



基于大数据技术的 交通运输监测预警 关键技术研究与实践

叶劲松 黄海涛 陈建华 主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



基于大数据技术的 交通运输监测预警 关键技术研究与实践

叶劲松 黄海涛 陈建华 主编



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书依托交通运输部信息化技术研究项目“基于大数据技术的交通运输监测预警关键技术研究”,在项目研究成果的基础上编纂而成,概括性地介绍了交通运输经济景气监测预警的模型和方法,系统地梳理了交通运输监测大数据的特征和处理需求,以交通运输经济监测预警原型平台为例,总结归纳了大数据技术在行业应用的经验和启示。

本书旨在为有意了解或参与大数据技术在交通运输行业推广应用的企业、科研单位和社会各界提供参考和帮助。

图书在版编目(CIP)数据

基于大数据技术的交通运输监测预警关键技术研究与实践 / 叶劲松, 黄海涛, 陈建华主编. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2019. 4

ISBN 978-7-114-14872-9

I. ①基… II. ①叶… ②黄… ③陈… III. ①高速公路—监测系统—预警系统—研究 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 147268 号

Jiyu Dashuju Jishu de Jiaotong Yunshu Jiance Yujing Guanjian Jishu Yanjiu yu Shijian

书 名: 基于大数据技术的交通运输监测预警关键技术研究与实践

著 者: 叶劲松 黄海涛 陈建华

责任编辑: 刘 博

责任校对: 张 贺

责任印制: 张 凯

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

开 本: 720×960 1/16

印 张: 10.125

字 数: 150千

版 次: 2019年4月 第1版

印 次: 2019年4月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14872-9

定 价: 35.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

本书编委会

主 编：叶劲松 黄海涛 陈建华
副主编：黄莉莉 梁鸿旭 于丹阳 张 平
编写顾问：石宝林 崔学忠 刘 方
参编人员：陈佳兴 周 雷 王松涛 李洪囤 张敦木翰 周 健
曹剑东 胡希元 王 哲 范文涛 郭明多 刘 娜
段成民 魏 彬 郭亚茹 田 璐 杨艳芳 陈靖鸿
周 舟

前 言

随着物联网、移动互联网和云计算技术及应用的蓬勃发展,人们在生产和生活中产生的数据量呈指数级增长,而且数据的结构变得日趋复杂,逐渐超越了传统数据库的管理能力。在信息技术(IT)迅猛发展的浪潮下,交通运输行业信息化也得到了长足的发展,信息技术已经渗透到行业管理和服务的各个领域和环节,逐渐积累了大量反映交通微观运行情况的动态和静态数据,但因为受到技术手段的限制,对大数据量和多种类型的业务数据进行采集、存储、处理、分析挖掘和管理的能力严重不足,利用业务数据开展交通行业预测预警工作相对薄弱。如何利用大数据技术,实现海量交通运输监测数据的采集、存储、处理和交通运输经济景气的监测预警,提高交通运输行业主管部门对行业运行的预判能力,以及对交通运输经济运行状态的动态掌握能力已经成为亟待解决的问题。

本书首先从交通运输经济监测预警关键方法研究入手,围绕预警指标集梳理、筛选以及预警信号灯模型构建展开论述,然后从数据可得性和应用方法两个维度对社会和企业掌握的交通运输运行监测相关数据的实际应用情况进行分析研究,再以目前交通运输行业掌握的主要交通运输监测数据为重点,基于交通运输监测数据特征和应用需求分析,通过大数据架构下交通运输监测数据处理关键技术研究、大数据架构下交通运输监测数据质量管控关键技术研究,提出适合于处理交通运输监测数据的大数据技术方案。最后在前述研究的基础上,借助大数据技术建立交通运输经济监测预警原型平台,实现对典型交通运输监测数据的采

