

耕地数量、质量、生态三位一体综合监管体系研究

张超^{1,2} 乔敏¹ 郇文聚^{2,3} 刘佳佳¹ 朱德海^{1,2} 杨建宇^{1,2}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 国土资源部农用地质量与监控重点实验室, 北京 100035; 3. 国土资源部土地整治中心, 北京 100035)

摘要: 耕地是粮食安全的基础,是立国之本。为了综合、立体地监管我国耕地,结合我国国情,从系统论和公共管理的视角,对耕地数量、质量、生态三位一体综合监管体系进行了初步研究。通过文献分析法,结合前沿技术手段,对目前较为成熟的耕地数量、质量监管理论体系进一步完善,对生态监管理论进行探索性研究,分别构建耕地数量、质量和生态监管指标,并以此为基础综合构建三位一体综合指标体系。通过航空、航天遥感技术、物联网、互联网采集数据系统实时获取耕地相关的多源数据,经过数据清理整合,构建服务于耕地监管的云数据库。研究耕地监管指标快速计算技术,搭建基于多源海量数据、分布式面向服务的耕地三位一体综合监管体系。本文构建的耕地三位一体监管体系可为我国耕地的监管、养护提供技术支撑。

关键词: 耕地; 数量; 质量; 生态; 三位一体; 监管

中图分类号: F301.21; X82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)01-0001-06

Trinity Comprehensive Regulatory System about Quantity, Quality and Ecology of Cultivated Land

ZHANG Chao^{1,2} QIAO Min¹ YUN Wenju^{2,3} LIU Jiajia¹ ZHU Dehai^{1,2} YANG Jianyu^{1,2}

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Key Laboratory for Agricultural Land Quality, Monitoring and Control, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China

3. Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: The cultivated land is the basis of food security and the foundation of state. In order to regulate the cultivated land in China synthetically and three-dimensionally, according to Chinese national conditions, trinity comprehensive regulatory system about the quantity, quality and ecology of the cultivated land was studied from the perspective of system theory and public administration. Through literature analysis method combined with cutting-edge technology, the ecological regulation theory was improved based on the current relatively mature theory of cultivated land quantity, quality supervision system, the innovation of ecological regulation theory was researched, the index of cultivated land quantity, quality and ecology was constructed, and then a trinity comprehensive index system was built on this basis. Through data acquisition system of remote sensing technology, the internet of things and the internet to real-timely acquire multi-source data, and through cleansing and integration, to build cloud database that is a supervision technology system can be promoted and easy to replicate in the test points all over the country. Researching regulatory index rapid computing technology, the trinity comprehensive regulatory system was set up based on multi-source data, distributed service-oriented cultivated land. The cultivated land trinity supervision platform was constructed, it would make idea into a finished product, and provided service for government depatrments and regulatory decisions. The trinity supervision system of the cultivated land can provide technical support for the regulation and maintenance of the cultivated land in China.

Key words: cultivated land; quantity; quality; ecology; trinity; monitoring and management

收稿日期: 2016-12-12 修回日期: 2016-12-21

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(201511010-06)和国家高技术研究发展计划(863计划)项目(2013AA10230103)

作者简介: 张超(1972—),男,教授,博士生导师,主要从事农业与国土资源遥感监测研究,E-mail: zhangchaobj@cau.edu.cn

通信作者: 郇文聚(1963—),男,研究员,博士生导师,主要从事土地利用工程、评价、整治和管理研究,E-mail: yunwenju@vip.sina.com

引言

耕地是粮食安全的基础,耕地保护是我国需要长期坚持的一项基本国策。“十一五”规划纲要提到2010年末全国耕地面积必须坚守18亿亩耕地红线。2013年中央经济工作会议、中央城镇化工作会议、中央农村工作会议明确耕地红线必须坚守,耕地数量、质量都要保证。随着我国经济发展,工业化引发的环境污染、农业过度施用化肥农药引发的面源污染等问题突出,耕地质量、结构等发生变化,耕地保护工作面临多重挑战^[1]。2015年5月,《中共中央国务院关于进一步加快推进生态文明建设的意见》提出国土是生态文明建设的空间载体。重点推进国土资源数量、质量、生态三位一体综合管理和国土资源、资产、资本三位一体协同管理,才能有效缓解耕地数量不足、质量不高、生态环境不断退化等带来的危机,从而确保人民安定和国家安全^[2]。因此,我国对耕地监管逐渐由数量监管,数量、质量双重监管,向数量、质量、生态三位一体监管转变。

