

基于物联网的草牧业管理决策系统在呼伦贝尔农垦的应用

孙丙宇, 贾秀芳*, 黄河, 魏圆圆, 周林立, 方薇, 严曙

中国科学院合肥智能机械研究所, 合肥 230031

* 联系人, E-mail: xfjia@iim.ac.cn

2017-11-06 收稿, 2018-01-06 修回, 2018-01-08 接受, 2018-03-28 网络版发表

国家自然科学基金(61773360, 31671586)资助

摘要 我国大中型草牧场目前普遍存在三方面的问题: 管理粗放, 无法科学合理地进行农牧业生产安排; 缺乏市场信息指导生产计划, 不能适应市场实际需求; 市场信息不对称、高品质产品卖不出高价格、无法定向定量生产和销售. 本文以呼伦贝尔农垦集团现代草牧业生产过程为案例, 设计了基于物联网的现代草牧业精准生产管理指挥决策系统解决方案. 该方案由大数据云计算平台、草牧业生产管理决策信息系统、草牧业精准作业技术与装备系统、电子商务和全程追溯系统四部分组成. 从优化草牧业种植结构, 实施“减施增效”施肥方案, 确定产品销售品种与区域, 协调调度人员、设备、物资、农机等生产要素等方面指导草牧业生产全过程, 从而全面提升呼伦贝尔农垦集团信息化水平, 最终助力现代草牧业生产模式转型升级. 该管理决策系统对全国草牧业的生产管理均有借鉴作用.

关键词 草牧业, 决策系统, 信息化, 智能化, 大数据

长期以来, 草牧业生产活动面临着中大型草场脆弱的生态环境, 粗放式的农业耕作模式造成了草原生态的破坏, 种、肥、水、药的不当利用导致大面积土壤的退化污染, 不受节制的过度放牧引起草场的生产力下降等问题. 草原地区的可持续发展受到了严重威胁. 鉴于此, 近年来, 国家及各部委逐步加大了对现代草牧业发展的重视. 2015年, 中央一号文件首次确定了草牧业在促进我国“粮-经-饲”三元种植结构协调发展中的关键作用. 2016年1月, 在印发的《关于促进草牧业发展的指导意见》中指出, 以持续发展草牧业科学为主线, 坚持“生产生态有机结合、生态优先”的基本方针, 创新构建制度、技术和组织方式, 着力提升保护草原建设水平, 实现生态发展稳步向好, 为农牧业的可持续发展提供保障.

为了对草地生态环境进行保护、恢复和合理利

用, 增强现代草牧业的生态功能, 方精云等人^[1,2]提出“以小保大”原理: 利用不多于区域面积10%的土地(水热条件良好)中优质耕地建设集约化人工草地, 充分发挥其功能, 保障畜牧业可持续发展所需的饲草料, 减少对草地生态环境的压力. 为此, 如何通过智能决策的方法优化草牧业种植种类、规模; 实施减施增效的施肥方案; 确定产品销售品种以及区域; 对人员、设备、物资、农机等生产要素进行管理优化调度等全产业链设计是我国生态草牧业发展亟待解决的关键问题.

1 现代草牧业科学生产的研究现状

我国草地面积约占国土总面积的41%以上^[3], 然而长期以来我国农业上“以粮为纲”和“重农轻牧”的偏颇思想导致我国的草地资源退化, 草牧业发展严

引用格式: 孙丙宇, 贾秀芳, 黄河, 等. 基于物联网的草牧业管理决策系统在呼伦贝尔农垦的应用. 科学通报, 2018, 63: 1703–1710

Sun B Y, Jia X F, Huang H, et al. Decision-making and management system based on internet of things for Hulun Buir State Farm (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 1703–1710, doi: 10.1360/N972017-01156