集、存储、清洗,以及典型应用场景的验证。

本书依托交通运输部信息化技术研究项目“基于大数据技术的交通运输监测预警关键技术研究”,在项目研究成果的基础上编纂而成,概括性地介绍了交通运输经济景气监测预警的模型和方法,系统性地梳理了交通运输监测大数据的特征和处理需求,以交通运输经济监测预警原型平台为例,总结归纳了大数据技术在行业应用的经验和启示,旨在为有意了解或参与大数据技术在交通运输行业推广应用的企业、科研单位和社会各界提供参考和帮助。书中疏漏、不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者
2018年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 研究背景及意义	1
第二节 国内外研究概况	2
第三节 本书研究内容及组织结构	13
第二章 交通运输经济景气监测预警关键方法研究	15
第一节 预警指标集的初步梳理	15
第二节 预警指标的筛选原则及方法	16
第三节 预警信号灯的构建方法研究	19
第四节 预警信号灯构建研究	29
第三章 社会和企业掌握的交通运输运行监测相关数据的应用方法研究	36
第一节 社会和企业掌握的交通运行分析监测相关数据现状分析	36
第二节 社会和企业相关数据应用于行业运行监测的方法研究	55
第三节 社会和企业相关数据应用于行业运行监测的可得性研究	72
第四章 交通运输监测大数据处理关键技术研究	77
第一节 大数据处理流程	77
第二节 大数据生态圈	81
第三节 大数据技术选取原则	85
第四节 大数据技术比选	86

第五节	数据质量管控技术研究	122
第六节	交通运输监测大数据技术方案	132
第五章	基于大数据技术的交通运输经济监测预警原型平台搭建	135
第一节	总体架构	135
第二节	物理逻辑架构	137
第三节	数据模型设计	138
第四节	平台主要功能	139
参考文献	149

第一章 绪 论

第一节 研究背景及意义

进入新世纪新阶段,国际局势风云变幻,我国面临的形势错综复杂,有利条件和不利因素并存。世界经济复苏存在不稳定不确定因素,一些国家宏观政策调整带来变数,新兴经济体又面临新的困难和挑战。全球经济格局深度调整,国际竞争更趋激烈。我国支撑发展的要素条件也在发生深刻变化,深层次矛盾凸显,正处于结构调整阵痛期、增长速度换挡期,到了爬坡过坎的紧要关口,经济下行压力较大。

在新的形势下,党中央、国务院对经济运行分析与监测工作的要求不断提高,多次强调要加强经济监测、预测、预警,要未雨绸缪,科学把握走势。交通运输业是国民经济的基础性产业,交通经济运行与国家经济运行密切相关,主要交通经济运行指标是判断经济运行态势的要素之一。交通运输部特别指出“要提高工作的敏锐性、主动性和时效性,加强对月度和季度交通运输经济运行情况的分析研判,准确把握好宏观形势的变化,及时调整对策”。为此,充分利用各类交通运输动态运行数据,加强对行业运行情况的动态监测,及时、客观反映交通行业的运行态势,进而为研判国家经济运行态势提供支撑,是在新的形势下对交通运输统计监测工作提出的新要求。

开展交通运输监测预警的基础是各类统计数据 and 动态监测数据。目前部级行业统计监测的指标已经超过 2000 多项,但是,究竟交通行业哪些发展方面应该进行动态监测预警,在众多的数据指标中,哪些指标能够反映交通行业运行动态,哪些指标能够更好地刻画交通行业与宏观经济的互动关系,目前都还



不明确。自2006年交通运输部根据国务院要求开展月度、季度、半年度和年度经济运行分析工作以来,在交通运输行业经济运行监测、预测以及与国民经济关系方面已经积累了一定经验,但总体来看,在行业监测预警的理论方法方面还缺乏系统性的梳理和研究,特别是在指标变动与行业景气之间的表征关系方面,由于基础数据不完善导致研究难以全面深入开展,处于空白。

另外,伴随交通信息化的深入应用和新技术的进步,交通运输行业已经日积月累了大量的交通信息资源,行业数据规模爆发性增长,例如在高速公路运行管理方面,全国高速公路联网收费数据量每月超过7亿条,数据量达到250~300GB。在水路运输方面,在东海海区,借助船舶自动识别系统获取的船舶位置、航速等数据每天达到5500万条,这些数据为及时有效地开展交通运输监测预警提供了基础。但是,交通行业目前的信息系统仍主要采用传统技术架构对数据进行传输、处理和存储,如此体量巨大、类型多样的大数据在常规的信息系统中往往需要耗费大量的时间传输、处理数据,导致数据质量、数据应用时效均难以满足实际需求。大数据技术在近几年得到了快速的发展,成为解决海量大数据采集、存储与处理的有效手段,在监测数据不断增加和行业监测时效性要求越来越高的形势下,应用大数据技术成为提升行业监测预警能力的必然。但是,大数据技术采用了与传统数据库技术完全不一样的技术架构,目前大数据技术在交通行业中的应用仍处于起步阶段,真正应用大数据技术作为支撑的信息系统还比较少。对开展行业监测预警工作而言,究竟哪些数据需要采用大数据技术来作为支撑、具体的技术架构如何设计,都迫切需要进行系统性的研究。

