

# 基于 Hadoop 的大数据基础平台 搭建与西藏农业应用构想

尹中江

(西藏自治区农牧科学院农业研究所, 西藏 拉萨 850032)

**摘要:** 本文探讨了基于 Hadoop 构建西藏农业基础平台。利用 Apache Hadoop 和 CDH Hadoop 分别构建大数据基础的平台, 并探讨了此基础上利用 Hadoop 构建在西藏农业领域 7 个应用方向。以 Hadoop 推进智慧西藏农业、“网上天路”, 加速西藏农业实现快速发展、促进产业模式能力提升, 推动产业加工质量和数量, 提升西藏农业创新能力和农业生产力, 利用数字技术达到“弯道超车”效果, 必将对西藏农业生产与应用上产生深远意义及影响。

**关键词:** Hadoop; 西藏农业; 大数据; 基础平台搭建; 应用探讨

**中图分类号:** F323.3      **文献标识码:** A

## Hadoop-based Construction of Big Data Foundation Platform and Application Conception of Tibetan Agriculture

YIN Zhong-jiang

(Agricultural Research Institute, Tibet Academy of Agricultural and Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China)

**Abstract:** Based on Hadoop technology, the present paper builds the Tibet agricultural Hadoop basic platform by using Apache Hadoop and CDH Hadoop big data platform. According to that, seven fields application directions in Tibet agriculture of Hadoop Big Data were conceived. It is hoped that the use of Hadoop big data platform to promote smart Tibet agriculture and realize the use of agricultural digital technology to achieve the effect of ‘curving overtaking’ will have far-reaching significance and influence on agricultural production and application in Tibet.

**Key words:** Hadoop; Tibet agricultural; Big data; Platform construction; Application conception

“大数据 (Big data)” 引领新技术革命的浪潮。2013 年被称为世界大数据元年<sup>[1-2]</sup>。数据的产生一刻也不会停止, 数据产生: 上传 48 h 的新视频, 电子邮件发送超过 300 000 000 条信息, 搜索引擎收到超过 3000 000 个搜索查询, 数据用户分享 700 478 条内容, 消费者在网购上花费 372 070 元, 用户发送超过 100 000 条微博, QQ 用户发布 37 778 个新帖子, 微信用户分享 36 000 张新照片, 图片用户添加 3125 张新照片, 钉钉用户执 22 083 次签到, 2000 个新网站诞生, 田间农作物生长变化、农产品加工与改进等等。数据是持续增长着, 数据量不会停止, 并且随着移动智能设备更新与普及, 相关大数据也越来越呈迸发的趋势, 而 Hadoop 正是为处理大数据而

生。

### 1 Hadoop 大数据的发展与应用

2004 年, Google 发布了关于分布式计算框架 MapReduce 的大规模数据并行处理技术的论文。Doug Cutting 根据 Google 提出的设计思想, 用 Java 设计出一套与 Nutch 分布式文件系统 (Nutch Distributed File System, NDFS) 相结合且支持 Nutch 中分离出来并被命名为“Hadoop”。Hadoop 作为 Apache 最大的一个开源项目, 是以 Hadoop 分布式文件系统 (Hadoop Distributed File System, HDFS) 和 MapRduce 为核心的大数据处理平台和生态系统, 该系统包含了 HBase、Hive、Zookeeper 等一系列相关了项目。2012 年 3 月, 美国政府正式启动“大数据发展计划”, 充分利用大数据技术在科学研究、环境、生物医学等领域进行技术突破。

2013 年, Aaron McKenna 应用大数据分析技术,

收稿日期: 2019-03-13

作者简介: 尹中江 (1971-), 男, 硕士, 研究员, 主要从事农业信息与农业科研相关工作, E-mail: zjiang@taaas.org。

利用 MapReduce 架构嵌入基因分析工具集 GATK 来处理和分析 DNA 序列海量数据,取得了较好成效。2013 年末,中国计算机学会(CCF)发布了《2013 年中国大数据技术与产业发展白皮书》,介绍了大数据应用的现状并探讨了大数据技术研究面临的科学问题,提供了政策指导和研究建议<sup>[3]</sup>。

