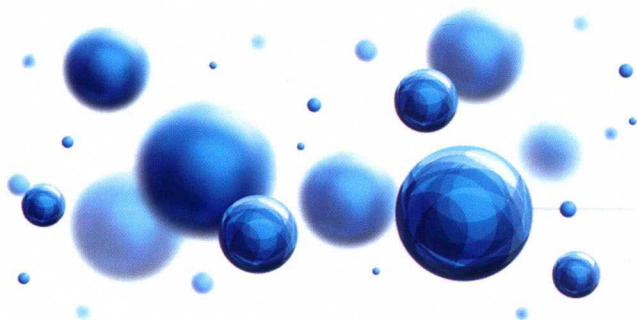


人地互动智能

HUMAN-EARTH
INTERACTION
INTELLIGENT BIG DATA

大数据



朱定局 著



科学出版社

人地互动智能大数据

Human-Earth Interaction Intelligent Big Data

朱定局 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书属于原创性学术专著,其原创性在于首次提出、研究并给出了人地互动大数据,内容包括人地互动大数据时空模型的构建,面向人地互动大数据时空模型的升级,人地互动大数据时空模型的组织,人地互动大数据时空操作,人地互动大数据的采集、管理、展示、转换及应用。本书对这些人地大数据的研究有利于对当前人地互动引起的一系列环境问题、社会问题的深入分析和挖掘,进而找到人类社会和自然环境能够和谐发展、共存共荣之道。

本书可供计算机科学与技术专业、地理科学专业的教师、研究生及其他相关科研工作者阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

人地互动智能大数据/朱定局著. —北京:科学出版社, 2018.9
ISBN 978-7-03-057693-4

I. ①人… II. ①朱… III. ①数据模型—建立模型 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 122877 号

责任编辑: 闫 悦 / 责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 张 伟 / 封面设计: 迷底书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 9 月第 一 版 开本: 720×1 000 1/16

2018 年 9 月第一次印刷 印张: 12 1/4

字数: 247 000

定价: 78.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

作者简介



朱定局，华南师范大学教授，计算机学院党支部书记，计算机应用系主任，智慧计算科学研究所所长，中国科学院深圳先进技术研究院客座研究员。北京大学博士后，Texas State University 访问学者，中国科学院计算技术研究所博士。已出版科学专著《大数据智慧计算原理方法》《自然云计算理论》《智慧数字城市并行方法》《并行时空模型》《21 世纪海上丝绸之路与智慧旅游》（入选“十三五”国家重点图书）。

前 言

人地互动对大数据有着极其重要的意义。人就是社会，地就是自然，大数据有的来源于社会，有的来源于自然，所以人地是大数据的主要来源，而人地互动又能产生更为复杂、更为生动有趣的大数据，这种大数据的价值和意义更为重大，因为这更符合现实的需要，就是人类适应自然且改造自然，又反过来受到自然的反作用。

大数据对人地互动也有着极其重要的意义。在人类社会与自然的相互作用中产生了大量与人类生活息息相关又与自然环境息息相关的大数据，对这些人地大数据的研究有利于对当前人地互动引起的一系列环境问题、社会问题的深入分析和挖掘，进而找到人类社会和自然环境能够和谐发展、共存共荣之道。

本书是一本原创性的学术著作，第1章~第4章是人地互动大数据的模型构建部分；第5章~第8章是人地互动大数据采集、处理及应用部分。本书的原创性在于首次提出、研究并给出了人地互动大数据，内容包括人地互动大数据时空模型的构建，面向人地互动大数据时空模型的升级，人地互动大数据时空模型的组织，人地互动大数据时空操作，人地互动大数据的采集、管理、展示、转换及应用。人地互动大数据时空模型的构建包括人地互动大数据时空模型的原理、组成、特性、处理模式和结构。面向人地互动大数据时空模型的升级包括人地互动传统时空模型的大数据升级、人地互动快照修正时空数据模型的大数据升级、人地互动复合时空数据模型的大数据升级、人地互动时空数据模型划分方法的比较、人地互动时空数据模型升级前后的性能比较。人地互动大数据时空操作包括本性聚类、查询、关系运算、时空分布、单个时间段全局存储空间下人地互动大数据操作、单个时间段多级存储空间下人地互动大数据操作、多个时间段人地互动大数据操作。人地互动大数据采集与管理包括人地互动大数据可信采集与管理、人地互动领域大数据采集与管理。人地互动大数据的展示与转换包括基于电子地图和移动定位的发布信息大数据查看、基于电子地图和时空属性的语言信息大数据显示、基于地理位置信息的语言大数据翻译。人地互动大数据应用包括基于深度学习和大数据的停车位检测、基于大数据和深度学习的停车诱导、基于停车难易度大数据的停车场空闲状况预测、基于时段设置和大数据的停车位预订。