第二节 国内外研究概况

一、大数据技术发展现状

大数据(Big Data)作为一个专有名词成为热点,主要应归功于近年来互联网、云计算、移动和物联网的迅猛发展。无所不在的移动设备、无线射频识别

(RFID)、无线传感器每分每秒都在产生数据,数以亿计用户的互联网服务时时刻刻在产生巨量的交互,要处理的数据量实在是太大、增长太快了,而业务需求和竞争压力对数据处理的实时性、有效性又提出了更高的要求,传统的常规技术手段根本无法应付。根据大数据处理的生命周期,大数据的技术体系通常可以分为大数据采集与预处理、大数据存储与管理、大数据计算模式与系统、大数据分析 with 挖掘、大数据可视化分析以及大数据隐私与安全 6 个方面。

1. 大数据采集与预处理

根据 MapReduce 产生数据的应用系统分类,大数据的采集主要有 4 种来源:管理信息系统、Web 信息系统、物理信息系统和科学实验系统。通常大数据描述了一个对象或一个过程的全景式的和全周期的状态,因此,其来源必然是多源的,其形式是多模态的。数据的多源和多模态的不确定性和多样性,必然导致数据的质量存在差异,严重影响到数据的可用性。

当前,针对管理信息系统中异构数据库集成技术、Web 信息系统中的实体识别技术和深网(DeepWeb)集成技术、传感器网络数据融合技术已有很多研究工作取得了较大的进展,推出了多种数据清洗和质量控制工具,例如,美国 SAS 公司的 Data Flux、美国 IBM 公司的 Data Stage、美国 Informatica 公司的 Informatica Power Center。但是,针对各种类型、各种应用的大数据的特点,如何保证一致性、精确性、完整性、统一性、时效性、真实性 6 个性质,并且保证可行的处理效率,还缺乏全面系统的研究,许多新问题有待发现和解决。

为了保证大数据的可用性,首先必须在数据的源头上把好质量关,做好从原始数据到高质量信息的预处理。具体可研究的关键技术包括:数据源的选择和高质量原始数据的采集方式,多源数据的实体识别和解析方法,数据清洗和自动修复方法,高质量的数据整合方法,数据演化的溯源管理等。

2. 大数据存储与管理

大数据给存储系统带来了 3 个方面的挑战:一是存储规模大,通常达到 PB 甚至 EB 量级;二是存储管理复杂,需要兼顾结构化、非结构化和半结构化的数据;三是数据服务的种类和水平要求高。这些挑战在存储领域并不是新问题,

但在大数据背景下,解决这些问题的技术难度成倍提高,数据的量变终将引起存储技术的质变。大数据环境下的存储与管理软件需要对上层应用提供高效的数据访问接口,存取 PB 甚至 EB 量级的数据,并且能够在可接受的响应时间内完成数据的存取,同时保证数据的正确性和可用性。

