

GIS 在精准农业中的应用进展及展望

陈恋, 周卫军*, 余德, 曾花雨, 王凡荣, 樊滕芳 (湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128)

摘要 精准农业是近年来国际上农业科学研究的热点领域, 是现有农业生产措施与新近发展的高新技术的有机结合, 其核心技术是地理信息系统(GIS)、全球卫星定位系统(GPS)、遥感技术(RS)和计算机自动控制系统。该研究通过文献梳理, 介绍了 GIS 在农田环境要素信息采集、农田空间数据库的建立、农田空间数据分析与专题制图和管理决策支持系统建立等方面的应用概况, 指出了当前 GIS 应用于精准农业时存在的问题和不足, 并提出了 GIS 在精准农业中应用的发展趋势和方向。

关键词 GIS; 精准农业; 数字农业; 展望

中图分类号 S127 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)22-352-03

Application Progress and Prospect of GIS in Precision Agriculture

CHEN Lian, ZHOU Wei-jun*, YU De et al (College of Resources and Environment, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128)

Abstract Precision agriculture has attracted much attention in agricultural science research in recent years, it is the organic combination of the existing agricultural production measures and the newly developed high and new technologies, the core technologies include GIS, GPS, RS and computer automatic control system. Through literature review, this paper focuses on the applications of GIS in farmland environmental element information collection, the establishment of the spatial database in the farmland, farmland spatial data analysis and thematic mapping, the establishment of a management decision support system. The problems and deficiencies existed of GIS applications in precision agriculture are pointed out, and the direction and tendency of the domain are also proposed.

Key words GIS technology; Precision agriculture; Digital agriculture; Outlook

为了科学管理农业生产, 减少在生产过程中的过多投入避免浪费, 增加产量创造更多的利润, 减少污染保护环境, 实现农业可持续发展, 学者们提出了精准农业的理念, 成为了农业科学的研究热点^[1]。精准农业通过分析单元农田的属性差异, 并结合先进的技术的手段分析影响这些差异的原因, 以便进行农田优化管理^[2]。针对农地的基础地力、水分、作物病虫害、气候等因素的不同, 进行相适宜的耕种、灌溉、施肥、除虫、除草及收获等, 通过合理的投入带来最好的经济和生态效益, 从而实现农业资源的可持续发展^[3]。

GIS 是精准农业的“大脑”, 其通过信息存储和管理功能能收集详细的农田信息, 为农业生产提供相应的农田管理数据库。在精准农业中, 获取农田不同单元内生产状况及其自然环境差异信息是进行精准农业管理的基础。GIS 的空间分析功能可以对农田的基础信息进行统计、处理并制图, 为分析和调控提供直观的农田信息空间分布图, 辅助制定决策方案, 形成农田作物管理处方图, 分区指导精准农业管理^[4-5]。

1 GIS 在精准农业中的应用现状

1.1 农田环境要素信息采集 精准农业技术建立在农田环境要素数据采集与分析的基础之上^[6], 传统的农田环境要素信息采集主要以定点观测为主, 耗资大、所需时间多, 而精准农业中农田环境要素信息采集采用的是以计算机为中心的自动信息采集方法。通过传感器、物联网、3S 等技术的支持, 工作者可以便捷地获取农田环境要素的基础空间信息, 如土壤肥力、土壤水分、作物病虫害、自然灾害、作物信息等^[7]。

1.1.1 土壤信息采集。土壤信息采集包括土壤水分信息和 N、P、K 等养分信息采集。土壤水分是作物生长的主要水源, 及时掌握土壤的水分信息, 是辅助进行精准灌溉决策的重要依据。土壤养分在作物生长发育中起着及其重要的作用, 土壤养分信息的采集直接关系到精准农业中农田精准养分管理, 将实现基于农田单元的推荐施肥成为可能, 针对土壤养分丰缺进行科学合理的施肥, 减少投入并提高产量^[8]。张淑娟基于 3S 技术研究了田间信息自动采集方法, 并对采集数据进行处理分析, 建立了作物产量与土壤属性的关系模型^[9]。郑立华等基于 GIS 开发了土壤水分和土壤电导率的专题图模块, 从而指导田间土壤信息采集^[10]。