根据 Assem H. Mohammed, Ahmed M. Gadal-lah, Hesham A. Hefny, M. Hazman 通过基于 Hadoop 的模糊方法,利用从 1983 - 2016 年埃及的农业气候历史数据库,利用作物种植日期、收获日期、预期疾病和作物需水量等数据,使用 Hadoop 大数据分析功能,处理农业气候的大量数据;分析作物种植业情况的后续跟踪。在研究人员根据 Hadoop 模型,对一些作物进行了测试,预测发现在种植期间可能出现的疾病;同时,根据埃及的历史农业气候数据库和模拟方法,发现了在一些气候环境下种植小麦比大豆和豆类更适合。Hadoop 大数据方法极大地有助于农业战略规划,以增强特定地点的任何作物的种植计划;还能提高作物种植过程的盈利能力;而且利用 Hadoop 中 Hive 运算方法,很好的处理庞大数据。作为未来的工作,预测的方法将在作物种植过程中发挥着更多、更重要作用<sup>[4]</sup>。

国内,利用大数据处理技术,提出了基于 Hadoop 大数据技术的利用 K-means 算法对土壤肥力数据进行聚类分析等实际应用<sup>[5]</sup>。利用大数据技术应用于农业无人机上的研究应用。利用大数据技术,将无人机航线念头控制在 10 m 之内<sup>[6]</sup>。为了解决传统农业数据库存储容量小和管理不够完善等问题,利用 Hadoop 技术构建了海量农业数据处理云平台<sup>[7]</sup>。针对农产品安全事故,利用 Hadoop 平台和高效计算方法,进行了农产品安全监控技术研究,平台能够处理大幅提升海量农产品数据的吞吐率及相关数据处理,并实现了污水处理过程的控制研究<sup>[8]</sup>。农业推广过程中,具有大量、复杂、多样性问题,为了提高农业推广工作的高效、利用等实际情况,降低成本、提高可靠性,利用 Hadoop 较好的解决一些实际问题<sup>[9]</sup>。为了更好的利用农作物种质资源,为从事农业科研人员提供明细、透明的研究资源,研究构建了农作物种质资源数据挖掘平台<sup>[10]</sup>。为了精确实现农业病虫害防控,利于 Hadoop 技术设计了大数据处理研究,取得了一定效果<sup>[11]</sup>。Hadoop 在农业领域得到了广泛应用。

在国内外,农业科研工作者正基于 Hadoop 框架,不断将其与农业生产与科研结合,不断创造、发挥其优势和作用。

## 2 基于 Hadoop 构建西藏农业大数据各项基础应用平台构建

Hadoop 作为一个分布式的软件框架,拥有云计算 PaaS 层(Platform-as-a-Service:平台即服务),是云计算的重要组成部分,可以说 Hadoop 是云计算的产物,是云计算技术的一种实现。在 Google 提出“云计算”的概念之前,谷歌工程师在全球顶级计算机会议 OSDI 和 SOSP 上连续发表 3 篇论文: SOSP 2003 会议上的 The Google File System、OSDI 2004 会议上的 MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters 和 OSDI 2006 会议上的 Bigtable A Distributed Storage System for Structured Data,随后世界上顶级的开源团队(Yahoo、ASF)接手将其实现。Hadoop 的分布式文件系统 HDFS 抽象了所有硬件资源,使其对于用户来说是透明的,它提供了数据的冗余,自动灾备,也可以动态地增加、减少节点;Hadoop 目前已经得到越来越广泛的应用<sup>[12]</sup>。

### 2.1 基于 Hadoop 构建西藏农业大数据特点与构建模式

计算机和互联网硬件、软件技术的高速发展,智能移动设备的普及,各类数据信息叠加累积的速率已超过历史任何时期。如何解决数据与信息存储、处理与分析海量数据,如何利用海量数据等,已成为亟待解决的问题。