本书的研究得到了国家级新工科研究与实践项目（粤教高函〔2018〕17号）、国家社会科学基金重大项目（14ZDB101）、国家自然科学基金重点项目（41630635）、教育部-腾讯公司产学研合作协同育人项目（201602001001）、广东高校重大科研项目（粤教科函〔2018〕64号）、广东省新工科研究与实践项目（粤教高函〔2017〕118

号)、广东省高等教育教学研究和改革重点项目(粤教高函〔2016〕236号)、广东省学位与研究生教育改革研究重点项目(粤教研函〔2016〕39号)、广东省联合培养研究生示范基地(粤教研函〔2016〕39号)的支持。

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

朱定局

2018年6月8日于华南师范大学

目 录

前言

第 1 章	人地互动大数据时空模型的构建	1
1.1	人地互动大数据时空模型的原理	1
1.2	人地互动大数据时空模型的组成	2
1.3	人地互动大数据时空模型的特性	3
1.3.1	时间上结构可变	3
1.3.2	空间上结构冗余	4
1.4	人地互动大数据时空模型的处理模式	5
1.4.1	人地互动大数据时空模型	6
1.4.2	人地互动大数据任务时空模型	8
1.4.3	人地互动大数据流水时空模型	9
1.4.4	人地互动大数据混合时空模型	10
1.5	人地互动大数据时空模型的结构	13
1.5.1	人地互动大数据时空模型的组成要素	14
1.5.2	人地互动大数据时空模型的定义	16
第 2 章	面向人地互动大数据时空模型的升级	19
2.1	人地互动传统时空模型的大数据升级	19
2.1.1	人地互动串行立方体时空数据模型	19
2.1.2	划分人地互动串行立方体时空数据模型	19
2.1.3	人地互动索引立方体时空数据模型	20
2.1.4	人地互动并行立方体时空数据模型	20
2.1.5	人地互动多用户立方体时空数据模型	21
2.1.6	人地互动大数据立方体时空数据模型	21
2.2	人地互动快照修正时空数据模型的大数据升级	22
2.2.1	人地互动串行快照修正时空数据模型	22
2.2.2	划分人地互动快照修正时空数据模型	24
2.2.3	人地互动索引快照时空数据模型	24
2.2.4	人地互动并行快照时空数据模型	25
2.2.5	人地互动大数据快照时空数据模型	25

2.2.6	人地互动索引与并行时空 2、4 修正模型	26
2.2.7	人地互动大数据时空 2、4 修正模型	27
2.2.8	改进后的人地互动索引与并行时空 2、4 修正模型	28
2.2.9	改进后的人地互动大数据时空 2、4 修正模型	28
2.2.10	人地互动索引与并行时空 3、5 修正模型	29
2.2.11	人地互动大数据时空 3、5 修正模型	29
2.2.12	改进后的人地互动索引与并行时空 3、5 修正模型	30
2.2.13	改进后的人地互动大数据时空 3、5 修正模型	31
2.3	人地互动复合时空数据模型的大数据升级	32
2.3.1	人地互动串行复合时空数据模型	32
2.3.2	划分人地互动复合时空数据模型	33
2.3.3	人地互动索引复合时空数据模型	33
2.3.4	人地互动并行复合时空数据模型	33
2.3.5	人地互动多用户复合时空数据模型	34
2.3.6	人地互动大数据复合时空数据模型	34
2.4	人地互动时空数据模型划分方式的比较	35
2.5	人地互动时空数据模型升级前后的性能比较	36

