

鲜食葡萄冷链运输 监测方法研究

刘 静 著

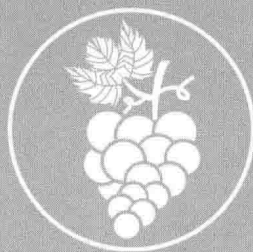


Monitoring Method on the Table Grape
Cold-chain Transportation

中国社会科学出版社

鲜食葡萄冷链运输 监测方法研究

刘 静 著



Monitoring Method on the Table Grape
Cold-chain Transportation

中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

鲜食葡萄冷链运输监测方法研究/刘静著. —北京: 中国社会科学出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-5161-5263-8

I. ①鲜… II. ①刘… III. ①葡萄—冷藏货物运输—监测—研究 IV. ①U

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 305712 号

出 版 人 赵剑英
责任编辑 卢小生
特约编辑 李舒亚
责任校对 朱妍洁
责任印制 王 超

出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号 (邮编 100720)
网 址 <http://www.csspw.cn>
中文域名: 中国社科网 010-64070619
发 行 部 010-84083635
门 市 部 010-84029450
经 销 新华书店及其他书店

印 刷 北京市大兴区新魏印刷厂
装 订 廊坊市广阳区广增装订厂
版 次 2014 年 12 月第 1 版
印 次 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16
印 张 8.75
插 页 2
字 数 152 千字
定 价 30.00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社发行部联系调换
电话: 010-84083683

版权所有 侵权必究

前 言

鲜食葡萄具有很高的经济价值,但其易腐性特点却直接影响了鲜食葡萄的品质和经济效益。2012年《中国统计年鉴》显示,我国鲜食葡萄种植规模和产量已位居世界第一,冷链运输是确保我国鲜食葡萄质量安全和经济效益的重要手段。目前,我国鲜食葡萄冷链运输的质量安全存在诸多问题,比如鲜食葡萄冷链运输技术和设施落后,大多数企业是将温度监测仪器置于车内,运输结束后人工将温度监测仪与电脑连接存储数据,以备查询;没有实现鲜食葡萄质量安全的可追溯,对冷藏车厢环境状态的动态监测评价不足,损害了生产者和消费者的利益等。这种管理滞后和运输监测技术落后状况,已经远远不能满足当今经济社会发展和人们生活水平不断提升的需求。因此,重构鲜食葡萄冷链运输质量安全体系,完成鲜食葡萄从田间到餐桌的全程监控,建设现代化的鲜食葡萄供应链,不仅可以提升我国鲜食葡萄生产与管理技术,提高葡萄种植的经济效益,而且还可以为我国早日实现从世界生鲜农产品生产大国转变为世界农产品产销强国的梦想打下坚实基础。

本书以鲜食葡萄为研究对象,采取理论分析与实证研究相结合、定性分析与定量分析相结合的研究方法,确保研究的科学性和可靠性。本书的研究整体上按照“参数辨识—参数获取—参数估计—状态预测”的思路进行,在数据融合方面按照“数据级融合—特征级融合—决策级融合”的层次进行。本书分四部分进行论述:第一部分(第二章)从鲜食葡萄品质变化机理出发,对影响鲜食葡萄品质的因素进行分析,对冷链运输过程需要监测的关键参数进行辨识,为后续研究的展开奠定基础;第二部分(第三章)基于热平衡理论分析冷藏车厢内温度场分布的空间差异性,基于多目标决策模糊物元法,对冷藏车厢内传感器的点位进行优化布置;第三部分(第四章)提出基于时间—空间数据融合算法的参数估计方法处理传感器采集的大量数据;第四部分(第五章)采用多变量灰色径向基

摘 要

鲜食葡萄属浆果类,具有易腐性,在运输过程中容易出现腐烂、褐变、干枝、掉粒等问题,造成经济损失。冷链运输是解决此问题的有效途径。冷链运输过程中,冷藏车厢环境状态决定鲜食葡萄贮藏期和货架期的长短,如何准确、实时、低成本地监测冷藏车厢环境参数是保障鲜食葡萄冷链运输顺利进行的关键。因此,开展鲜食葡萄冷链运输过程的智能化动态监测方法研究,确保冷链运输过程中监测参数的有效采集、传输与处理,对推动我国鲜食葡萄冷链运输业的高速发展有着重要意义。

基于此,本书以红地球葡萄为研究对象,以无线传感器网络技术、多传感器数据融合技术、灰色理论、神经网络理论等为数据获取和处理手段,结合保鲜技术、温度场分析方法等对鲜食葡萄冷链运输监测方法进行研究,主要结论如下:

第一,温度、相对湿度和二氧化硫体积浓度是影响鲜食葡萄运输品质的主要因素,是冷链运输需要监测的参数。冷藏车厢温度的空间差异性、货物的装载方式、开关门时间长短等是引起这些参数发生变化的主要原因。

第二,提出了多目标决策模糊物元法,实现了冷藏车厢内传感器布局的点位优化。结果表明,该方法能够在保证监测结果准确的前提下,使传感器数量从27个减少到7个,降低了冷链运输成本。采用统计分析方法和温度场分析法,验证了优化后传感器布局合理性。优化后传感器监测值具有95%以上的置信水平,优化前后温度场分布图相似率达到90%以上,达到冷链运输中既节约成本,又准确监测的双重要求。

第三,提出了时间—空间数据融合算法,对冷链运输监测值进行融合估计,实现了冷藏车厢环境状态的准确反映。结果表明,时间—空间数据融合算法可以利用修正方差自适应调节各组传感器的修正因子,削弱较大误差对监测结果的影响,融合精度要优于分批估计法和算数平均法,处理

后的结果能够更准确地反映冷藏车厢内的环境状态。

第四,提出 MGM-RBF 神经网络预测模型,能够对冷藏车厢环境状态进行准确预测。结果表明,均方根相对误差为 0.60%,平均相对误差为 0.44%,明显优于单一的 MGM 预测和 RBF 神经网络预测。基于统计过程控制理论对冷藏车厢温度进行判异,定义了三种预警模式,对比固定阈值法能够明显减少误警或者频繁报警现象,提高了报警的准确度,实现了分类、分级、分层次报警目的。

第五,从关键参数的辨识、参数的获取、参数的估计以及状态预报等方面对鲜食葡萄冷链运输过程展开研究,形成了一套高效实用的冷链运输动态监测方法。

关键词: 监测 鲜食葡萄 冷链运输 数据融合 神经网络

Abstract

The phenomenon of decay, browning and decay is easy to appear during the table grape transportation, which causes no little financial loss. Cold – chain transportation is an effective measure to prevent those problems. At present, the cold – chain transportation construction is still in initial stage in china. It is urgent to conduct a research on the intelligent monitoring technology of cold – chain transportation to complete data collection and processing. The way guarantees the quality of the table grapes and promotes the rapid development of table grapes cold – chain transportation.

In the paper, red globe grape was chosen as the research object. Wireless sensor network, multi – sensor data fusion technology and neural network theory were used for data acquisition and processing method combined with the preservation technology to guarantee the security of table grapes cold – chain transportation. By means of investigation research, emulation and simulation, some methods were put forward. Main conclusions were as follows:

(1) Temperature, relative humidity, and volume concentration of sulfur dioxide are the main factors influencing the quality of table grapes transportation, and the three factors were chosen as the the main monitoring parameters in the cold – chain transportation. Spatial difference of temperature and operation nonstandard were the main reasons for those factors changes.

(2) Multi – objective fuzzy matter element analysis method was put forward to optimize the sensor quantity. 27 sensors was reduced to 7 in the refrigerator car, which reduced the cold – chain transport costs. The statistical analysis method and the temperature field analysis were applied to validate the rationality of the optimization algorithm. Results possessed more than 95% of confidence level.

(3) A new data fusion method based on time - space data fusion theory was investigated to multi - sensor data processing. The mentioned algorithm could gradually reduce the influence of sensors with poor precision by means of introducing correction factor into the weighting coefficient, which took advantage of the variance of the single - sensor fusion data and the final fusion data to adaptively adjust the weights of each sensor, and by means of multi - step fusion, gradually weakened the influence of some sensors with larger errors on fusion accuracy. Experimental results showed that the proposed algorithm outperforms traditional method.

(4) MGM - RBF neural network predictive model was put forward to predictive the refrigerator compartment temperature. Results showed that mean square relative error was 0.60% and average relative error was 0.44% , that were superior to single MGM arithmetic and RBF neural network prediction arithmetic. Based on the theory of statistical process control, three early - warning modes were defined. Compared with the fixed threshold method, the proposed algorithm had a less false - alarm rate.

(5) Monitoring research involved four dimensions: key parameters identification, parameters acquisition, parameters estimation and parameters forecast. Those formed an efficient and practical method for cold - chain transportation dynamic monitoring.