Hadoop 最早来源于全球云计算技术的领导者谷歌在 2003 - 2006 年间发表的 3 篇论文。经过发展与实践应用,Hadoop 打破了传统数据处理技术的瓶颈,Hadoop 的分布式文件系统 HDFS、分布式计算框架 MapReduce、NoSQL 数据库 HBase、数据仓库工具 Hive 等。Hadoop 已成为最为成熟的大数据处理技术、工具和方法,变为我们现实中生产力。

Hadoop 的核心就是 HDFS 和 MapReduce。HDFS(Hadoop Distributed File System,Hadoop 分布式文件系统)是 Hadoop 基石。HDFS 能提供高吞吐量的数据访问,适合超大数据集(large data set)的应用程序。MapReduce 是一种编程模型,对数据集处理的得分为 Map 和 Reduce 2 个阶段。

Hadoop 平台的构成模式有 3 种。即:单节点模式、伪分布式模式和完全分布式模式。单节点运行模式:无需任何守护进程,所有的程序都运行在同一个 JVM 上执行。伪分布式是完全分布式的一个特例。完全分布式模式:Hadoop 守护进程运行在一个集群上;其中,简单和伪分布模式,只需准备 1 台物理机或者虚拟机。完全分布模式,那么需要准备 2

台以上的物理机或者虚拟机。使用分布式时,要先启动一些准备程序进程,Hadoop 的守护进程运行在由多台主机搭建的集群上,是真正的生产环境<sup>[13-14]</sup>。本文为了更加符合西藏农业大数据平台应用,采用第完全分布式模式构建西藏农业大数据平台应用。

## 2.2 基于 Hadoop 构建西藏农业大数据基版本选择

Hadoop 自 2004 年最初的版本(现在称为 HDFS 和 MapReduce)由 Doug Cutting 和 Mike Cafarella 开始实施。2005 年 12 月—Nutch 移植到新的框架,Hadoop 在 20 个节点上稳定运行。Hadoop 版本:① 0.x 系列版本(最早的一个开源版本,由此演变 1.x 以及 2.x 的版本);② 1.x 版本系列(第二代开源版本,主要修复 0.x 版本的一些 bug 等);③ 2.x 版本系列(架构产生重大变化,引入了 yarn 平台等许多新特性)。

世界上主要有 Hadoop 三大公司发型版本。① 免费开源版本 apache (<http://hadoop.apache.org/>)。优点:拥有全世界的开源贡献者,代码更新迭代版本比较快。缺点:版本的升级,版本的维护,版本的兼容性,版本的补丁都可能考虑不太周到,可基于其开发应用。② 免费开源版本 hortonWorks (<https://hortonworks.com/>)。hortonworks 主要是雅虎版本,核心产品软件 HDP(ambari),HDF 免费开源,并且提供一整套的 web 管理界面。③ 软件收费版本 CDH (Cloudera's Distribution for cloudera Hadoop)。ClouderaManager (<https://www.cloudera.com/>)。Cloudera 主要是美国一家大数据公司在 apache 开源 hadoop 的版本上,通过内部的各种补丁,实现版本之间的稳定运行,可直接用于生产环境。同时,其基本应用环境也是免费,该软件同 Apache Hadoop 一样,都是完全开源的,基于 Apache 软件许可证,免费为个人和商业使用。但扩展功能是收费的<sup>[15]</sup>。

## 2.3 西藏农业大数据平台构建过程

Hadoop 有 Windows (Windows 操作系统本身不太适合作为服务器操作系统)和 Linux (Hadoop 是目前最成功的开源操作系统 Linux,常见的有 CentOS、Ubuntu、RedHat 等多种版本)2 种运行环境。

本文根据应用环境,基于 CentOS 版本,选择开源 Apache Hadoop 2.9.2 和 3.1.1 版本和 Cloudera CDH 5.16.1 (核心是基 Apache Hadoop 2.6.0)进行环境布置与测试。上述 3 个版本 Hadoop 的环境部署与步骤可分为 8 步。