大数据环境下,在数据存储组织方面,目前主要在分布式存储与计算、内存数据库技术、列式数据库技术、云数据库、NoSQL、移动数据库等技术上进行了研究,其中分布式存储与计算受关注度最高。分布式存储与计算架构可以让大量数据以一种可靠、高效、可伸缩的方式进行处理。因为以并行的方式工作,所以数据处理速度相对较快,且成本较低,Hadoop 和 NoSQL 都属于分布式存储技术的范畴,目前各大公司和研究院所均开展了大量的研究工作。内存数据库技术可以作为单独的数据库使用,还能为应用程序提供即时的响应和高吞吐量,SAP 公司的 HANA 是该技术的典型代表,已经实现了商用。列式数据库的特点是可以更好地应对海量关系数据中列的查询,占用更少的存储空间,这也是构建数据仓库的理想架构之一,Sybase 公司的 Sybase IQ 数据库就采用了列式数据库,也实现了商用。云数据库可以不受任何部署环境的约束,随意地进行拓展,进而为客户提供适宜其需求的虚拟容量,并实现自助式资源调配和自助式使用计量。目前微软的 SQL Server 可以提供类似的服务。NoSQL 数据库适合于庞大的数据量、极端的查询量和模式演化。企业可以通过 NoSQL 得到高可扩展性、高可用性、低成本、可预见的弹性和架构灵活性的优势,甲骨文在 2011 年推出 Oracle NoSQL 数据库。移动数据库技术是适应移动计算的产物。随着智能移动终端的普及,人们对移动数据实时处理和管理的要求不断提高,移动数据库具有平台的移动性、频繁断接性、网络条件的多样性、网络通信的非对称性、系统的高伸缩性和低可靠性以及电源能力的有限性等,也正是因为这些特性而被业界所重视。总的来说,对于数据存储组织方面的技术,各大数据库厂家开展了一些研究,已有部分商用软件产品可供使用,但在具体的应用过程中,还需要结合实际业务需求选择适合的数据库产品,进行恰当的配置,才能解决具体的大数据应用问题。未来在大数据索引和查询技术、实时/流式大数据存

储与处理技术方面将有更多研究。

3. 大数据计算模式与系统

所谓大数据计算模式,是指根据大数据的不同数据特征和计算特征,从多样性的的大数据计算问题和需求中提炼并建立的各种高层抽象或模型。传统的并行计算方法主要从体系结构和编程语言的层面定义了一些较为底层的并行计算抽象和模型,但由于大数据处理问题具有很多高层的数据特征和计算特征,因此大数据处理需要更多地结合这些高层特征考虑更为高层的计算模型。

大数据处理中主要的数据特征和计算特征维度包括:数据结构特征、数据获取处理方式、数据处理类型、实时性或响应性能、迭代计算、数据关联性、并行计算体系结构特征等。根据大数据处理多样性的需求和以上不同的特征维度,目前出现了多种典型和重要的大数据计算模式。为与这些计算模式相适应,出现了很多对应的大数据计算系统和工具,见表 1-1。

典型大数据计算模式汇总表

表 1-1

典型大数据计算模式	典型系统
大数据查询分析计算	HBase、Hive、Cassandra、Impala、Shark、Hana 等
批处理计算	Hadoop、MapReduce、Spark 等
流式计算	Scribe、Flume、Storm、S4、Spark Streaming 等
迭代计算	Hadoop、iMapReduce、Twister、Spark 等
图计算	Pregel、Graph、Trinity、PowerGraph、GraphX 等
内存计算	Dremel、Hana、Spark 等

近几年来,随着大数据处理和应用需求急剧增长,同时也由于大数据处理的多样性和复杂性,针对以上典型的大数据计算模式,学术界和业界将在以下 3 个方面不断研究和退出新的或改进已有的计算模式和系统工具平台,包括:主流的 Hadoop 平台改进后将与其他计算模式和平台共存,混合计算模式将成为满足多样性大数据处理和应用需求的有效手段,内存计算将成为高实时性大数据处理的重要技术手段和发展方向。