重滞后。20世纪末,我国开始逐步调整草原的功能定位,从以生产优先阶段到以生产生态并重阶段。从2011年开始草原的功能定位进一步调整为生态优先的发展方向。先后实施了退耕还林(草)政策、京津风沙源治理工程、退牧还草工程、西南岩溶地区草地治理试点工程、草原生态保护补助奖励机制政策等重大项目措施。长期掠夺式地开发利用被及时阻止,草原生态持续恶化的趋势得到初步遏制。草牧业生态保护工作尽管已经取得了初步成效,但由此而引起的季节性和区域性饲草料不足问题均未得到很好的解决,影响了牛羊等食草牲畜的养殖能力^[4]。

目前生产方式比较粗放,仍然停留在传统管理的模式上,缺乏科学生产管理是我国牧草单位面积产量不高的一个主要原因。一些科研院所、大专院校以及企业进行了一系列相关领域的研究。例如,横店集团草业有限公司是首批将现代信息科学技术导入草牧业产业化研究和开发中的企业,全面实施了牧草生产的机械化、集约化、自动化和信息化管理^[5]。以“3S”技术为手段^[6,7],利用全球定位系统(global positioning system, GPS)进行定点观察,遥感(remote sensing, RS)进行图像的分类,地理信息系统(geographic information system, GIS)对数据进行汇总、分析和应用研究,在原有调查资料的基础上,获取草地资源现状数据信息,精准实施施肥措施、种类以及数量,进行资源优化配置与开发利用研究,从而为发展生态经济型高效草牧业提供必要的决策依据。苜蓿作为“牧草之王”,将精准农业技术应用于苜蓿产业化生产中,科学合理的施肥技术可提高苜蓿的产量及品质,这样的生产方式不仅提高经济效益而且保护了生态环境^[8]。孙启忠等人^[9]提出未来10年我国苜蓿产业发展的突出重点:着力推动苜蓿科技创新基地建设,具体而言,需要加强苜蓿资源管理的数字化、生产中的精准化和装备的智能化等关键技术。其次,现代草牧业所面临的病虫害是牧草单位面积产量不高的另一原因。利用专家系统知识进行防治的应用已初见成效^[10,11],张奔等人^[12]开展了苜蓿害虫综合管理技术体系的研究。“3S”技术获取苜蓿病虫害的相应知识,既利用了人工获取方式的优点,同时结合了“3S”技术的空间优势,更加有利于知识库知识的增加和及时更新,大大降低了人力和物力的耗费,从而提高了苜蓿病虫害诊断的准确性^[13]。

我国现代草牧业的科学发展尽管取得了一定的

成效,但也面临如下问题:首先,大中型草场面积较大,人工方式进行信息的获取往往无法准确地获得牧区整体的畜牧情况,导致无法科学、合理地进行草牧业生产安排,这不但增加了牧场的生产成本和养殖风险,而且也可能对草场的生态环境造成破坏。其次,对草牧业生产过程中从地块到草产品的科学指挥决策体系尚未形成完整的链条,同时也未将成果在我国大中型草牧场进行广泛地实施和推广,所以其很难发挥实际应用价值。最后,农牧场生产计划缺乏市场信息指导,不能适应市场实际需求进行制定,导致生产与市场需求脱节、高附加值产品卖不出高价格、无法定向定量生产和销售、市场信息不对称等问题。

2 现代草牧业科学发展的对策

近年来,本项目组与内蒙古呼伦贝尔农垦集团合作,针对从根本上解决草畜矛盾的“以小保大”草牧业生产理念,提出相应的解决方案,即试验田的“英明指挥官”——生产决策指挥系统,如图1所示。