### 2.3.1 安装运行环境 本文的安装环境选择 3 台

Huawei 2285 服务器,内存 32G,硬盘 1200G (4 × 300G),Esxi6.0 虚拟化环境,分别安装 9 台 CentOS 7.5.1804 x64。

#### 2.3.2 修改主机名和用户名 Apache Hadoop 2.9.

2 配置主机名分别为:Master、Slave1 和 Slave2。Apache Hadoop 3.1.1 配置主机名分别为:Master、Slave1 和 Slave2。CDH Hadoop 5.16.1 配置主机名分别为:hadoop001、hadoop002 和 hadoop003。

2.3.3 配置静态 IP 地址 Apache Hadoop 2.9.2 配置静态 IP 地址:192.168.13.117、192.168.13.118 和 192.168.13.119。Apache Hadoop 3.1.1 配置静态 IP 地址:192.168.13.121、192.168.13.122 和 192.168.13.123。CDH Hadoop 5.16.1 配置静态 IP 地址:192.168.13.125、192.168.13.126 和 192.168.13.127。

2.3.4 配置 SSH 无密码连接 关闭防火墙,并配置 SSH 无密码连接。为了农业大数据环境部署方便与便于使用,所有主机均使用 root 权限。使 3 组环境均实现 SSH 无密码访问连接。

2.3.5 安装 JDK 配置 Java 环境。注意,不要用系统自带的 Open JDK 版本。另外,还要注意,根据不同的 Hadoop 版本,选择合适的 Java 版本。根据实际搭建环境,开始使用了 Java 11 (目前 Java 12 于 2019 年 3 月 19 日发布)会对平台造成了不稳定或不兼容。根据参考和官方文档,选择了兼容性好的 Java 8 (Java 1.8.0\_192) 版本。

2.3.6 安装与配置 Hadoop 安装与配置 Hadoop 中,注意不同版本 Hadoop 管理界面端口配置也发生了变化。如 Hadoop 3.1.1 默认端口更改为 9870,老版本默认为 50070。同时根据应用,配置根据需求,做相应更改,同时考虑硬件的配置性能。其中,Apache Hadoop 配置,主要对 core-site.xml、hdfs-site.xml、mapred-site.xml 和 yarn-site.xml 文件做修改,其它根据需要再进行修改配置。CDH 环境优点,安装后可直接布置运行环境。

2.3.7 格式化 HDFS 配置 Hadoop 后,在对环境文件系统格式上,根据参考资料,要注意,老版本 (hadoop namenode -format) 和新版本 (hdfs namenode -format) 命令上的变化。

2.3.8 启动 Hadoop 验证安装与搭建环境 对于 Apache Hadoop 2.9.2 和 Apache Hadoop 3.1.1 启动命令:start-all.sh (或:start-yarn.sh、start-dfs.sh),停止命令:stop-all.sh (或:stop-yarn.sh、stop-dfs.sh)。对于 CDH Hadoop 5.16.1 启动命令:依据安装路径,主节点:cloudera-scm-server start 和 cloudera-scm-a-

gent start,从节点:cloudera-scm-agent start。停止命令:主节点:cloudera-scm-server stop 和 cloudera-scm-agent stop,从节点:cloudera-scm-agent start。

启动中,注意通过日志文件来排查及解决运行错误。并通过 jps 命令检查各节点启动情况。具体详细的部署及排除故障过程参见参考文献<sup>[16]</sup>。本文所搭建成功环境(图 1~8)。注意不同的浏览器效果也不同。本文测试中使用的客户端为 Windows 10 中浏览器有 Edge、IE11、猎豹浏览器,其中最佳浏览器为 Google Chrome 浏览器。