Keywords: Monitoring; Table Grapes; Cold - chain Transpotation; Data Fusion; Neural Network

目 录

第一章 绪论	1
第一节 问题提出与研究意义	1
一 鲜食葡萄具有很高的经济价值,其质量问题已经引起人们的广泛关注	1
二 易腐性是影响鲜食葡萄品质的关键因素,冷链运输是确保鲜食葡萄质量和经济效益的重要手段	1
三 加快鲜食葡萄冷链运输监测方法的研究既是农产品质量安全可追溯体系的要求,也是冷链运输监测技术发展的要求	1
四 集成无线传感网络与人工智能技术是智能化冷链运输发展的必然趋势	2
五 研究基于无线传感网络的鲜食葡萄冷链运输监测方法,保证鲜食葡萄冷链运输过程的安全性、透明性和高效性	2
第二节 文献综述	2
一 国内外冷链发展研究现状	2
二 农产品冷链监测发展研究	5
三 农产品品质衰变机理和品质变化建模研究	12
四 文献评述	13
第三节 研究目的、内容和技术路线与特色	14
一 研究目的	14
二 研究内容	14
三 技术路线	15
四 研究方法	16
五 研究特色与创新点	17

第二章 鲜食葡萄冷链运输监测参数辨识	18
第一节 鲜食葡萄冷链运输过程分析	18
一 鲜食葡萄冷链运输的特性	18
二 鲜食葡萄运输方式	19
三 冷链运输装备	20
四 冷链运输包装形式	24
第二节 冷链运输过程中鲜食葡萄品质变化因素分析	26
一 温度对鲜食葡萄冷链运输品质的影响	27
二 相对湿度对鲜食葡萄冷链运输品质的影响	31
三 保鲜技术对鲜食葡萄冷链运输品质的影响	32
四 其他因素对鲜食葡萄冷链运输品质的影响	34
第三节 鲜食葡萄冷链运输监测关键参数与阈值的确定	34
一 鲜食葡萄冷链运输监测的关键参数	34
二 阈值的确定	34
第四节 本章小结	36
第三章 鲜食葡萄冷链运输监测参数采集	37
第一节 冷藏车厢多传感器监测需求分析	37
一 冷藏车厢温度场分布的空间差异性	37
二 单传感器监测的局限性	40
第二节 鲜食葡萄冷链运输数据采集设备的比较与选择	41
一 温湿度传感器	41
二 二氧化硫体积浓度传感器	42
第三节 冷藏车厢传感器布点优化	43
一 鲜食葡萄冷藏车厢监测点位优化原则	43
二 传感器点位优化方法比较	43
三 基于多目标决策模糊物元法的传感器点位优化模型	44
第四节 情景设计与优化结果	47
一 情景设计	47
二 数据获取方案	48
三 优化结果	50

第五节 优化结果验证	52
一 采用统计检验方法对优化结果进行验证	52
二 采用图像相似度比较法分析冷藏车厢温度场	55
第六节 本章小结	59
第四章 鲜食葡萄冷链运输监测参数估计	60
第一节 基于多传感器的鲜食葡萄冷链运输监测数据 融合框架	60
一 鲜食葡萄冷链运输监测参数估计的需求分析	60
二 鲜食葡萄冷链运输监测数据的融合层次	61
三 常用数据融合方法对比	62
第二节 冷链运输监测时间—空间融合模型概念设计	63
一 监测参数的时间序列分析	63
二 监测参数的空间序列分析	64
三 冷链运输监测时间—空间数据融合模型	65
第三节 基于时间—空间数据融合的参数估计模型设计	65
一 时间—空间数据融合算法	66
二 算法流程	68
第四节 模型验证	69
一 数据来源	69
二 结果评价	70
第五节 本章小结	72
第五章 鲜食葡萄冷链运输预警模型的构建	74
第一节 鲜食葡萄冷链运输监测系统整体构架	74
一 鲜食葡萄冷链运输监测系统流程	74
二 预警方法比较	75
三 鲜食葡萄冷链运输预警算法流程	78
第二节 鲜食葡萄冷藏车厢环境预测模型的建立	79
一 多变量灰色预测模型 MGM (1, n)	79
二 径向基神经网络模型	81
三 灰色径向基神经网络预测模型的互补性	82

四 基于 MGM - RBF 神经网络预测模型的参数预测	83
第三节 鲜食葡萄冷藏车厢环境报警模型的建立	85
一 统计过程控制技术	86
二 冷链运输监测控制图判异准则	87
三 基于控制图判异准则的预警模式的建立	89
四 报警算法流程	91
第四节 情景设计	92
第五节 结果分析	93
一 预测结果	93
二 结果评价	99
第六节 本章小结	101
第六章 结论与展望	103
第一节 研究结论	103
第二节 展望	104
参考文献	105

Contents

Chapter 1	Introduction	1
1.1	Problems posing and research meaning	1
1.2	Literature review	2
1.3	Research purpose, content, technical route and characteristics	14
Chapter 2	Monitoring parameter identification of the table grape cold – chain transportation	18
2.1	Analysis of the table grape cold – chain transportation process	18
2.2	Factors affecting the table grape quality during the cold – chain transportation	26
2.3	Determination of key parameters and threshold	34
2.4	Summary	36
Chapter 3	Monitoring parameter collection of the table grape cold – chain transportation	37
3.1	Demand analysis of the multi sensor monitoring in the refrigerated compartment	37
3.2	Comparison and selection of data acquisition devices	41
3.3	Optimal sensor layout in refrigerated compartment	43
3.4	Scene design and optimization results	47
3.5	Result verification	52