具体是指基于卫星、无人机遥感数据、农业传感器数据、历史统计数据、农业气象数据、农机数据、

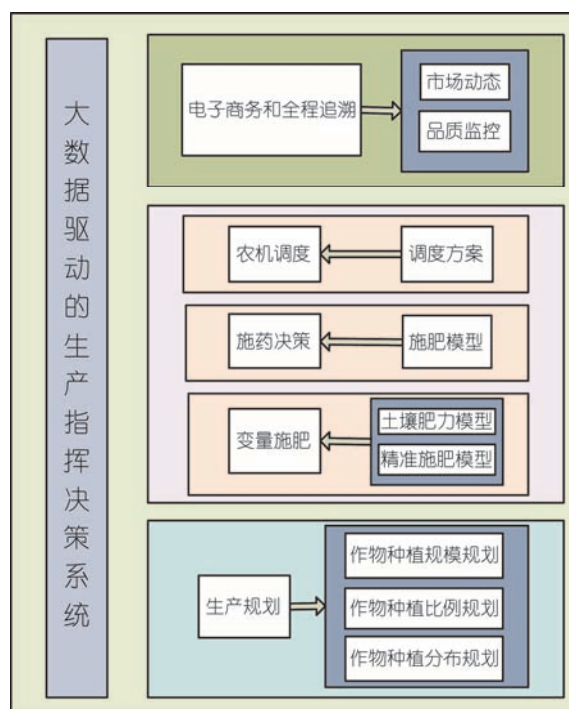


图1 大数据驱动的生产指挥决策系统

Figure 1 Production command decision system of big data

奶牛场数据等,按照“横向到边,纵向到底”的原则,对呼伦贝尔农垦集团的整体情况进行动态可视化展示。其中,横向到边是指可以获取每个集团、每个分局、每个农场用户以及生产队用户的数据信息;纵向到底是指可以获取到每一块农田作物、每一台农机、每一头奶牛的最新信息,并依据获取的农业大数据做出相应的决策方案。

系统根据采集到的基础地理信息数据、气象记录、表层土壤肥力分布、土壤墒情、作物病虫害、作物长势等农业大数据,通过云计算、深度学习等手段,科学规划作物种植规模、比例和分布;针对性地给地块“开处方”,做到精播精施,精确应对病虫害并实施相应的施药方案,精准地估产,合理的农机调度等草牧业生产过程中的科学决策;追溯草牧业产品生产源头、运输、仓储等流程,产品价格也有望与质量相匹配,达到优质优价。最终全面提升大型草牧业生产管理的信息化水平,实现大数据驱动的草牧业生产模式的转变升级。把呼伦贝尔优美生态环境放在首位,使经济效益、生态效益和社会效益相协调。

2.1 大数据和云计算

围绕大规模、类型丰富、高价值的草牧业大数据特点,建立较完善的关于草牧业大数据获取、管理与服务的理论方法和技术体系;以云计算技术为核心,建设大数据中心硬件平台,并以农业垂直搜索引擎、

农业云数据管理、农业知识本体等关键技术为支撑,处理PB(Petabyte)级草牧业数据资源,并开展大数据智能服务。具体如下。

(i) 大数据中心硬件平台建设。基于云计算、虚拟化、并行处理等一系列大数据存储和处理技术,建立物联网农业生产调度云平台,完成牧场生态环境数据采集系统的研发、调试、安装、生产过程和生产业务数据记录软件的开发,并利用云计算技术初步地完成对这些数据的处理和展示。完成生产指挥调度中心的建设、让其初步具备数据展示和生产调度的功能,从而为农垦集团用户提供方便、灵活、高效、价格低廉和高质量的服务奠定基础。通过构建大屏幕显示系统,形成一套功能完善、技术先进的信息显示管理控制系统。该显示屏可以展示历年来积温、降雨量等数据,监测土壤数据、草牧产品电商情报数据、草牧产品供求趋势数据、草牧产品价格数据等。

(ii) 草牧业大数据的获取与集成。对异构、海量、多尺度相关数据进行融合、共享,建立农牧场生产网络分布图,草牧业相关农产品仓储物流企业网络分布图,草牧业相关农产品销售企业网络分布图等基础数据库以及遥感监测数据、数字农田地理信息数据、农业网络数据、植保、农业气象、测土配方施肥等草牧业支撑数据库建设(图2)。