耕地数量保护是确保耕地数量可以持续满足区域人口健康生存的需要,耕地红线一定要守住,千万不能突破,也不能变通突破。红线包括数量,也包括质量^[1]。全国第二次土地调查摸清了我国土地利用,特别是耕地数量基本情况,此后每年在“二调”基础上,利用全覆盖的高空间分辨率遥感影像数据,结合外业调查,开展年度土地利用变更调查监测与核查。耕地质量针对耕地土地质量,耕地质量保护是借助行政、经济、法律等手段保证耕地的总体质量和生产能力不下降^[3]。美国国家资源清单(National resources inventory, NRI)项目^[4]对我国耕地质量监测有很好的借鉴作用。我国于1999—2009年历经10年完成了第一轮全国农用地分等工作,出台《农用地质量分等规程》^[5]并于2012开展耕地质量等别年度更新评价。我国在耕地的数量、质量监管方面已有较完善的方法技术体系。

耕地生态保护是维持耕地生态平衡,使生态环境保持健康状态,以保证耕地可持续利用^[6-7]。国外学者主要将耕地生态安全与可持续利用相结合进行系统研究。RASUAL等^[8]从农业生态环境、社会经济方面构建了评价指标体系,分析了孟加拉国的耕地可持续利用与生态状况;BRUNBJERG等^[9]构建景观结构、野生动物栖息地、稀有和濒危物种分布等耕地生态评价指标,并应用于丹麦政府农业补贴制度上;HAZEU等^[10]提出了从卫星遥感图像识别高自然价值农田方法,包括高自然价值农田的识别和高自然价值农田的变化检测;MILENOV等^[11]以

农田被荒废风险,有效评估欧盟共同农业政策对环境和社会经济影响;BEESLEY等^[12]指出,在农用地保护中,耕地生态价值与安全越来越受到农场主的认可与关注。国内学者关于耕地生态安全的研究主要集中在耕地生态安全内涵、耕地生态安全评价、耕地生态安全影响因素以及耕地生态安全调控对策等^[13]。总体来看,耕地生态监测与评价方面的研究尚属起步阶段,定性分析较多、定量较少。

因此,创新耕地全方位立体监管理论和技术,形成耕地数量、质量、生态三位一体综合监管体系具有重要的现实意义。本文整合多源数据,结合前沿技术,着重讨论耕地生态监管理论,梳理如何开展耕地三位一体综合监管,以期为我国耕地监测、评价、保护和管理提供科技支撑。

1 耕地三位一体监管体系

通过文献分析法,分别构建耕地数量监测指标体系、耕地质量监测指标体系以及耕地生态监管指标体系,进一步整合成耕地数量、质量、生态三位一体监管指标体系。利用航天、航空遥感技术构建耕地监管遥感采集数据系统;通过近景摄像和传感器网构建地面物联网采集数据系统;通过互联网公众服务数据和社会舆情数据构建互联网数据采集系统。结合现有的历史数据库和实地调研补充数据库,经过数据清理和整合,构成海量数据的耕地监测云数据库。在构建耕地三位一体监管指标体系基础上,最终形成复制性强、易于推广的耕地三位一体监管技术体系。基于耕地监管云数据库实时获取监管指标,实现多个监管功能模块,搭建耕地三位一体监管平台。具体如图1所示。

2 耕地三位一体监管技术体系

2.1 耕地数量监管技术体系

针对耕地数量监管,国土资源部以高空间分辨率卫星遥感影像为主要数据基础,结合GPS接收机等先进的外业调查设备,已经形成了完备的“十年一详查,每年一更新”技术体系。随着互联网以及移动通讯技术的发展,将具有定位、摄像功能的智能手机、平板电脑等移动终端设备运用到外业调查当中,通过移动通讯网络,与数据中心进行实时通讯,提高外业调查工作效率,调查数据实时传递,便于数据处理和核实,实现更为智能化、准确的耕地数据更新方式。目前我国已经形成了遥感技术与移动互联网技术相结合的耕地数量监管体系。