1.1.2 灾害信息采集。灾害信息采集包括作物病虫害信息和自然灾害信息, 其中作物病虫害是作物的主要灾害之一, 直接影响作物的产量和品质。作物病虫害信息采集是实施变量施药的基础工作, 可以有效地减少农药对农作物及土壤的污染。刘向锋等利用 3S 技术原理, 设计实现了以移动 GIS 手段为基础的作物虫害信息采集, 并提供实时防治措施的诊断系统^[11]。邹金秋基于无线网与网络地理信息系统技术, 研究了对农田参数实时采集、在线更新和农情监测的新方法^[7]。

1.2 农田空间数据库管理 农田环境要素信息类型多样化, 如数字地图、遥感影像、空间图形、图像以及各种统计信息等, 为便于管理、传输、统计分析海量的数据, GIS 将每一种信息组成一个图层, 以数据库的形式存储, 通过空间分析将多源数据信息组合形成新的图层。在精准农业中, GIS 以独立的图层形式将土壤类型、地形地貌、土壤养分、化肥和农药等信息以及历年产量数据等进行存储, 分层建立农田空间数据库^[12]。

农田空间数据库主要包括基础数据库、专题数据库、决

基金项目 国家自然科学基金项目(41371228)。

作者简介 陈恋(1991-), 女, 湖南湘乡人, 硕士研究生, 研究方向: 土地资源与环境信息技术。* 通讯作者, 教授, 博士, 硕士生导师, 从事农业遥感与资源利用研究。

收稿日期 2015-06-11

策数据库、元数据库等,其中基础数据库包括农田的空间数据和属性数据等;专题数据库包括农业政策法规、畜牧专题数据库等;知识库中存储数字农业相关的专业模型及其参数、数据处理的公式、解决具体问题的知识规则;元数据库中存储对农田环境要素数据字典的说明^[13]。杜君基于 ArcGIS 平台,以文件-关系混合结构模式设计并建立了小麦生态环境数据库^[14]。陈珂在总结了国际自然灾害数据库建设的先进经验以及我国自然灾害数据库建设存在的问题的基础上,提出了长江三角洲自然灾害数据库的建设思路,完成了以 ArcGIS 为平台的长江三角洲自然灾害数据库的结构设计,建立了数据概念模型^[15]。王海江等根据影响因子收集地图、统计信息、数据资料,基于 GIS 系统分别建立了空间数据库和属性数据库^[16]。Abdelfattah 等建立了基于 GIS 的 UAESIS 土壤信息系统存储和管理土壤数据,指导农业用地利用规划^[17]。

1.3 农田空间数据分析与专题制图 空间数据分析是 GIS 系统的核心,在精准农业中,GIS 数据库中原始形式的田间信息可以通过 GIS 进行数据类型转换、空间插值、空间分析等处理,得到指导农业生产的各种农田环境要素专题图。

1.3.1 农田空间数据分析。GIS 的空间分析包括空间量测与查询、缓冲区分析、空间插值、叠置分析、表面分析、几何分析等。其中几何分析是地理信息系统最基本、最有效的分析功能之一,在农业资源研究中应用较广。GIS 的空间分析是挖掘数据的空间关系及其衍生出来的信息和新的知识的过程,其中以叠加分析、空间插值和缓冲区分析的应用最为典型。

观测站点收集到的往往是离散数据,在精准农业中往往需要利用这些数据的空间自相关性,采用空间插值方法将它们形成空间连续分布的数据,从而得出其空间分布规律。于婧在研究耕地土壤养分的空间变异性中,借助 ArcGIS8.3 软件的地理统计模块进行半方差结构的拟合与插值,完成了趋势面剔除与参数调整^[18]。

