联性。时空关联规则挖掘作为时空关联性分析的主要方法之一，虽然相较于风险评估和时空分析，国内外学者对其的研究与应用相对较少，但也取得了不少进展，并有了新的发展趋势。

时空关联性分析在交通领域取得了许多成果。Verhein F 等（2006）提出一种在交通高峰区域进行属性约减的时空关联规则算法 STAR（Spatio-Temporal Association Rules），并将关联规则扩展到时空领域。岳慧颖（2004）提出时空数据挖掘（SKDM）算法，先按空间位置生成项目-地址对，再综合时间因素发现带有时空约束的关联规则。方青等（2012）运用基于经典频集算法对交通事故数据进行了关联规则数据挖掘，挖掘出一系列有用的潜在规则，计算结果与实际情况相符合。所得出的高速公路事故的发生规则，可为交通事故预警提供参考，从而协助管理者在预警管理过程中采取更有针对性的措施，降低交通事故率，改善交通安全环境。夏英等（2011）在 SKDM 算法的基础上，提出了一种时空关联规则算法 STApriori，该算法同时考虑了时间的有效性和空间的关联性。通过实验对比分析证明了该算法的正确性和有效性，将该算法应用于交通拥堵的趋势分析与预测，分析造成后续拥堵的原因，预测初始拥堵会造成的交通事故等影响。谭星（2018）研究城市主干路交通状态评价与关联规则挖掘，为交通管理决策和信息服务提供了理论依据。

社会安全事件分析也是时空关联性分析广泛应用的领域。夏泽龙等(2017)以2015年南京市中心城区火灾案件数据作为研究对象,对研究区域的火灾数据在不同的时空尺度上进行了时空规律分析,探索出南京市中心城区火灾事件时空分布特点。闫密巧等(2017)提出了一种基于聚类的时空关联规则的公交犯罪挖掘算法,针对某市一个区的110报警数据库中的大量业务信息进行分析。叶文菁、吴升文(2014)则引入加权时空关联规则进行挖掘分析,试图找出公交扒窃的案发时空规律与时空犯罪模式。

时空关联性分析在传染病等公共卫生事件分析与预警中的应用也是学者研究的重点。王鲁茜(2011)对引起伤寒、霍乱等急性消化道传染病流行的众多相关因素进行分析,明确危险因素和采取的防治措施,从时空的角度分析地理环境因素的影响及各种因素间的相互关系。周忠玉等(2010)为了更好地了解我国心脑血管疾病、呼吸系统疾病等与天气之间的关系,利用1988—2008年我国相关疾病的医学气象研究成果,结合相对应的气象资料进行综合研究,得出变温变压值较大的季节通常是高血压疾病发病率较高的季节等重要结论。Kurane I等(2009)研究气候变化与人体健康之间的关联关系,包括造成患有心血管疾病和呼吸道疾病的人死亡率的增加等直接影响,以及对传染病的间接影响。

在社会信息化技术的快速发展和国内国际公共安全应急体系不断完善的前提下,人工智能技术的发展促进了突发事件决策向智能化、自动化方向发展。利用机器学习、自然语言处理等技术智能化构建灾害数据库;通过案例推理、强化学习、模拟推演等手段提升应急决策的能力,实现灾前演练、制定预案,灾中动态研判,灾后复盘,是未来的发展方向。

## 1.4 本书体系构架

基于上述应急大数据的内容和关联挖掘理论框架,本书体系框架如下:

第1章为绪论,主要阐述研究背景与意义、应急大数据关联分析的国内外研究现状。

第2章阐述应急大数据的数据获取与组织,针对数据获取与组织的理论与技术进行详细说明。

第3章阐述利用空间分析进行时空发展态势分析的理论与技术。以纽约市交通事故数据为例,结合模式分析,冷点、热点分析,格局分析研究灾害发展态势,实现空间探测和应急服务能力评估。

第4章阐述利用机器学习进行关联因素分析的理论与技术。本章以纽约市交通事故数据为例，利用多元回归、概率推理、随机森林等机器学习方法进行关联计算，挖掘关联关系。

第5章阐述针对典型突发卫生事件，基于SIR等模型进行分析，探索舆情时空演化规律，并探讨多准则条件下的疫情风险评估。

第6章阐述针对公共安全事件，从时空发展态势、关联要素分析、区域多中心分析方面进行关联分析的方法，以及所获得的相关结论。

## 第 2 章 应急大数据获取方法与存储模型

应急大数据是突发事件生命周期中的致灾体、孕灾环境、承灾体、抗灾体等数据的集合，其构成如图 2.1 所示，致灾体相关的数据主要是指与突发事件相关的时空数据及事件本身属性数据，孕灾环境相关的数据主要是指促使突发事件发生的环境、社会等因素数据，承灾体相关数据主要是指突发事件作用的人口、社会经济及产业等数据，抗灾体数据主要是指对预防突发事件有利的医疗、资源、保障机构等数据，同时还有伴随整个突发事件过程中相关联的微博、知乎等舆情数据。