2.2 耕地质量监管技术体系

根据我国耕地质量及其变化情况,国土资源部

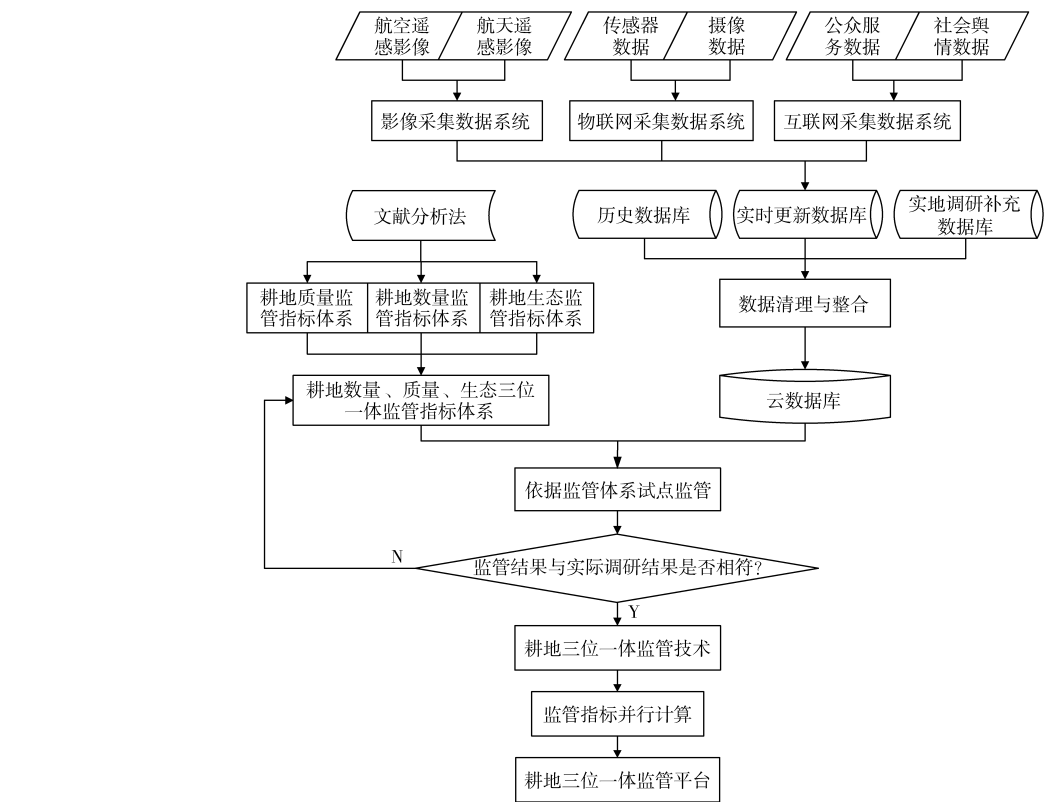


图 1 技术路线图

Fig. 1 Flow chart of technology

形成了“十年一评价，每年一更新”的监管体系。对于耕地质量缓变区域，采样耕地质量监测网络布控技术方法，全国布设样点监测。对于土地整治区等耕地质量突变区域，及时进行调查和评价。针对区域突变耕地和缓变耕地的质量变化特点，在继承农用地分等及指标区划分方法的基础上，从上到下：划分全国监测分区—选取监测县—县内划定监测控制区—控制区内布设监测样区；从下到上：采集监测样区数据—监测控制区内质量变化—监测县内质量变化—全国监测分区内质量变化—全国耕地质量变化。将全国划分为不同监测分区，确定静态监测县，围绕静态监测县确定动态监测县，静态县每年监测，动态县每 5 年轮换一次。

2.3 耕地生态监管技术体系

虽然耕地资源的生态监测和管护问题目前还处于探索阶段，但是土地生态安全和耕地保护面临的严峻形势，以及国土资源“三位一体”的综合管理要求，亟需科学的监管体系提供技术支撑。耕地生态监管技术体系从生态管理的层面以保障国土生态安全为基础，以可持续发展为目标，以耕地为主体的农田生态系统作为管理对象进行生态管护^[14]。从生态管护的内容层面应该针对农田生态系统的特点，结合区域资源和环境条件，对耕地的生产性、保护性、稳定性和持续性指标进行综合监测，同时针对土地退化和耕地污染等问题进行专项监测^[15-17]。从

生态监管的技术层面，以现有的国土资源管理平台为基础，通过天、地、空一体化的监测网络，建设耕地生态动态监测系统，整合多源数据，建设数据库管理系统，通过评价模型集成和专家支持系统整合建设决策支持系统，实现耕地保护的生态监控和预警^[18-19]。