第 3 章	人地互动大数据时空模型的组织	40
3.1	划分的原则	41
3.2	人地互动单级一维并行时空数据模型	42
3.3	人地互动单级二维并行时空数据模型	46
3.4	人地互动单级三维并行时空数据模型	49
3.5	人地互动多级并行时空数据模型	52
3.6	人地互动独立与关联并行时空数据模型	56
3.7	人地互动单式与复式并行时空数据模型	58
3.8	人地互动松耦合与紧耦合并行时空数据模型	62
3.9	单个时间段全局存储空间下人地互动大数据时空模型	66
3.10	单个时间段多级存储空间下人地互动大数据时空模型	68
3.11	多个时间段人地互动大数据时空模型	69

第 4 章	人地互动大数据时空操作	71
4.1	本性聚类	71
4.2	查询	73
4.3	关系运算	75
4.4	时空分布	81

4.5	单个时间段全局存储空间下人地互动大数据操作	88
4.6	单个时间段多级存储空间下人地互动大数据操作	89
4.7	多个时间段人地互动大数据操作	90
第 5 章	人地互动大数据可信采集与管理	93
5.1	基于样本知识库的人地互动大数据可信采集	93
5.1.1	基于样本知识库的人地互动大数据可信采集方法	93
5.1.2	基于样本知识库的人地互动大数据可信采集系统	95
5.2	基于个体可信度的人地互动语言大数据可信采集与管理	96
5.2.1	基于个体可信度的人地互动语言大数据可信采集与管理方法	97
5.2.2	基于个体可信度的人地互动语言大数据可信采集与管理系统	100
5.3	基于群体可信度的人地互动语言大数据可信采集与管理	102
5.3.1	基于群体可信度的人地互动语言大数据可信采集与管理方法	102
5.3.2	基于群体可信度的人地互动语言大数据可信采集与管理系统	105
第 6 章	人地互动领域大数据采集与管理	108
6.1	人地互动语言大数据的采集与管理	108
6.1.1	人地互动语言大数据的采集与管理方法	108
6.1.2	人地互动语言大数据的采集与管理系统	111
6.2	人地互动照片大数据采集与管理	112
6.2.1	人地互动照片大数据采集与管理方法	113
6.2.2	人地互动照片大数据采集与管理系统	116
6.3	基于电子地图的人地互动视频大数据采集与管理	118
6.3.1	基于电子地图的人地互动视频大数据采集与管理方法	118
6.3.2	基于电子地图的人地互动视频大数据采集与管理系统	123
6.4	基于时间地理学的人地互动视频大数据采集与管理	124
6.4.1	基于时间地理学的人地互动视频大数据采集与管理方法	125
6.4.2	基于时间地理学的人地互动视频大数据采集与管理系统	130
第 7 章	人地互动大数据的展示与转换	133
7.1	基于电子地图和移动定位的发布信息大数据查看	133
7.1.1	基于电子地图和移动定位的发布信息大数据查看方法	133
7.1.2	基于电子地图和移动定位的发布信息大数据查看系统	140
7.2	基于电子地图和时空属性的语言信息大数据显示	141
7.2.1	基于电子地图和时空属性的语言信息大数据显示方法	141
7.2.2	基于电子地图和时空属性的语言信息大数据显示系统	144