3.6	Summary	59
Chapter 4	Monitoring parameter estimation of the table grape cold – chain transportation	60
4.1	Data fusion framework based on multi sensor monitoring of the table grape cold – chain transportation	60
4.2	Conceptual design	63
4.3	Model design	65
4.4	Model verification	69
4.5	Summary	72
Chapter 5	Construction of early – warning model for the table grape cold – chain transportation monitoring system	74
5.1	Whole framework of the early – warning model	74
5.2	Establishment of prediction model for the table grape cold – chain transportation	79
5.3	Establishment of alarm model for the table grape cold – chain transportation	85
5.4	Scenario simulation	92
5.5	Results analysis	93
5.6	Summary	101
Chapter 6	Conclusion and prospect	103
6.1	Conclusion	103
6.2	Prospect	104
References		105

图目录

图 1-1	技术路线	15
图 2-1	鲜食葡萄物流流程	18
图 2-2	冷链运输制冷机组的安装方式	21
图 2-3	单温区冷藏车厢结构与气流循环示意（进风口位于 车厢前壁上部中间位置）	21
图 2-4	单温区冷藏车厢结构与气流循环示意（进风口位于 车厢前壁下部中间位置）	22
图 2-5	冷板冷藏车温度分布和气流走向示意	23
图 2-6	多温区冷藏车厢与空气循环示意	24
图 2-7	多温区冷藏车气流组织示意	24
图 2-8	鲜食葡萄冷链运输包装形式	25
图 2-9	塑料箱内外温度差	26
图 2-10	鲜食葡萄品质变化机理	27
图 2-11	货物堆码示意	28
图 2-12	气流循环模式	29
图 2-13	气流短路前后冷藏车内温度示意	29
图 2-14	开关门操作对车厢内温度变化影响示意	30
图 2-15	开关门操作导致车厢内湿度变化示意	32
图 3-1	冷藏车厢内部气流循环示意	39
图 3-2	冷库俯视和侧视结构	48
图 3-3	传感器的放置	48
图 3-4	优化前传感器节点在冷藏车厢的布局	49
图 3-5	综合关联度散点	51
图 3-6	优化后传感器节点在冷藏车厢的布局	51
图 3-7	正态分布	53

图 3-8	鲜食葡萄冷链运输过程冷藏车厢环境数据	55
图 3-9	优化后冷藏车厢内温度场分布	56
图 3-10	优化前冷藏车厢内温度场分布	57
图 3-11	优化前后温度场分布相似度检验	58
图 4-1	多传感器数据融合系统的一般模型	62
图 4-2	时间序列模型	64
图 4-3	等速率采样示意	64
图 4-4	时间—空间数据融合算法结构	67
图 4-5	时间—空间数据融合算法流程	68
图 4-6	传感器节点部署	69
图 4-7	时间—空间数据融合算法与分批估计算法融合 结果对比曲线	70
图 4-8	时间—空间数据融合算法与分批估计算法平均 均方误差对比曲线	71
图 4-9	算术平均值算法与时间—空间数据融合算法 融合结果对比曲线	72
图 5-1	鲜食葡萄冷链运输监测流程	75
图 5-2	鲜食葡萄冷链运输预警算法整体流程	78
图 5-3	RBF 神经网络结构	81
图 5-4	RBF 神经网络工作原理	82
图 5-5	混合补偿式灰色神经网络	84
图 5-6	MGM-RBF 神经网络模型残差训练过程	84
图 5-7	冷藏车厢环境 MGM (1, 3) 预测模型计算步骤	85
图 5-8	控制图 $\pm 3\sigma$ 模型	86
图 5-9	冷藏车厢内温度变化趋势	87
图 5-10	安全模式	89
图 5-11	关注模式	90
图 5-12	报警模式	90
图 5-13	报警算法流程	91
图 5-14	实验情景	92
图 5-15	冷链运输过程	93
图 5-16	MGM 预测过程平均百分比绝对误差	95

图 5 - 17	MGM - RBF 神经网络误差训练曲线	96
图 5 - 18	拟合数据残差曲线	97
图 5 - 19	第 191—200 组残差预测曲线	98
图 5 - 20	三种模型预测结果对比	98
图 5 - 21	MGM - RBF 预测与 RBF 预测训练误差对比曲线	99
图 5 - 22	预警结果	100