(iii) 云数据管理与智能服务。开发云数据安全与云数据管理系统,实现PB(Petabyte)级数据的高效

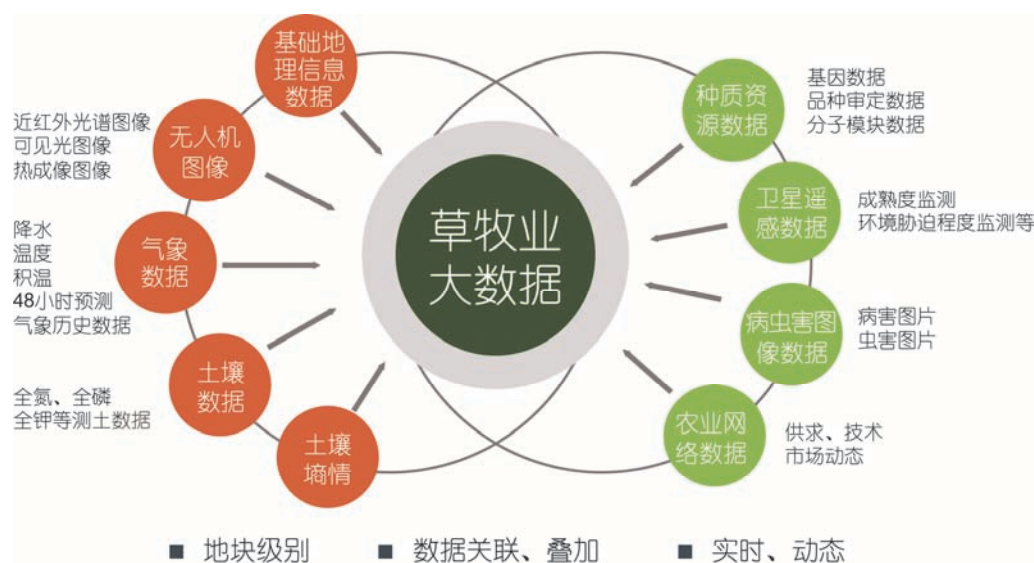


图2 草牧业的大数据获取框架图

Figure 2 Frame diagram of acquiring big data in grasslands and animal husbandry

管理、恢复与安全认证,并利用分布式并行技术,开展草牧业广告精准推送、草牧业相关衍生产品市场趋势预警、价格趋势时空数据分析、价格传导分析等草牧业大数据智能服务。

2.2 草牧业生产管理决策信息系统

按照“横向到边、纵向到底”理念,针对呼伦贝尔农垦集团的组织架构和生产管理模式,开发“呼伦贝尔农垦农业生产管理决策信息系统”。通过构建数据仓库,对历年/当年积温数据、历年/当年降雨量数据进行对比;监测土壤数据:土壤温湿度、电导率及盐分为草牧业生产提供精准的土壤环境参数、安装视频监控点进行适时地获取信息;同时,对草牧产品电商情报进行分析、草牧产品供求趋势数据进行分析、草牧产品价格数据等草地资源信息进行分析处理,开发相关功能模块,对草地空间进行规划,以便更加科学、高效、便捷和合理地利用和管理草地资源,实现功能如下。

(i) 农垦农业生产管理信息系统。通过构建数据仓库、开发相关功能模块,实现农垦集团各级机构的基本信息管理;农业生产过程中农垦集团各环节的档案记录、田间调查、农事活动记载、病虫害、灾情上报等各级上报数据通过软件进行记录并汇总分析。

(ii) 生产决策数据管理。农垦集团(分局)管理者可以随时掌握各大农场乃至下辖生产队的生产现

状,根据所提供的数据决策分析的人员调动、农机调度、牧场的种植以及种植规模的规划等,从而实现科学、便捷、高效的生产管理方式,提升呼伦贝尔农垦集团农业生产管理的信息化水平。

2.3 草牧业精准作业技术与装备体系

基于牧草产量信息、卫星与无人机遥感数据以及农田土壤养分实测数据,获取农田肥力空间变异性信息、决策生成农田施肥处方图;作业过程中实时获取GPS数据并读取施肥处方图数据,通过变量施肥控制系统及其装备实现精准施肥作业。其实现的功能如下。

(i) 精施决策优化方案。大规模土壤肥力建模与精准变量施肥决策采用深度学习算法、模糊神经网络、微粒群算法等智能算法对模型知识库进行分析挖掘,建立可实时更新的精施决策优化方案(图3)。