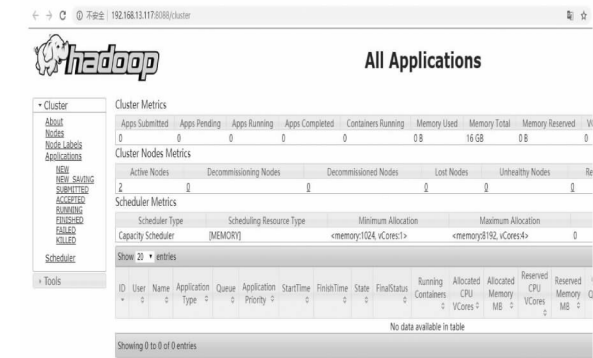


图 1 Apache Hadoop 2.9.2 的 8088 web 端口

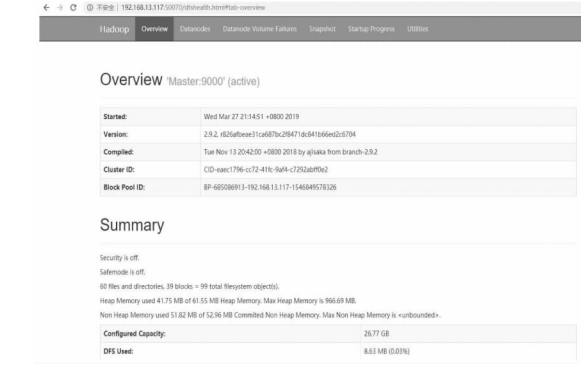


图 2 Apache Hadoop 2.9.2 的 50070 端口

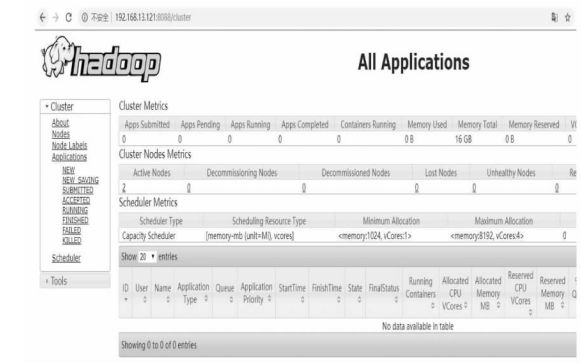


图 3 Apache Hadoop 3.1.1 的 8088 web 端口

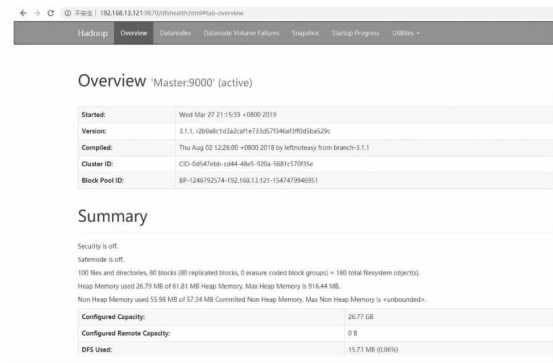


图 4 Apache Hadoop 3.1.1 的 9870 端口

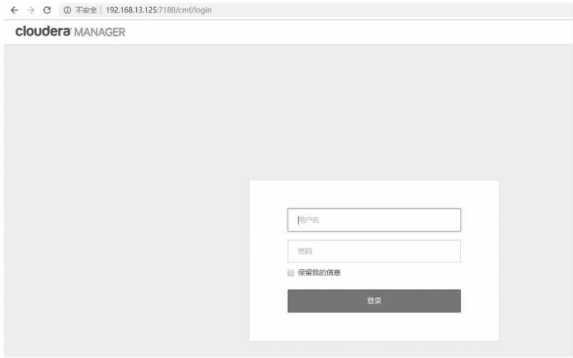


图 5 CDH Hadoop 5.16.1 的 7180 管理端口

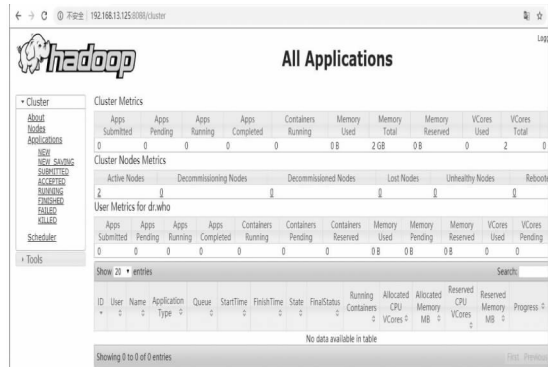


图 6 CDH Hadoop 5.16.1 的 8088 web 端口

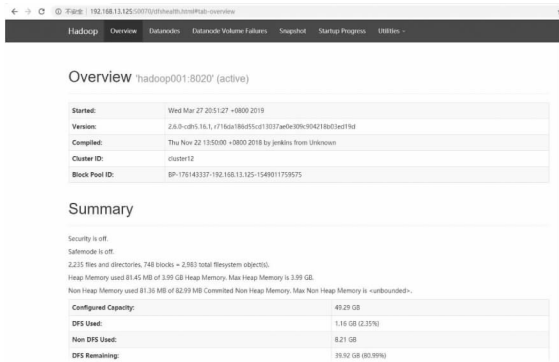


图 7 CDH Hadoop 5.16.1 的 50070 端口



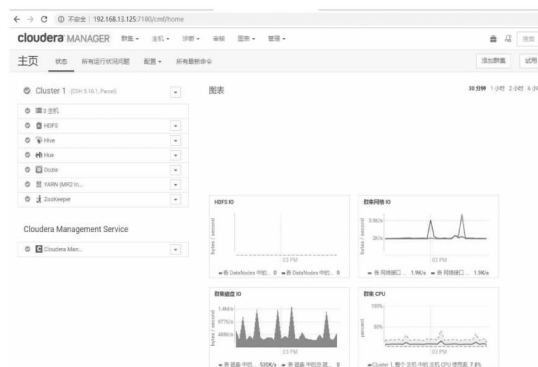


图 8 CDH Hadoop 5.16.1 的管理环境

以上过程,完成了西藏农业大数据平台基础应用平台环境的搭建。