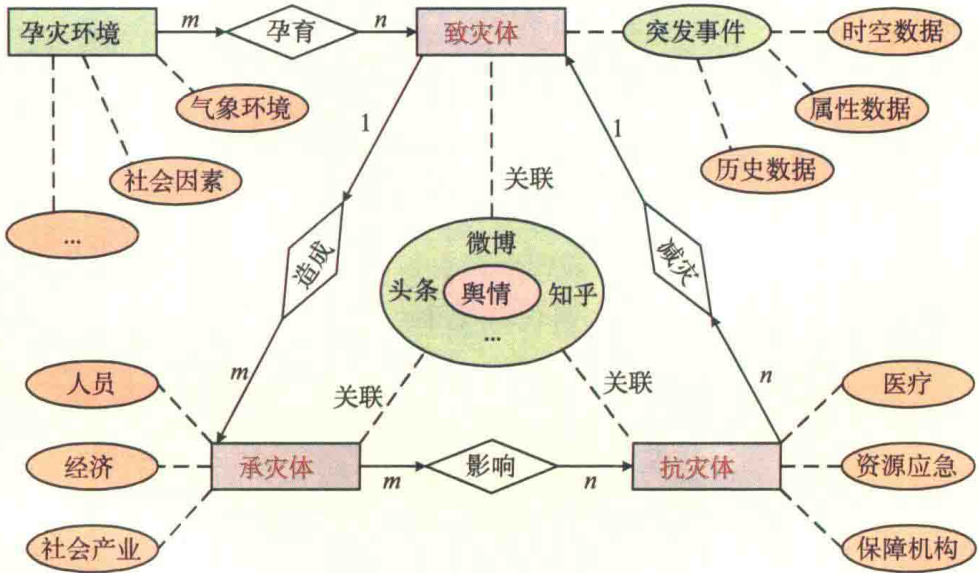


图 2.1 应急大数据构成图

针对应急大数据的构成集合，本章先根据应急大数据的类型，将其划分为多类，列举各类资源列表，然后根据不同的数据类型及来源介绍相应的获取方法，最后介绍应急大数据的存储模型。

## 2.1 应急大数据资源列表

根据突发事件的数据来源范围广、特点多等性质,将其划分为多种类型,主要包括:基础地理数据、遥感影像数据、突发事件数据、社会统计数据、网络舆情数据等。

### 2.1.1 基础地理数据

基础地理数据来源广、类型多,主要来源于地图导航与位置服务供应商、官方组织公开的地理信息数据集等(龚健雅,2001)。常用地图来源包括天地图、谷歌地图、百度地图、腾讯地图、高德地图、OpenStreetMap等。地图数据作为地理实体的空间特征和属性特征的数字描述,提供资源、环境、经济和社会等领域的相关带有地理坐标的数据,可以获取到地形图、兴趣点(POI)、建筑信息、交通信息等数据。通过官方组织,可以获取包括湖泊、土地利用等数据。主要来源如下:

天地图(<https://www.tianditu.gov.cn/>):由(原)国家测绘局主导建设的为公众、企业提供权威、可信、统一地理信息服务的大型互联网地理信息服务网站。

谷歌地图(<http://ditu.google.cn/>):由谷歌公司提供的电子地图服务,提供矢量地图、不同分辨率的卫星影像以及可以显示等高线及地形的地形视图等。

必应地图(<http://cn.bing.com/maps/>):微软公司开发的电子地图服务,可以提供鸟瞰地图、城市街道图片、三维地图等多种服务。

MapBox(<http://www.mapbox.com/>):全球位置数据平台,可以免费创建并定制个性化地图的网站,支持高度自定义各种地图元素。

OpenStreetMap(<https://www.openstreetmap.org/>):一种开源 wiki 地图,由用户根据手持 GPS 设备、航空摄影照片、其他自由内容甚至单靠本地知识绘制,离线数据下载网址为<http://download.geofabrik.de/>。

中国湖泊数据集(<https://data.tpdc.ac.cn/>):国家青藏高原科学数据中心结合 Landsat 影像(3831 景)、地形图,利用半自动水体提取及人工目视检查编辑,完成了过去 50 多年来详细的中国湖泊(大于  $1\text{km}^2$ )数量与面积变化研究,可提供 TIFF 格式数据。

美国土地覆盖数据(<http://www.mrlc.gov/>):用 Landsat 图像生产的 30