4. 大数据分析 with 挖掘

大数据环境下的分析和挖掘方法与传统的小样本统计分析有着根本的不

同,数据量的急剧膨胀,数据深度分析需求的增长,自动化、可视化分析需求的出现,都对技术研究提出了挑战。在数据分析计算方面,主要集中在大数据运算速度、分析方法和分析手段上。由于大数据的记录条数往往超过千万或亿的数量级,数据量达到上百个 GB 至 TB 级时,这样大的输入数据远远超出大多数服务器的内存,更不用说在单一服务器上用复杂的迭代或递归数据挖掘算法进行建模和挖掘,此时就需要用分布式计算来解决这个问题,提高大数据运算的速度。Hadoop 平台上的 Map-reduce 计算模型就实现了上述分布式算法。当前,许多常用的机器学习和数据挖掘算法都有了 Map-reduce 分布式版本,最流行的是 Apache 的 Mahout 开源系统,但其算法的执行效率还远远达不到 TB 级大数据的水平。设计适合大数据分析 with 挖掘分布式算法的新型计算模型是目前有待研究的重要问题。目前大数据分析与挖掘的另一个问题是分析方法和分析手段落后。当前普遍采用的数据挖掘建模方法是“样本—建模—测试”三步骤方法,建模的过程由算法自动完成,模型建好后,用户对模型进行测试,若结果不满意,则改变训练数据和算法参数,由算法自动产生新的模型。这种方法不适用于大数据分析,因为数据量大,算法建模的时间较长,多次重复建模步骤使计算成本和能耗加大。因此,必须研究新的大数据分析方法。

针对这些挑战,研究者提出了一些试验性的解决方法和途径,其中许多方法具有一定的实际应用价值。例如,针对传统分析软件扩展性差以及 Hadoop 分析功能薄弱的特点,IBM 公司的研究人员致力于对 R 和 Hadoop 进行集成。另有研究者实现了 Weka 和 MapReduce 的集成。还有开发者发起了 Apache Mahout 项目的研究。针对频繁模式挖掘、分类和聚类等传统的数据挖掘任务,研究人员也提出了相应的大数据解决方案。另有一些研究针对大规模图数据进行分析。

在数据分析与挖掘方面的研究由于与业务需求和应用场景关系紧密,因此多在起步阶段,还需要进行大量的应用研究。下一步将在更加复杂、更大规模的分析和挖掘、大数据的实时分析和挖掘、大数据分析和挖掘的基准测试等方面进行深入研究。

5. 大数据可视化分析

在大数据时代,数据的数量和复杂度的提高带来了对数据探索、分析、理解和呈现的巨大挑战。除了直接的统计或数据挖掘的方式,可视化通过交互式视觉表现的方式来帮助人们探索和解释复杂的数据。可视化能够迅速和有效地简化与提炼数据流,帮助用户交互筛选大量的数据,可视化所提供的洞察力有助于使用者更快更好地从复杂数据中得到新的发现,这使得可视化成为数据科学中不可或缺的重要部分。使大数据可视化,可改变建模的全自动过程,实现大数据建模人机交互,让专业分析人员的经验融入建模过程,通过人机交互获得优化模型。

目前大数据可视分析已经成为图形学和可视化领域的研究热点,大规模超高速数据可视化方法和技术还不多,数据挖掘模型和知识可视化研究也在起步阶段,可用的成果很少。未来将在原位分析、大数据可视化中的人机交互、协同与众包可视分析、可扩展性与多级层次问题、不确定分析和敏感性分析、可视化与自动数据计算挖掘、面向领域和大众的可视化工具库等方面进行更多研究。

6. 大数据隐私与安全

在大数据时代,传统的隐私数据内涵与外延有了巨大突破与延伸,隐私数据保护不力所造成的恐慌已不能由个人或团体承受,隐私数据保护技术面临更多的挑战。从本质上来说,大数据的安全与隐私问题就是在大数据时代,在兼顾安全与自由、个性化服务与商业利益、国家安全与个人隐私的基础上,从数据中挖掘其潜在的巨大商业价值和学术价值,并使其研究成果真正地服务于社会。大数据时代的安全与传统安全相比,变得更加复杂,尤其是对大数据分析需求较多的企业和团体,面临更多的安全挑战,如基于位置的隐私数据暴露严重、缺乏相关的法律法规保证、大数据的共享与隐私的矛盾、真实数据的动态性变化、多源数据的融合等,都是未来要面临的挑战。

目前在数据安全与隐私方面使用的方法包括:文件访问控制技术、基础设备加密技术、匿名化保护技术、加密保护技术、基于数据失真的技术、基于可逆的置换算法等。

随着大数据的不断发展和研究,数据的安全和隐私问题需要学术界、商业界以及政府部门的共同参与,需要形成有效的安全机制和国家法律法规来约束和保护大数据的安全隐私,从而保障大数据时代的健全、安全发展。