7.3 基于地理位置信息的语言大数据翻译145

7.3.1 基于地理位置信息的语言大数据翻译方法146

7.3.2 基于地理位置信息的语言大数据翻译系统149

第8章 人地互动大数据应用——以智能停车为例151

8.1 基于深度学习和大数据的停车位检测151

8.1.1 基于深度学习和大数据的停车位检测方法151

8.1.2 基于深度学习和大数据的停车位检测系统154

8.2 基于大数据和深度学习的停车诱导155

8.2.1 基于大数据和深度学习的停车诱导方法156

8.2.2 基于大数据和深度学习的停车诱导系统160

8.3 基于停车难易度大数据的停车场空闲状况预测163

8.3.1 基于停车难易度大数据的停车场空闲状况预测方法163

8.3.2 基于停车难易度大数据的停车场空闲状况预测系统169

8.4 基于时段设置和大数据的停车位预订172

8.4.1 基于时段设置和大数据的停车位预订方法172

8.4.2 基于时段设置和大数据的停车位预订系统176

参考文献177

结束语185

第1章 人地互动大数据时空模型的构建

人们基于人地互动^[1]传统时空数据模型^[2]开发了大量的传统时空应用软件，这些软件曾经消耗过大量的技术、人力和财力，如果抛弃不用，而是基于人地互动大数据时空模型重新开发，将是一项浩大的、不太现实的工程。相反，可以继承并改造已有的程序操作和人地互动数据库，来升级遗留的传统时空软件，使其所基于的人地互动时空数据模型从人地互动传统时空数据模型升级为人地互动大数据时空模型，要比重新开发快得多。显然升级的方式节省了大量程序设计和人地互动大数据数据库设计的时间和人力，并加快了传统时空软件向大数据时空软件的过渡。所以本章分别介绍各主要的人地互动传统时空数据模型升级为相应人地互动大数据时空模型的方法。

1.1 人地互动大数据时空模型的原理

“万里无云”“乌云密布”，从这类成语可以看出云海是空间中存在的；同时云海也是与时间相关的，如“昨天还万里无云，今天就乌云密布了”。时空中处处都存在着云海模式。例如，用户人地互动大数据和服务请求总是在使用的过程中增减，云也是随着时间在消失或产生；再如，用户人地互动大数据和服务请求有正在使用的人地互动大数据、备用的人地互动大数据、潜在的人地互动大数据、正在处理的服务请求、备用的服务请求、潜在的服务请求，云也有正在下雨的黑云、储备着雨的乌云、储备着水汽的白云。云是可以分块的，可以并行地存在、飘动、降雨，所以时空中的人地互动大数据时空模型继承了并行时空模型^[3]的所有特性，但增加了模型本身随着时间和空间发生变化的特点。

在人地互动大数据时空模型中黑云代表正在处理或正待处理的人地互动大数据和任务，乌云表示处于备用状态的人地互动大数据和任务，一旦黑云中有人地互动大数据和任务缺失，乌云中相应人地互动大数据和任务将迁移到黑云中进入处理队列。白云表示潜在的人地互动大数据和任务，白云将来可能变为乌云和黑云。因此可以将黑云称为活跃大数据，乌云称为备用大数据，白云称为潜在大数据。从人地互动大数据资源的角度上来看，活跃大数据、备用大数据、潜在大数据对应不同的介质，活跃大数据像黑云一样，最活跃，随时可能变成雨，被使用的频率最高，因此也最容易出故障；备用大数据像乌云一样，比较活跃，随时可以变成黑云，被使用的频率居中，一般较为可靠；潜在大数据像白云一样，最为稳定，除非降温将来才会变为

乌云，使用的频率最低，也最为健壮。活跃大数据、备用大数据、潜在大数据之间的转化如同黑云、乌云、白云之间的转化。水蒸发为云，云降雨为水，同样人地互动大数据的需求来自应用和用户，人地互动大数据服务面向应用和用户，也是取之于民而用之于民。

从一个时刻到另一时刻人地互动数据集的变化，就相当于云的变化。根据人地互动大数据环境中人地互动大数据特点，可以抽象出人地互动大数据时空模型。人地互动大数据时空模型和人地互动传统时空数据模型一样，是人地互动时空数据存储和处理的框架，和人地互动并行时空数据模型一样支持对人地互动大数据的并行处理。同时，人地互动大数据时空模型比人地互动传统时空数据模型和人地互动并行时空数据模型更加灵活，人地互动大数据时空模型不但能为人地互动时空数据的组织和处理提供一个框架，而且其框架本身在时空中也是可以扩展和变化的。