### 2.4 基于 Apache Hadoop 和 CDH Hadoop 功能对比

对比 Apache Hadoop 2.9.2、Apache Hadoop 3.1.1 和 CDH Hadoop 5.16.1 三个平台环境。可以发现 Apache Hadoop 环境处于不断更新完善、功能拓展,其优点是拓展功能明显。CDH Hadoop 是基于稳定 Apache Hadoop 开发出稳定、直接可用于生产环境的平台,并且有完善的后台管理及平台拓展功能。只要硬件性能好,可直接部署利用环境,优点明显。

## 3 基于 Hadoop 大数据平台与西藏农业大数据应用的构想

在完成的 Hadoop 大数据平台搭建基础上,通过对文章英文单词统计分类功能我们发现,Hadoop 大数据功能非常强大。将其引入到西藏农业生产与科研中,必将能够起到非常重要的作用。针对西藏农业生产,利用 Hadoop 大数据平台,在以下几个方面发挥其强大功能及现代信息科学技术作用。

### 3.1 构建 Hadoop 大数据农田基本信息数据资源库平台

将西藏全区农业信息数据资源,包括农田的土壤类型、肥力条件、水资源情况,利用 Hadoop 大数据分类功能划分出不同的等级,划分出农田类型,便于管理部门直接安排规划不同的作物、播种面积、适宜栽培的品种类型等数据资源信息。

### 3.2 构建 Hadoop 作物育种化信息平台

优良的作物品种,是农牧民能否取得高效收入的好坏。作物现代育种单位,必须要从海量的优良性状中寻找出适合于生产的栽培品种。而通过 Hadoop 大数据管理平台,通过强大的分析功能,模拟配制出多种作物育种组合,指导与辅助育种家加快与缩短育种周期、排除干扰组合,筛选出生产中需要的优势作物组合,最终成功育成作物新品种,不仅发