3 耕地三位一体监管数据库

3.1 多源数据采集系统

用于耕地监管的数据来源广泛，数据类型复杂，具有多源、多点、多指标、动态的特点。多源指数据来源于卫星遥感、航空遥感、无人机、传感器、地面调查、视频、互联网等，多点指全国耕地监测点数量大，多指标指用于耕地监管的指标体系庞大，动态指耕地的类型、质量、生态等变化速度快。将卫星影像、无人机影像、动态视频、传感器数据、公众服务、社会舆情等信息融入到耕地资源数据库中，并构建一套多类型、多时态、多尺度的耕地监管数据库系统。

耕地资源监管数据库是耕地监管的重要基础数据库，包括基础空间数据和专题空间数据。基础空间数据主要包括地质、地形、遥感影像、土地利用现状和土地利用规划、农用地分等数据、耕地生态监测数据等。专题空间数据则是由基础空间数据派生的专项业务数据。具体如表 1 所示。

遥感具有实时性强、观测尺度大等优势，成为耕

表 1 耕地资源监管数据库

Tab.1 Cultivated land resource regulatory database

采集系统	数据类别	可测因素
遥感	航天遥感影像	坡度、坡向、空间信息、沟渠、灌溉保证率、耕地作物类别、地表温度、地表湿度、田块形状、通达度、林
	航空遥感影像	网密度等
物联网	传感器数据	地表水、地下水、水质、土壤含水率、有机质含量、土壤 pH 值、土壤肥力、土壤微量元素含量
	摄像头视频	全程监测摄像头范围内耕地状况
互联网	公众服务数据	问卷调查、数据统计、信息反馈
	社会舆情数据	群众对耕地保护和监管政策等公众事件的态度、群众诉求

地监管中重要的数据源。高空间分辨率遥感影像可提供清晰的空間信息和纹理信息,可以开展耕地变化、基础设施等监测;微波遥感影像具有全天候、穿透性观测优势,可用于多云雾地区耕地监管;高光谱遥感影像可以提供丰富的光谱信息,获取更深入的地物信息,可用于耕地质量和生态指标的监测。航空遥感特别是无人机遥感技术,借助其机动灵活的观测方式也逐渐应用到耕地监管中。

在耕地监管中,物联网技术也大有用武之地,利用空间分析平台实现耕地监管传感器布设选址。通过传感器网络和无线传输等技术手段,对耕地实时监测。突破传统质量监测的技术制约,形成基于低成本、高效、快速、精准、精确的耕地基础地力感知技术,实现耕地质量基础地力快速获取、精准识别。

随着互联网技术的不断发展,借助网络爬虫等技术手段,从公众服务和社会舆情数据中挖掘有关耕地的信息,如通过公众号进行问卷调查,通过网络论坛获取耕地利用情况信息,通过舆情分析获取群众对当前耕地监管体系的观点、意见等。

3.2 构建耕地监管云数据库

3.2.1 数据清理与整合

耕地数量、质量和生态监管不仅有大量结构化的耕地资源数据,同时包括新兴的物联网、互联网产生的非结构化数据。因此,对耕地监管大数据清理、整合,是耕地云数据库的构建以及数据应用的重要基础工作。应将传统的结构型国土数据与非结构型的物联网、互联网数据相结合,静态数据和动态的视频数据、手机等移动互联数据相融合,基础数据和专题数据相融合。只有通过开展信息的清洗与抽取、时空匹配和信息融合,才能将这些具有现势性特性的数据与传统的耕地监管数据相结合,实现耕地大数据的实时接入、时空关联和内容融合^[20]。

3.2.2 耕地监管云数据库搭建

可服务于耕地监管的数据量极为庞大,需要部署到安全、隔离的“云”基础设施之上,通过“云”模式的计算能够实现海量空间数据的并行处理,并以弹性的、按需获取的方式向用户提供高质量的、基于

Web 的耕地信息服务。通过统筹遥感、物联网、互联网获取的数据,深度挖掘海量耕地资源数据,形成服务于耕地三位一体监管的云数据库,实现从“数字国土”向“智慧国土”的跨越转变,提高耕地监管科学化水平,推动耕地监管转型^[21-22]。耕地监管云数据库如图 2 所示。