(ii) 精准施肥作业按需投入。变量施肥控制器通过接受嵌入式车载控制终端系统的施肥量命令,换算成对伺服电机位置的精确调节,同时向车载控制系统返回施肥调节的状态信息,结构如图4所示。

精准施肥按需投入方案是利用施肥决策信息以处方图的形式存入到车载控制终端内存卡中,实现变量施肥。车载控制终端根据实时接收的GPS经纬度信息查询处方图中的施肥量,并发送控制施肥量的命令,控制变量施肥器完成施肥作业过程中的按需投入。



图3 肥力分布图

Figure 3 Chart of soil fertility distribution

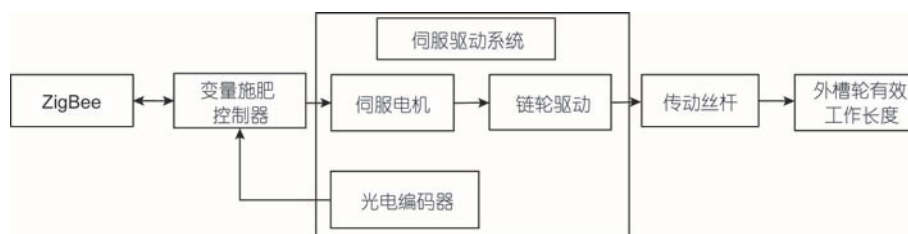


图4 变量施肥控制器

Figure 4 Variable fertilization controller

2.4 电子商务和全程追溯系统

草业以及衍生产品商场与贸易日臻成熟,草业商务电子平台可以完善地提供商家对商家、商家对个人、个人对厂家的电子商务服务;未来每一批草以及衍生产品都能通过追溯系统确保质量数量,确保客户利益,从而做到“生产有记录、流向可追踪、质量可追溯、责任可界定”。

本系统利用电子商务的网络营销手段充分展示其全程可追溯概念,以期实现对农垦产出的农产品知名度提升、用户消费黏性增高、销售范围的扩充、销售数量的增长。具体地,基于大数据支撑层,通过信息主动汇聚、主动对接、精准推送技术、商务竞争情报智能分析技术,深层挖掘用户潜意识的消费信息和市场信息,协助农垦根据市场行为和导向的变化进行销售管理的计划制定、调整、辅助商务决策分析;数据可视化和调度优化技术。主要实现功能如下。

(i) 电子商务与网络营销。该系统可以使农垦

集团将线上、线下数据结合并进行综合管理统计、智能分析,达到辅助生产计划制订、根据订单和市场预测改善电商和线下的经营渠道与营销模式的目的,以此提高草牧产品的价值(图5)。

(ii) 全程可追溯技术。基于物联网+的草牧业附加值产品全程可追溯技术增加了附加产品从田间到餐桌各个环节的透明度,提供给企业展示优良产品的窗口,打造绿色安全的高端品牌。通过生产决策指挥体系有效地帮助生产者进行附加产品生产过程中每一阶段的溯源和决策,提升产品附加值的同时保证草牧产品质量安全(图6)。

3 结论与展望

本文介绍了基于物联网的草牧业管理决策系统在呼伦贝尔农垦的应用顶层设计方案,包括草牧业建设科学规划、草牧业精细生产智能决策、农产品全程质量追溯与主动电商等核心功能,全面提升垦区