1.2 人地互动大数据时空模型的组成

人地互动大数据时空模型组成示意如图 1.1 所示。

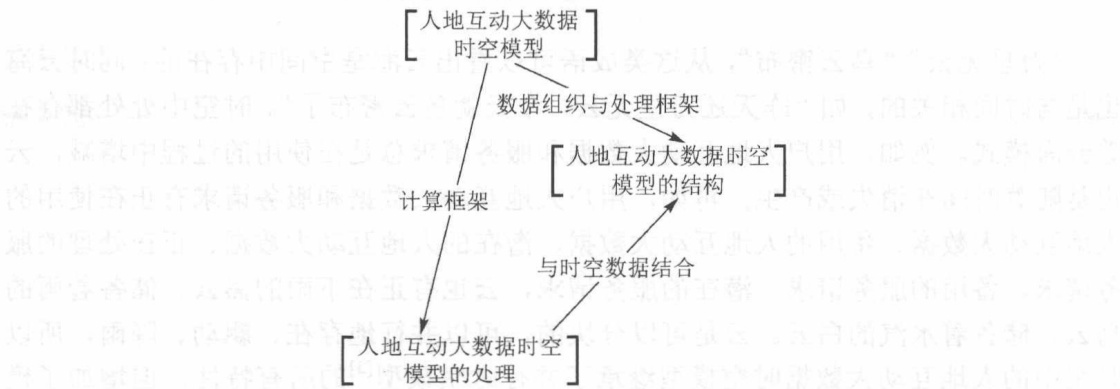


图 1.1 人地互动大数据时空模型组成示意

人地互动大数据时空模型为人地互动大数据提供一种可以参考的时空框架，为人地互动大数据中人地互动时空数据的组织和处理提供一种可以参考的框架。人地互动大数据时空模型是人地互动大数据的基础，因为人地互动大数据中人地互动时空数据的组织和处理需要在人地互动大数据的时空框架中进行；同时，人地互动大数据时空模型是人地互动时空模型的发展，因为如果不结合人地互动大数据需要处理的人地互动时空数据，其参考框架则太宽泛，难以起到实际的指导作用。

1.3 人地互动大数据时空模型的特性

1.3.1 时间上结构可变

人地互动大数据时空模型的第一核心机制在于时间上结构的可变性。时间上结构的可变性应用到人地互动大数据时空模型时，体现在其模型上的结构可变性，这是人地互动大数据时空模型区别于人地互动传统时空模型和并行时空模型的地方。所谓模型上的结构可变性，指的是不但模型所组织的人地互动大数据本身可变，其模型本身的组织方式也可变。模型上的结构可变性非常符合人地互动大数据环境的需要。人地互动大数据环境中的计算资源比传统计算环境如单机、服务器，比并行计算环境^[4]如超级计算机^[5]更易变，因为人地互动大数据环境中的计算资源可能/可以随时加入和撤出，所以必须变化模型本身来适应这种变化，以充分利用人地互动大数据环境中的资源。同时，人地互动大数据环境中的用户和应用的类型多、数量多且变化大，而传统计算环境和并行计算环境一般是企业内部使用或行业内部使用或一群相对稳定的固定用户使用，所以在人地互动大数据环境中必须变化模型本身来适应用户变化和应用变化，以更好地满足用户的需要和应用的需求。不同人地互动时空模型时间上结构可变性比较如图 1.2 所示，人地互动大数据时空模型时间上结构变化原因如图 1.3 所示。