二、交通运输经济景气监测预警现状

经济周期波动是经济发展过程中长期存在的现象,一个周期包含大体相同时间内许多经济领域所发生的扩张,随后是总体的衰退、收缩和复苏,复苏又与下一周期的扩张相联结,这一系列的变化是循环的。早在 19 世纪末期,国外就已对经济周期波动进行测定和预测的定量研究,1988 年巴黎统计学大会上就出现了以不同色彩作为经济状态进行评价的论文,Alfred Fourille 以黑、灰、淡红和大红几种颜色,测定法国 1877 ~ 1887 年的经济波动。最具影响的是 W. M. Persons 开发研究的美国哈佛指数,该指数曾因为对 20 世纪 10 年代末期至 20 年代中期的经济波动作出正确预测而名噪一时,但后来因在 1929 ~ 1933 年大萧条之前作出错误预测而归于失败。哈佛指数的借鉴意义在于,用一组指标而非单个指标更为全面准确地反映经济运行的变动情况,以及为准确测定和分析经济周期波动,必须从经济变量的时间序列中剔除季节因素的影响。

早期对经济周期研究作出较大贡献的是经济统计学家 W. C. Mitchell 和 Athur F. Burns。Mitchell 在其长期研究发表的著作《Business Cycles》中详尽总结了自 20 世纪初到 20 年代中期经济周期波动测定与景气指数建立等方面的进展和成果,对运用景气指标监测宏观经济周期波动的问题进行了理论探讨,特别是详尽地讨论了利用经济变量的变动时差,超前反映经济波动的问题。这一系列研究对如今广泛应用的宏观经济检测方法产生了深远的影响。随后, Mitchell 和 Burns 在 1946 年出版的《Measuring Business Cycles》一书中系统详尽地讨论了一系列景气监测方法问题,涉及循环波动的检测分离、趋势调整、平滑技术等方面,并提出经济波动是一个在宏观经济系统中各部门间逐步“扩散”的过程,为开发具有较好信息综合能力的“扩散指数”打下了理论基础。

到 20 世纪 60 年代中期,人们已经意识到西方在 20 世纪 50 年代中期开始的经济高速增长也会带来各种弊端,经济的“过热”如同经济衰退一样也是应该避免的。为此,不少国家在其经济景气监测预警系统中进行了引进评价指标的尝试,试图对经济波动的不同状态给出相应的评价。1963 年,法国政府为配合第四个五年计划制订了“景气政策信号制度”,借助不同的信号灯颜色,对宏观经济作出简明、直观的评价。1966 年,日本经济企划厅在其经济白皮书中发布了“日本景气警告指数”,对正处于调整增长阶段的日本经济分别以红、黄、蓝等颜色给出评价。1970 年,联邦德国也由国会专家委员会编制了类似的警告指数。这样经济景气监测预警系统不仅能够指示景气动向,而且能以简明、直观的方式给出对经济状态的评价。这一功能的增加,尤其有利于广大厂商的经营决策。

进入 20 世纪 90 年代以后,景气指数方法的应用范围逐渐推广。美国开发了一些行业的景气指数,美国地质调查网(USGS)每月都会计算和发布金属工业指标的先行和一致指数,以及金属价格的先行指数,这些指数可以对初级非铁金属的价格指数上涨率的变化给出预期。在季节调整方法上,美国商务部普查局先后开发了 X-12 和 X-12-ARIMA 软件,给出了处理类似西方复活节、中国春节等公历日期在不同年份发生变化的移动假日影响的方法。

我国对经济周期波动的研究起步较晚,20 世纪 80 年代中后期得到很大发展,但在 90 年代后才受到普遍重视。目前,我国国内学者进行经济波动监测和预测的两种主要方法是结构性计量模型方法和经济景气指数方法。相对而言,结构性计量模型方法长于模拟分析政策工具变化的影响,经济景气指数方法长于预测经济运行的转折点。而我国以计量方法深入分析经济周期波动和宏观经济态势的成果还比较少,较少的定量分析也大多集中在经济总量分析上,能应用于实际工作部门的,对经济周期波动进行分析、监测、预测的模型非常少,所以亟须研究更有效的、多侧面反映经济周期波动的监测分析预测方法。

1988 年初,国家信息中心与吉林大学合作,开发研制了我国最早的经济景