叠置分析功能可将多个农田环境要素信息整合,并可分析出各种因子之间的相互作用和影响以及它们之间的关系。李白鸽等通过 GIS 叠加分析功能,分析了江淮地区冬小麦的生产潜力,确定了其可增产区和增产幅度,指导了江淮地区冬小麦增产精准管理^[19]。Nourqolipour 等通过建立基于 GIS 的模型分析了马来西亚棕榈油土地利用的时空发展^[21]。Chanhdha 等运用 ArcGIS9.3 中 map algebra 功能分析了老挝土地利用变化的空间动态信息^[22]。

1.3.2 专题制图。农业专题地图是获取作物空间变异特征和实现精准管理的最直观的表达^[23]。GIS 能够采用专题制图将分析或查询检索结果表现的更为直观,对不同的要素进行符号化,使图像信息可视化,如:土壤地力等级图、土地利用现状图、土壤图、农业基础设施分布图以及其他一些精准农业管理所需的专题地图。

张纯洁使用凯斯 AFS (Advanced Farming Systems) 系统生成地块谷物产量图,对江汉平原的精准农业发展模式进行

了研究^[24]。李楠等采用地理信息系统集成技术,开发了农田旱情远程自动监测系统,实现了旱情的可视化管理^[25]。麻清源等基于 ArcGIS 的空间插值功能,运用 Kriging 方法获得了上海市农工商现代农业园区土壤属性空间分布图^[26]。王宝峰利用 ArcGIS 软件生成坡地植烟区土壤速效养分的空间变异分布图^[27]。

1.4 管理决策支持系统的建立 GIS 的辅助决策功能是针对系统建立的目的,通过分析收集到的数据生成为管理生产的服务信息,从而实现精准农业。精准农业管理决策支持系统能够将农田环境要素信息的空间分析结果与作物生产模型和专家知识库结合,对产量的空间差异性进行分析与诊断,继而提出科学方案对当地的农业生产进行指导,使农业生产结构和生产要素投入调整至最优^[28]。

许鑫等利用 GIS、数据库等技术在 NET 平台上构建了“基于 WebGIS 的小麦精准施肥决策系统”^[29]。于合龙等基于农业生产要素的空间差异性,结合农业生产实践和精准农业决策需求,建立了精准农业智能决策体系^[30]。江厚龙等基于 GIS 设计了平顶山市郟县烤田分区管理及烤烟推荐施肥模型^[31]。

2 GIS 在精准农业发展中存在的主要问题

2.1 信息化基础设施不健全,农民素质不高 目前,我国农村信息化基础设施普及度不高,农村缺乏操作精准农业技术设备的高学历技术人才,使得精准农业发展推广力度不够。随着城镇化水平的提高,农村文化程度较高者纷纷进城务工,留下来的务农人员整体文化程度偏低。并且我国农业生产仍以传统生产经营管理方式为主,使得现有的农业生产条件难以满足精准农业的技术实施要求。

2.2 成本过高,农民购买力相对低下 近年来,精准农业技术设备不断推陈出新,农田信息采集和数据处理的仪器、硬件设施和精准农业变量作业机械装置等价格昂贵,在我国仍以家庭经营为主的农业生产模式下,大多数农民购买力不足以承担精准农业所需的巨额投入,严重阻碍了精准农业的发展与推广。

2.3 基础数据缺乏 精准农业实践依赖于大量的基础地力数据和实时更新的农业生产要素数据,如土壤养分变化数据、耕作区灾害数据、实时遥感数据等,还需要大量生产区精确的气象基础数据,如降雨量、光照、温度等,由于这些数据的空间差异性太大,加大了这些数据的获取难度。在面积辽阔的耕作区,需要布设更多的观测站点及传感器,加大了精准农业工程在数据获取方面的投入。