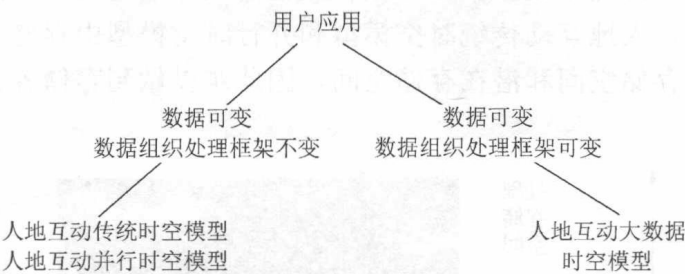


图 1.2 不同人地互动时空模型时间上结构可变性比较

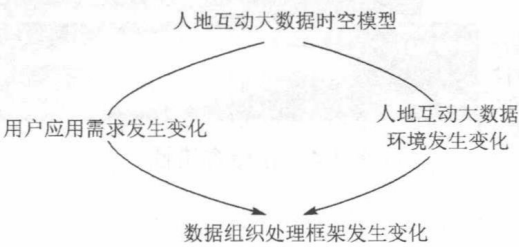


图 1.3 人地互动大数据时空模型时间上结构变化原因

1.3.2 空间上结构冗余

人地互动大数据时空模型的第二核心机制在于空间上结构的冗余性。空间上结构的冗余性应用到人地互动大数据时空模型时，体现在其模型上的存储容错性^[6]和计算容错性^[7]，这是人地互动大数据时空模型区别于人地互动传统时空模型和并行时空模型的地方。

1. 存储容错性

存储容错性如图 1.4 所示。所谓模型上的存储容错性，指的是通过处理存储空间、备用存储空间、潜在存储空间来加强存储容错性。潜在存储空间一般采用永久性介质，很稳定、不易损坏、成本低，虽然潜在存储空间速度较慢，但其中人地互动大数据使用频率低；备用存储空间稳定性、存取速度和成本处于处理存储空间和潜在存储空间之间；处理存储空间则存取速度最快，被访问得最频繁，但成本也相应最高。三层存储空间的相互配合，解决了存储容错性问题，增强了存储的鲁棒性，因为在处理存储空间上丢失或损坏的人地互动大数据可以在备用存储空间上恢复，在备用存储空间上丢失或损坏的人地互动大数据还可以在潜在存储空间上恢复；三层存储空间的相互配合，又可以提高存储的速度，减少了处理存储空间的人地互动数据量，从而可以使用更高成本但速度更快的处理存储空间；同时，三层存储空间的相互配合，还可以降低存储成本，因为很多较少使用的人地互动大数据或当前较少使用的人地互动大数据都可以存放在潜在存储空间，而潜在存储空间的成本是比较低的。人地互动传统时空模型和并行时空模型中存储空间不区分处理存储空间、备用存储空间和潜在存储空间，因此难以做到存储容错，也难以兼顾存取速度与成本。



图 1.4 存储容错性

2. 计算容错性

计算容错性如图 1.5 所示。所谓模型上的计算容错性，指的是通过处理存储空间、

备用存储空间、潜在存储空间来加强计算容错性。人地互动传统时空模型和并行时空模型都没有特意考虑计算中间结果的存储，从而一旦某个计算进程发生错误，所有前期工作和其他协作进程的工作都白费了，所有的计算都得重新开始。而人地互动大数据时空模型则将处理存储空间中计算的关键中间结果存储到备用存储空间，将处理存储空间中计算的大存储量中间结果存储到潜在存储空间。这样一旦某个进程发生错误或损坏，其前面计算的成果及状态可以从备用存储空间或潜在存储空间中恢复，而某一个进程的中间结果可能需要其他进程的配合才能得到，所以如果该中间结果恢复不出来，则所有进程可能需要从头开始算一遍。将中间结果放到备用存储空间和潜在存储空间有两种模式：一种是显式，基于 Spark^[8]、Hadoop^[9] 等流行的人地互动大数据平台，其计算模式是“划分—计算—中间文件—汇总”这种模式，这种模式在程序设计时就已将计算容错的思想贯穿进去；另一种是隐式，类似容错型消息传递接口 (message passing interface, MPI)^[10]，这时需要设计中间件来监控各个进程，一旦某个进程发生问题，则其他进程暂缓，等待该进程从其他节点恢复。



图 1.5 计算容错性

1.4 人地互动大数据时空模型的处理模式

人地互动大数据时空模型有人地互动大数据数据时空模型、人地互动大数据任务时空模型、人地互动大数据流水时空模型和人地互动大数据混合时空模型。人地互动大数据时空模型中不同阶段的云模式可以发生变化，例如，在 T_{n-3} 时刻是人地互动大数据单级时空模型，到了 T_{n-2} 时刻就成了人地互动大数据多级时空模型，到了 T_{n-1} 时刻就成了人地互动大数据-任务时空模型，到了 T_n 时刻就成了人地互动大数据混合时空模型。