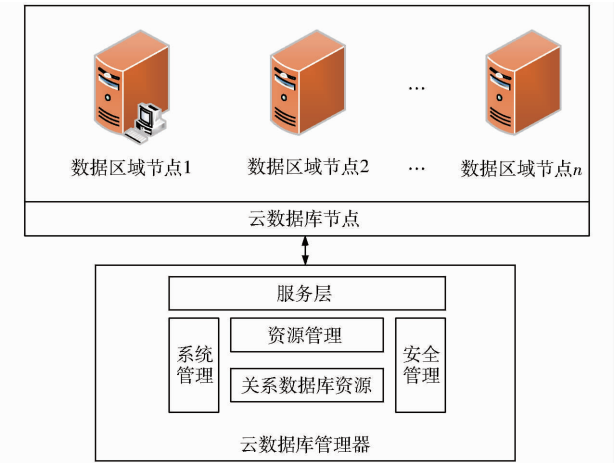


图 2 耕地监管云数据库

Fig.2 Construction of cultivated land monitoring and management cloud database

4 耕地三位一体监管平台搭建

以耕地三位一体监管技术体系为基础,以信息技术为手段,以法律法规为依据,搭建服务于耕地三位一体监管平台。平台以耕地三位一体监管云数据库为基础数据库,以耕地数量、质量、生态三位一体监管模型为基础模型,以数据挖掘技术和分布式计算为主要技术手段,通过图形访问引擎和数据库访问层,实现数据检查服务功能、耕地数量监管功能、耕地质量监管功能、耕地生态监管功能和耕地三位一体综合监管功能等 5 大功能模块(图 3),完成耕地数量、质量、生态三位一体综合监管平台^[23-24]。

平台以现有数据为基础,应用软件、网络、信息安全等技术手段,融合耕地监管自身要求和监管部门信息化的需求,把分散的信息整合在统一的平台上。实现监管部门自动化收集、共享和管理这些信息,为决策及整体优化资源提供数据支撑;实现耕地

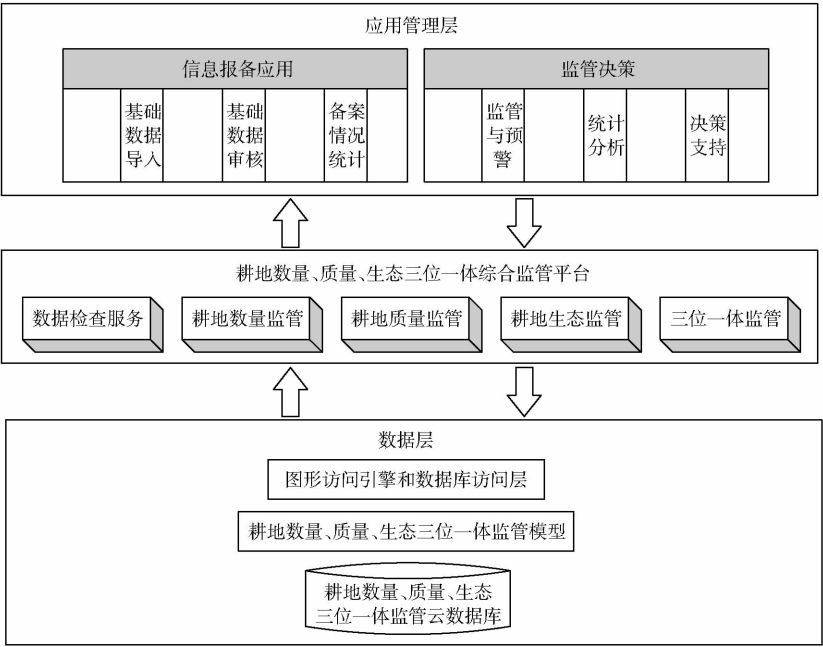


图 3 耕地三位一体监管平台

Fig. 3 Construction of trinity comprehensive cultivated land monitoring and management platform

情况备案统计工作,为监管部门准确高效工作提供途径;实现耕地三位一体综合监管和预警,对耕地实时、全面监管,为监管部门决策提供科学技术支持,为社会提供数据信息服务。

5 结论

开展耕地资源数量、质量、生态监管,是实现国土资源管理方式转变的重要技术支撑,建立耕地三位一体监管指标体系,搭建耕地三位一体监管平台具有重要的现实意义。未来需要重点研究的领域有:

(1)对当前耕地监管思路和技术方法进行梳理和完善。耕地监管不仅仅是对数量、质量的监管,生态问题也是耕地监管的重要方面。

(2)对多源数据整合为服务于耕地三位一体监管的云数据库。充分利用现有的遥感、物联网、互联网技术,在已有数据的基础上,借助互联网优势,有效整合数据,为耕地三位一体监管提供保障。