挥平台的功能作用,最重要的是培育出优良作物品种,直接在生产发挥品种作用与优势。

### 3.3 构建 Hadoop 作物资源评价利用平台

作物种质资源(亦称品种资源、遗传资源或基因资源)是发展的战略性资源,是作物育种、农业生产等发展的基础,是国家食物安全重要保证和重要资源,同信息资源一样具有战略重要性和潜在重要价值<sup>[17]</sup>。通过利用构建 Hadoop 作物资源评价利用平台,可以对资源进行多重评价与归类分析,可以供农业生产利用者,从多维角度上分析资源、发现资源的利用价值。

### 3.4 构建 Hadoop 作物种植模型和农业物联网管理平台

利用农业物联网,实现对农业生产中大田作物,实现全程管理控制。实现对作物生长环境,温度、湿度、pH 值、光照强度、土壤养分、CO<sub>2</sub>、土壤养分、农田质地等进行实时数据采集,实现农业物联网可控功能<sup>[18]</sup>。通过 Hadoop 大数据评判功能。通过数据的分析、比对功能等,可以推测出作物种植模型。从而发挥出 Hadoop 大数据平台。

### 3.5 构建 Hadoop 农业智能产量预测平台

利用 Hadoop 大数据农田基本信息数据资源,结合历史数据资源,同时利用 Hadoop 分析预测功能,根据西藏区情,合理的对作物产量预测,得出科学结论,为市场销售、农产品加工、作物布局和政府决策提供大数据科学技术支撑。

### 3.6 构建 Hadoop 农业人工智能推理管理应用平台

结合西藏实际,利用农业领域人工智能,大力发展青稞特色作物,把青稞作为优先发展的粮食安全作物,将青稞安全掌握农业科研人员自己的手中<sup>[19]</sup>。从而用 Hadoop 大数据与农业人工智能技术结合,促进西藏农业产业能力提高、促进青稞产品加工升级,实现西藏农牧民增收,实现农业经济发展的提升,推动西藏农业生产大发展。

### 3.7 构建 Hadoop 农业防灾抗灾管理应用平台

由于西藏自然地理条件,导致农业自然灾害经常发生,严重制约着农业生产和农业发展。极易成灾,且灾害种类多、分布地域广、破坏程度大。西藏的自然灾害类型主要包括:干旱灾害、雪灾、霜灾、冰雹灾害、洪涝灾害、风灾和地震灾害<sup>[20]</sup>。雪灾是青藏高原发生频率最高、损失最大的自然灾害,其中西藏山南地区,另一个是青海南部和四川西北交界地区,为 2 个高发中心;西藏那曲南部、日喀则北部、拉萨周边地区,昌都东北部及青海、四川与西藏交界地带是 2 个旱灾多发区,是干旱多发自然灾害区;青藏

高原洪涝灾害发生频率相对较低,但是危害大,特别是洪涝引起的崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害影响很大;青藏高原是我国大风、雷电、冰雹灾害发生次数最多、范围最大的地区,夏季是集中发生期<sup>[21]</sup>。

因此构建 Hadoop 农业防灾抗灾管理应用平台,才能有效的应对各种频发的自然灾害,尤其是避免农业生产中的各种灾害,从而有效的保障农业生产,并获取最大的生物学产量、获得最大经济收入,实现西藏农业增产增收。

## 4 小结与展望

Hadoop 大数据信息技术方法,必将对西藏农业生产与应用上产生积极的影响,同时对西藏农业研究工作、研究方法,带来新技术与新方法上革新,势必加快在西藏农业方面技术应用,实现利用信息技术达到“弯道超车”技术效果。但在西藏农业建设过程中,主要是克服农业信息人才队伍不足等不利于西藏农业发展与建设的不利因素。