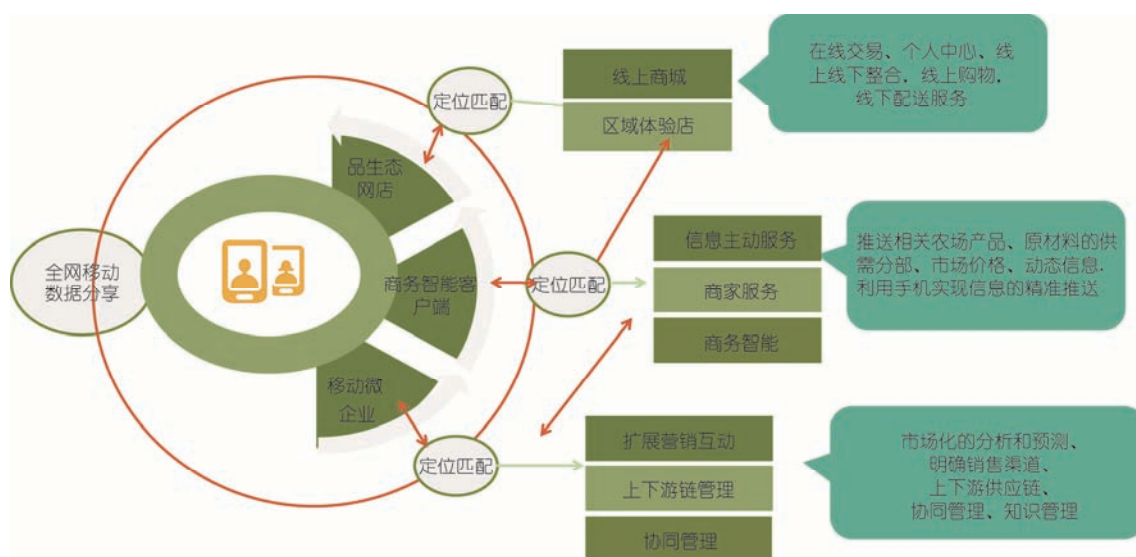


图5 电商体系结构

Figure 5 E-commerce architecture

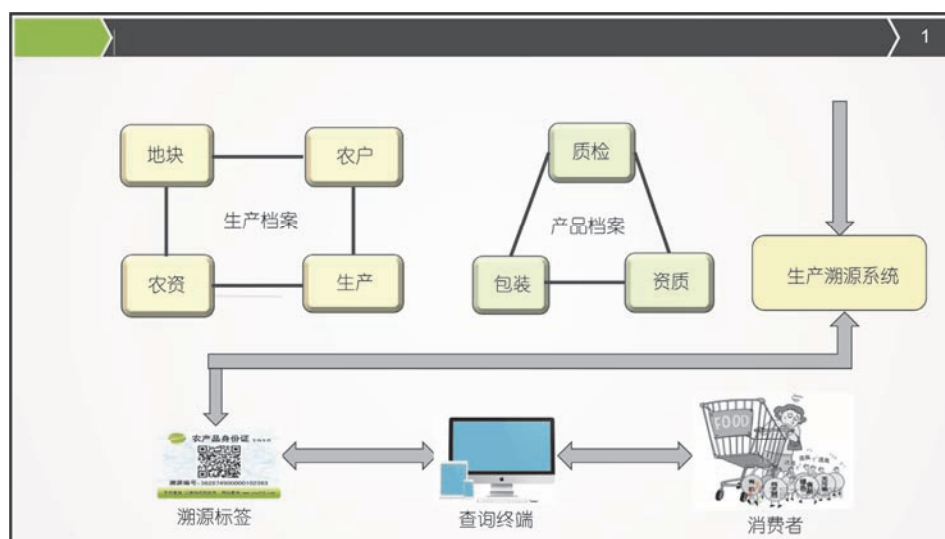


图6 质量追溯流程

Figure 6 Quality traceability flow chart

草牧业信息化水平,助力垦区农牧业生产模式转变升级。该成果虽然已经在呼伦贝尔农垦集团的谢尔塔拉农牧场和特泥河农牧场进行实施并取得了初步的成效,但由于数据收集不完善导致生成的施肥处方图不够准确,施肥过程中仍需用户具备一定的经验进行人工知识干预。将来利用大数据和深度学习技术对牧草病虫害进行预测等需要关注的问题,将进行更进一步的研究。

(i) 施肥处方图的生成。融合多年的土壤养分数据、牧草产量数据、卫星或无人机遥感信息,进行更准确的土壤养分、产量数据以及遥感信息的空间和时间分布分析,生成更加准确的施肥处方图。