3 GIS 应用于精准农业的发展趋势

精准农业是农业现代化发展的重要途径,是粮食安全的重要保障^[32]。随着我国现代化信息技术的发展,精准农业中 GIS 技术的发展趋势主要有以下几个方面。

3.1 “3S”技术集成成为必然趋势 RS 是获取农业生产要素实时数据的重要手段,它有助于 GIS 数据更新,确保数据的现实可用性,尤其是在资源环境动态监测和气象灾害预警方面表现突出。GPS 的精准定位功能可以为农业要素信息

以及农业机械自动化提供精确的位置信息。GIS 则可以根据 RS 和 GPS 提供的信息加以分析,并提供管理与决策服务。“3S”技术的集成有利于实现系统各部分功能的最大化,有利于实现精准农业管理的一体化、实时化、空间化和自动化。

3.2 建立基于 WebGIS、OpenGIS 以及组件式 GIS 应用系统 WebGIS 是 GIS 与互联网的有机结合。开放式地理信息系统可以根据用户的需求,提供更多高交互性、可操作、高兼容性的优质服务。组件式 GIS 将 GIS 系统化整为零,将功能模块单独分开,简化了操作系统,降低了系统对硬件的要求。随着计算机技术的发展,采用分布式体系结构的 WebGIS 系统、OpenGIS 和组件式 GIS 将为实现我国农业现代化和农业精准管理提供强大的技术支持^[33],这可以有效地降低成本和提高效率。

3.3 集成专家系统与地理信息系统,实现具有人工智能的 GIS 系统 农业要素复杂多样,要素之间相互制约相互影响,共同构成了这个有机的农业生态系统,要实现对这个系统的监测和管理,必须依靠人工智能的 GIS 系统。在 GIS 理论的基础上,以 GIS 为平台集成专家系统,建立基于 GIS 的数据自动采集和分析的专家系统和决策支持系统。

4 结语

精准农业是实现低投入、高产出、优质、环保农业的重要方式,是现代农业发展的指向标。精准农业提倡实施时间和空间上的变量管理和精准决策支持,并且支持精准农业的专用硬件、软件和作业设施正在不断得到开发和完善,以 GIS 系统为代表的先进技术将成为精准农业的强大技术支撑。因此,GIS 在精准农业中的应用研究显得非常重要。

目前我国精准农业还处在研究阶段,在此阶段应当深入研究精准农业的内涵,发展相关的现代信息技术,学习国外成熟的理论并加以实践,研制精准作业设备,建立实验示范点。在示范点的农业生产过程中,严格管理,针对示范区的实际情况进行科学决策并加以指导,从而展现出精准农业的优势并进行推广。