1.4.1 人地互动大数据时空模型

1. 单级

人地互动大数据云要求人地互动时空数据子集间相对独立，如图 1.6 所示，该图是一个特例示意图。从 T_0 到 T_n ，人地互动数据集随着时间发生变化。处理的人地互动数据子集在黑云中，备用的人地互动数据子集在乌云中，潜在的人地互动数据子集在白云中。在 T_{n-1} 时刻，处于活跃大数据和备用大数据中的人地互动数据子集 1 和人地互动数据子集 2，一旦活跃大数据中的某子集人地互动大数据发生损坏或丢失，备用大数据中的相应人地互动大数据就会自我克隆进入活跃大数据，活跃大数据和备用大数据中的人地互动数据子集是当前需要处理的人地互动数据子集，有可能在将来被淘汰进潜在大数据，甚至淘汰出局，如在 T_n 时刻，人地互动数据子集 2 就退出了活跃大数据和备用大数据，一般活跃大数据和备用大数据中超过一定时间长度一直闲置未用的可降级人地互动大数据将会退出活跃大数据和备用大数据，潜在大数据中超过一定时间长度一直闲置未用的可降级人地互动大数据将会消失，但有些人地互动大数据因为其很重要或很特殊，即使长期未用，也不会被降级，既不会从活跃大数据和备用大数据中降级到潜在大数据，也不会从潜在大数据中删除。 T_{n-1} 时刻，处于潜在大数据中的人地互动数据子集 3、人地互动数据子集 4 和人地互动数据子集 5，这些人地互动数据子集是当前无须处理、但在将来有可能需要处理的人地互动数据子集，如在 T_n 时刻，人地互动数据子集 3 和人地互动数据子集 4 就进入了活跃大数据和备用大数据。同时，活跃大数据中的人地互动数据子集可以根据需要从备用大数据中进行加载，不一定非得一次性全部加载到活跃大数据中，和人地互动大数据不一定要一次性地从硬盘加载到内存中一样。同时，活跃大数据中的人地互动大数据一旦在使用过程中发生了变化，会按照一定的规则更新到备用大数据和潜在大数据中。