(ii) 精准施肥控制系统的改进。设计完备的软件系统,在用户导入土壤和牧草产量数据后,可以自动进行数据处理并生成土壤养分和产量空间分布图,根据牧草生长模型以及专家系统知识,自动进行网格划分并生成变量施肥处方图,无需用户拥有专业知识进行干预,使得软件系统尽量达到智能化和自动化。

(iii) 大数据驱动的植保系统。通过移动互联、人工智能、传感器等技术的集成创新,基于气象、作物品种、作物生长环境、病虫害信息、防治措施构建知识模型,分析病虫害发生的时空动态及规律,预测病虫害发生的趋势,同时给出病虫害的发生分布图。

参考文献

- 1 Fang J Y, Pan Q M, Gao S Q, et al. "Small vs. large area" principle: Protecting and restoring a large area of natural grassland by establishing a small area of cultivated pasture (in Chinese). *Pratacul Sci*, 2016, 33: 1913–1916 [方精云, 潘庆民, 高树琴, 等. “以小保大”原理: 用小面积人工草地建设换取大面积天然草地的保护与修复. *草业科学*, 2016, 33: 1913–1916]
- 2 Fang J Y, Bai Y F, Li L H, et al. Scientific basis and practical ways for sustainable development of China's pasture regions (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2016, 61: 155–164 [方精云, 白永飞, 李凌浩, 等. 我国草原牧区可持续发展的科学基础与实践. *科学通报*, 2016, 61: 155–164]
- 3 Wang Y Z, Dai L X, Liu X Y, et al. Discussion of the grassland situation and approach of ecological restoration in China (in Chinese). *Pratacul Anim Husb*, 2007, 5: 29–32 [王银柱, 戴良先, 刘晓英, 等. 我国草原现状及其生态恢复途径初探. *草业与畜牧*, 2007, 5: 29–32]
- 4 Li X Y, Sun Y. Understanding for grasslands and animal husbandry (in Chinese). *China Herbiv*, 2016, 36: 65–69 [李新一, 孙研. 对草牧业的理解与认识. *中国草食动物科学*, 2016, 36: 65–69]
- 5 Cheng B, Li J Q. Application of "precision agriculture" in forage planting (in Chinese). *Anim Husb China*, 2004, 4: 72–73 [程波, 李坚强. “精准农业”在牧草种植中的应用. *中国畜牧业*, 2004, 4: 72–73]

- 6 An S Z. 3S technology provides decision basis for grass and livestock production (in Chinese). Chin New Technol Prod, 2010, 23: 264 [安沙舟. 3S 技术为草牧业生产提供决策依据. 中国新技术产品, 2010, 23: 264]
- 7 Bai Y T, Wei Z J, Liu W T, et al. Study on fertilization of grassland and existing problems (in Chinese). Grassland Pratacul, 2016, 28: 7-12 [白玉婷, 卫智军, 刘文昌, 等. 草地施肥研究及存在问题分析. 草原与草业, 2016, 28: 7-12]
- 8 Liu Y M, Lou J H. Study on the application of precise agriculture in the production of alfalfa industry (in Chinese). J Jilin Agric Sci Technol College, 2008, 17: 30-32 [刘艳梅, 娄金华. 精准农业在苜蓿产业化生产中的应用研究. 吉林农业科技学院学报, 2008, 17: 30-32]
- 9 Sun Q Z, Yu Z, Ma C H, et al. Achievements of the alfalfa industry in last decade and priorities in next decade in China (in Chinese). Pratacul Sci, 2013, 30: 471-477 [孙启忠, 玉柱, 马春晖, 等. 我国苜蓿产业过去 10 年发展成就与未来 10 年发展重点, 草业科学, 2013, 30: 471-477]
- 10 Liang T G, Chen Q G, Ren J Z. Expert systems for pratacultural development in Gansu Province (in Chinese). Acta Pratacul Sin, 2002, 11: 1-3 [梁天刚, 陈全功, 任继周. 甘肃省草业开发专家系统的结构和功能. 草业学报, 2002, 11: 1-3]
- 11 Gu Y R, Zhang G F, Meng L. Construction of expert system for diagnosis and control of diseases and insect pests in alfalfa (in Chinese). Grassland Turf, 2005, 5: 60-63 [谷艳蓉, 张国芳, 孟林. 苜蓿病虫草害诊断与防治专家系统的构建. 草原与草坪, 2005, 5: 60-63]
- 12 Zhang B, Zhou M Q, Wang J, et al. Species checklist and research status of alfalfa insect pests reported in China (in Chinese). Pratacul Sci, 2016, 33: 785-812 [张奔, 周敏强, 王娟, 等. 我国苜蓿害虫种类及研究现状. 草业科学, 2016, 33: 785-812]
- 13 Liu B K, Du Y E. Knowledge acquisition and expression in 3S-based expert system for alfalfa disease diagnose (in Chinese). Pratacul Sci, 2008, 25: 88-94 [刘宝康, 杜玉娥. 基于“3S”的甘肃省苜蓿病害诊断专家系统的知识获取与表示. 草业科学, 2008, 25: 88-94]