参考文献

- [1] CHEN C, PAN J J, LAM S K. A review of precision fertilization research [J]. *Environ Earth Sci*, 2014, 71: 4073 - 4080.
- [2] 刘焱选, 白慧东, 蒋桂英. 中国精准农业的研究现状和发展方向[J]. *中国农学通报*, 2011, 23(7): 577 - 582.
- [3] 王素珍, 吴崇友. 3S 技术在精准农业中的应用研究[J]. *中国农机化*, 2010(6): 79 - 82.
- [4] PALANISWAMI C, GOPALASUNDARAM P, BHASKARAN A. Application of GPS and GIS in sugarcane agriculture [J]. *Sugar Tech*, 2011, 13(4): 360 - 365.
- [5] 赵赏, 钟凯文, 孙彩歌. GIS 技术在农业领域的应用[J]. *农机化研究*, 2014(4): 234 - 237.
- [6] 史国滨. GPS 和 GIS 技术在精准农业监控系统中的应用研究进展[J]. *湖北农业科学*, 2011, 50(10): 1948 - 1950.
- [7] 邹金秋. 农情监测数据获取及管理技术研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011: 13 - 38.
- [8] 张前勇. 基于 3S 技术的精准农业[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(16): 4170 - 4171.
- [9] 张淑娟. 基于 GPS 和 GIS 的精细农业田间信息采集和处理方法的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [10] 郑立华, 李民赞, 冀荣华, 等. 基于 GIS 的农田土壤水分状况管理模型机应用[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(2): 13 - 17.
- [11] 刘向峰, 孟志军, 陈竞平, 等. 作物病虫害信息采集与远程诊断系统设计及实现[J]. *计算机工程与设计*, 2011, 32(7): 2361 - 2364.
- [12] 孙成明, 袁登荣, 王余龙. 地理信息系统的农业应用与进展[J]. *上海农业学报*, 2004, 20(3): 99 - 101.
- [13] 贺全兵. GIS 中空间数据管理方式探讨[J]. *计算机与数字工程*, 2008(5): 70 - 73.
- [14] 杜君. 基于 GIS 的我国小麦施肥指标体系的构建[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011: 1 - 99.
- [15] 陈珂. 长江三角洲自然灾害数据库建设与风险评估研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2013: 1 - 178.
- [16] 王海江, 王波. 基于 GIS 的区域间作物合理灌溉模型研究[J]. *科技通报*, 2001, 17(2): 48 - 52.
- [17] ABDELFAITAH M A, KUMAR A T. A web - based GIS enabled soil information system for the United Arab Emirates and its applicability in agricultural land use planning [J]. *Arab J Geosci*, 2014, 10: 1289 - 1304.
- [18] 于婧. 基于 GIS 和地统计学方法的土壤养分空间变异及应用研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2007: 1 - 124.
- [19] 李白鸽, 类成霞, 陈长春. 基于 GIS 空间分析的江淮地区冬小麦增产潜力研究[J]. *农业系统科学与综合研究*, 2011, 27(4): 463 - 468.
- [20] 游江南. GIS 空间分析在土地管理工作中的应用[J]. *太原师范学院学报: 自然科学版*, 2010, 9(2): 127 - 129.
- [21] NOURQOLIPOUR R, MOHAMED SHARIFF A R B, BALASUNDRAM S K. A GIS - based model to analyze the spatial and temporal development of oil palm land use in Kuala Langat district, Malaysia [J]. *Environ Earth Sci*, 2014, 30: 3521 - 3535.
- [22] CHANHDA H, WU C F, YE Y M. GIS based land suitability assessment along Laos - China border [J]. *Journal of Forestry Research*, 2010, 21(3): 343 - 349.
- [23] SILVA C B, DE MORAES A F D, MOLIN J P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil [J]. *Precision Agric*, 2011, 12: 67 - 81.
- [24] 张纯洁. 基于 GIS 的精准农业发展模式——以江汉平原为例[D]. 武汉: 华中师范大学, 2008(6): 1 - 73.
- [25] 李楠, 刘成良, 李彦明, 等. 基于 3S 技术联合的农田墒情远程监测系统开发[J]. *农业工程学报*, 2010, 26(4): 169 - 174.
- [26] 麻清源. 基于空间信息技术的数字农业研究——以上海农工商现代农业园区为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2007: 1 - 143.
- [27] 王宝峰. 基于 GIS 的重庆山地植烟土壤养分空间分析及推荐施肥研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012: 1 - 42.
- [28] TEY Y S, BRINDAL M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: A review for policy implications [J]. *Precision Agric*, 2012, 13: 713 - 730.
- [29] 许鑫, 张浩, 席磊, 等. 基于 WebGIS 的小麦精准施肥决策体系[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(2): 94 - 98.
- [30] 于合龙, 陈桂芬, 焦鸿斌. 精准农业智能决策技术体系探讨[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(2): 918 - 921.
- [31] 江厚龙, 刘国顺, 杨超, 等. 基于 GIS 丘陵土壤分区与烤烟推荐施肥研究[J]. *中国烟草科学*, 2013, 34(2): 10 - 17.
- [32] 赵春江. 对我国未来精准农业发展的思考[J]. *农业网络信息*, 2010(4): 6 - 8.
- [33] NASH E, KORDUAN P, BILL R. Applications of open geospatial web services in precision agriculture: A review [J]. *Precision Agric*, 2009, 10: 546 - 560.