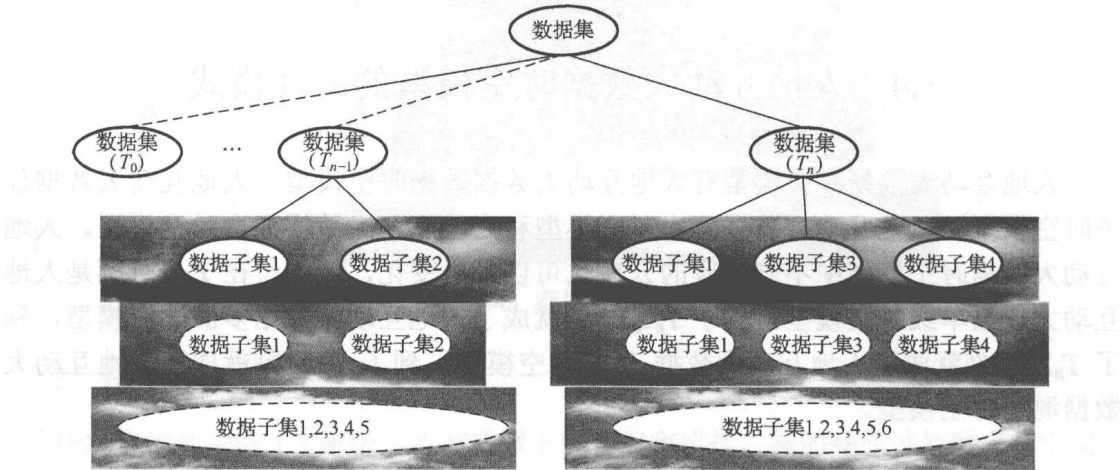


图 1.6 人地互动大数据单级时空模型举例

2. 多级

人地互动数据子集间相对独立, 这种人地互动多级数据云比较常见, 如先根据空间维进行人地互动大数据划分, 再根据时间维进行人地互动大数据划分, 如图 1.7 所示。活跃大数据、备用大数据、潜在大数据中人地互动大数据的存储方式可以不同, 在活跃大数据中人地互动数据集可以划分得最细, 为了充分发挥并行性, 在备用大数据中人地互动数据集可以划分得较细, 为了减少从备用大数据中调取人地互动大数据到活跃大数据中所需的时间, 潜在大数据中人地互动数据集可以划分得较粗, 因为其被使用的次数较少。多级并行^[11]一般在活跃大数据中发生, 一般是为了更大程度地发挥人地互动大数据资源的并行处理能力, 同时也是为了加快应用和用户请求的处理速度。同时, 随着人地互动大数据环境的变化, 从一个时刻到另一个时刻, 人地互动数据集的划分方式在活跃大数据中也会发生变化, 如在 T_{n-1} 时刻人地互动数据子集 1 有 2 个子集, 而在 T_n 时刻人地互动数据子集 1 有 3 个子集, 其变化的原因既可能是因为划分得更细, 也可能是因为人地互动数据子集中的人地互动大数据得到了追加和扩展。备用大数据中粒度较大的人地互动数据子集为活跃大数据在不同阶段的不同划分提供了便捷的人地互动大数据源, 因为这样活跃大数据中的人地互动数据子集就无须重组后再重新划分。

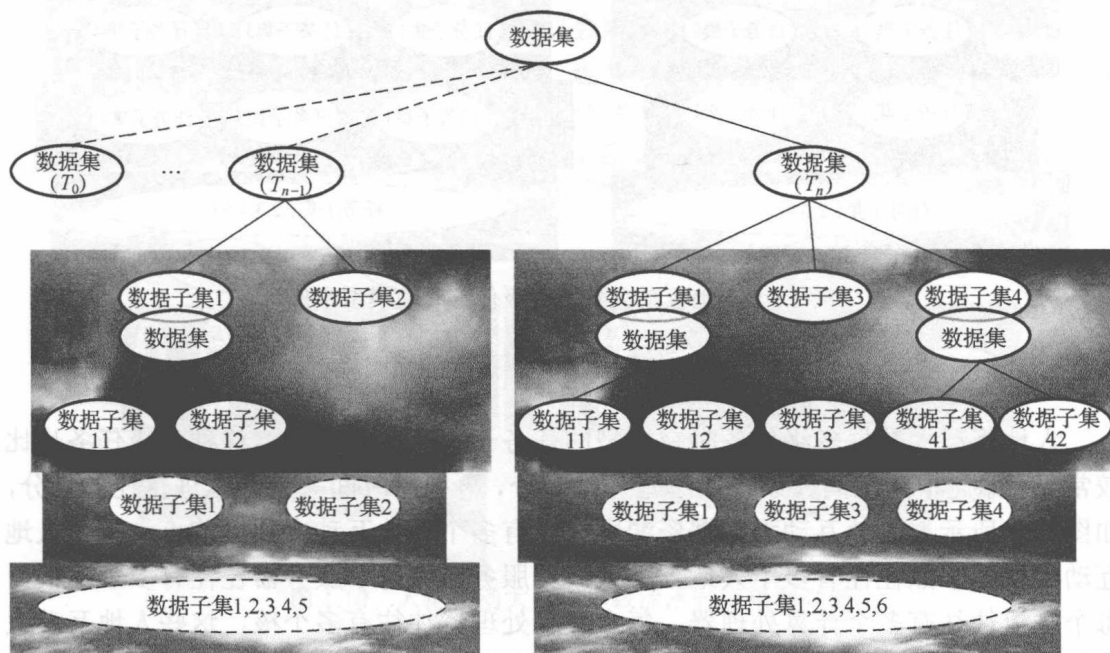


图 1.7 人地互动大数据多级时空模型举例