Summary for “基于物联网的草牧业管理决策系统在呼伦贝尔农垦的应用”

Decision-making and management system based on internet of things for Hulun Buir State Farm

Bingyu Sun, Xiufang Jia*, He Huang, Yuanyuan Wei, Linli Zhou, Wei Fang & Shu Yan

Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China

* Corresponding author, E-mail: xfjia@iim.ac.cn

According to the specific requirements of scientific decision-making and precision production control in the production process of modern grasslands and animal husbandry, this paper presents a scheme of production command decision system of modern grasslands and animal husbandry based on internet of things. The scheme is composed of four major components, including big data and cloud computing, grassland animal husbandry production management decision information system, precision operating technology and equipment systems, e-commerce and full traceability system. Specific description is as follows: (i) Big data and cloud computing. According to the large-scale and high-value characteristics of big data, theoretical method and technical system of big data acquisition, management and services of grass and animal husbandry are perfectly established. Large data center hardware platform is constructed based on cloud computing technology. PB(Petabyte) level grassland animal husbandry data resources are integrated and large data intelligent services are carried out based on agricultural vertical search engine, agricultural cloud data management, agricultural knowledge ontology and other key technologies. (ii) Grassland animal husbandry production management decision information system. According to the organizational structure and production management model of Hulun Buir State Farm, the agricultural production management and decision information system of Hulun Buir is developed in accordance with the concept of “horizontal to the side, vertical to the end”, that is, horizontal to edge refers to the data information that can be obtained from each group, sub-bureau, farm user and the production team user; vertical to bottom refers to the latest information that can be obtained from every field crop, every farm machine, and every cow. A data warehouse is built, including comparing current accumulated temperature data and rainfall data with over years. The monitoring data of soil, including soil moisture and temperature, conductivity and salt, provide accurate soil parameters for the grass and animal husbandry, and the installation of video surveillance points timely access to soil information. (iii) Precision operating technology and equipment systems. Based on herbage yield information, satellite and unmanned aerial vehicle remote sensing data and measured data of farmland soil nutrients, the spatial variability information of farmland fertility is obtained, and the fertilizer prescription map is formulated. In the process of operation, the GPS data are acquired in real time and the data of fertilizer prescription maps are read, and the accurate fertilization operation is realized through the variable fertilization control system and the equipment. (iv) E-commerce and full traceability system. Business electronic platform of grass industry can perfectly provide the business service to the merchants. Each batch of grass and derivatives will be able to ensure quality, quantity, and customer interests through traceability systems in the future, so that production has records, flows can be traced and responsibility can be defined.

By content of decision system, low level of production mode, low degree of intelligent and fine control and lack of market information guidance of production platform are solved in large and medium-sized grass pasture in China, in order to enhance the level of modern grass animal husbandry information and help modern grass production and transformation of the production mode.

grasslands and animal husbandry, decision-making, informatization, intelligent, big data

doi: 10.1360/N972017-01156