目前,从事西藏农业科研工作团队,正按照“十九大”报告要求,《西藏自治区“十三五”科技创新规划》,抓住“数字机遇”、落实“互联网+”,利用“网络强省、智慧农业、数字农业、大数据农业、人工智能农业、物联网农业”等技术方法,一定能实现“网上天路”,加速西藏农业实现快速发展、促进产业模式能力提升,推动产业加工质量和数量,提升西藏农业创新能力和农业生产能力。

### 参考文献:

- [1] 2013 年:世界“大数据元年”[EB/OL]. [http://news.ifeng.com/gundong/detail\\_2013\\_12/26/32482247\\_0.shtml](http://news.ifeng.com/gundong/detail_2013_12/26/32482247_0.shtml).
- [2] 2013 大数据元年[EB/OL]. <http://cpc.people.com.cn/n/2013/1225/c83083-23940252.html>. 2018-12-11.
- [3] 黎玲萍,毛克彪,付秀丽,等. 国内外农业大数据应用研究分析[J]. 高技术通讯,2016,4:414-422.
- [4] Assem H. Mohammed, Ahmed M. Gadallah, Hesham A. Hefny, et al. Fuzzy based approach for discovering crops plantation knowledge from huge agro-climatic data respecting climate changes. Computing

- [J]. 2018(100):689-713. <https://doi.org/10.1007/s00607-018-0594-9>.
- [5] 杨玉琴,陈桂芬,郭宏亮,等. 大数据处理技术在土壤肥力评价中的研究[J]. 中国农机化学报,2016(4):233-236.
- [6] 顾军林. 大数据在农业无人机上的应用研究[J]. 农机化研究,2019(4):213-217.
- [7] 洪礼,张云华. 海量农业数据云平台的研究[J]. 工业控制计算机,2015(3):151-152.
- [8] 王健飞,潘芳,潘郁. 基于 Hadoop 的农产品安全监控平台的设计[J]. 计算机测量与控制,2015,23(12):4049-4051,4096.
- [9] 汪浩,王文生,冯阳. 基于 Hadoop 的农技推广数据存储平台设计[J]. 农业展望,2015(3):66-69.
- [10] 潘恺,方涛,陈丽娜,等. 基于云计算的农作物种质资源数据挖掘平台研究[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(3):649-652.
- [11] 朱静波,张立平,董伟,等. 基于云端的农业草害大数据图文数据库的设计与实现[J]. 安徽农业科学,2017;45(16):206-209.
- [12] 范东来. Hadoop 海量数据处理技术详解与项目实战(第2版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2016.
- [13] hadoop 的三种运行模式区别及配置详解[EB/OL]. [https://blog.csdn.net/qq\\_26442553/article/details/78710170](https://blog.csdn.net/qq_26442553/article/details/78710170). 2018-11-22.
- [14] Hadoop 架构介绍——Hadoop 的三种运行模式[EB/OL]. <https://blog.csdn.net/u013063153/article/details/53115216>. 2018-11-22.
- [15] Hadoop 的概念、版本、发展史[EB/OL]. <https://www.cnblogs.com/meet/p/5435979.html>. 2018-12-11.
- [16] Hadoop Cluster Setup[EB/OL]. <http://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-project-dist/hadoop-common/ClusterSetup.html>. 2018-12-11.
- [17] 尹中江,廖文华,高小丽. 利用模糊聚类分析法评价西藏青稞资源的抗倒性[J]. 西藏农业科技,2018(2):17-24.
- [18] 尹中江. 西藏农业发展农业物联网存在的问题与对策分析[J]. 西藏农业科技,2018(3):72-75.
- [19] 尹中江. 农业人工智能+在西藏农业应用模式与发展前景探讨[J]. 西藏农业科技,2017(4):40-43.
- [20] 张薇. 近现代以来西藏自然灾害分析[J]. 边疆经济与文化,2013(5):1-3.
- [21] 高懋芳,邱建军. 青藏高原主要自然灾害特点及分布规律研究[J]. 干旱区资源与环境,2011(8):101-106.