(3)搭建耕地三位一体监管平台,借助分布式计算、互联网技术,将耕地三位一体监管理论变为成品,服务于政府部门和监管决策。

(4)耕地全方位监测监管需与已有的其他部门和行业的监测成果相衔接,在国土资源部已经开展相关工作的基础上进行拓展,实现优势互补。随着社会的发展,人类对耕地功能认识的提升,如进一步加入文化、娱乐功能,不断完善耕地监管的指标,同时体现地区的差异。

参 考 文 献

1 刘娟,张峻峰. 发达国家“三位一体”耕地保护管理实践[J]. 世界农业,2015(1):28-31.

2 鄯文聚. 高标准农田建设别走样[N]. 中国国土资源报,2016-03-31(5).

3 沈仁芳,陈美军,孔祥斌,等. 耕地质量的概念和评价与管理对策[J]. 土壤学报,2012,49(6):1210-1217.

SHEN Renfang, CHEN Meijun, KONG Xiangbin, et al. Conception and evaluation of quality of arable land and strategies for it's management [J]. Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(6):1210-1217. (in Chinese)

4 NUSSER S M, GOEBEL J J. The national resources inventory: a long-term multi-resource monitoring programme [J]. Environmental and Ecological Statistics, 1997,4(3):181-204.

5 CB/T 28407—2012 农用地质量分等规程[S]. 2012.

6 傅伯杰. 我国生态系统研究的发展趋势与优先领域[J]. 地理研究,2010,29(3):383-396.

FU Bojie. Trends and priority areas in ecosystem research of China[J]. Geographical Research, 2010,29(3):383-396. (in Chinese)

7 郭旭东. 土地资源数量质量生态监测指标体系研究[J]. 国土资源情报,2014(10):32-38.

GUO Xudong. Research on index system of land resource quantity, quality and ecological monitoring [J]. Land and Resources Information, 2014(10):32-38. (in Chinese)

8 RASUAL G, THAPA G. Sustainability analysis of ecological and conventional agricultural systems in Bangladesh[J]. World Development,2003,31(10):1721-1741.

- 9 BRUNBJERG A K, BLADT J, BRINK M, et al. Development and implementation of a high nature value (HNV) farming indicator for Denmark[J]. *Ecological Indicators*, 2016,61: 274 – 281.
- 10 HAZEU G, MILENOV P. High nature value farmland identification from satellite imagery, a comparison of two methodological approaches[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014,30: 98 – 112.
- 11 MILENOV P, VASSILEVA V. Monitoring of the risk of farmland abandonment as an efficient tool to assess the environmental and socio-economic impact of the common agriculture policy [J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014,32: 218 – 227.
- 12 BEESLEY K B, RAMSEY D. Agricultural land preservation [J]. *International Encyclopedia of Human Geography*, 2009, 25(6):65 – 69.
- 13 张锐,郑华伟,刘友兆,等. 基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价[J]. *生态学报*,2013,33(16): 5090 – 5100.
ZHANG R, ZHENG H W, LIU Y Z, et al. Evaluation on cultivated land ecological security based on the PSR model and matter element analysis [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013,33(16):5090 – 5100. (in Chinese)
- 14 宇振荣,肖禾,张鑫,等. 中国土地生态管护内涵和发展策略探讨[J]. *地球科学与环境学报*,2013,35(4):83 – 89.
YU Zhenrong, XIAO He, ZHANG Xin, et al. Discussion on connotation and development strategies of land ecological stewardship in China [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2013, 35(4):83 – 89. (in Chinese)
- 15 张传华. 耕地生态安全评价研究[D]. 重庆:西南大学,2006.
ZHANG Chuanhua. A study of cultivated land ecological security appraisal[D]. Chongqing: Southwest University, 2006. (in Chinese)
- 16 徐辉,雷国平,崔登攀,等. 耕地生态安全评价研究——以黑龙江省宁安市为例[J]. *水土保持研究*,2011,18(6):180 – 189.
XU Hui, LEI Guoping, CUI Dengpan, et al. A study of cultivated land ecological security appraisal—a case study of Ning'an City in Heilongjiang Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2011,18(6):180 – 189. (in Chinese)
- 17 吴大放,刘艳艳,刘华毅,等. 耕地生态安全评价研究展望[J]. *中国生态农业学报*,2015,23(3):257 – 267.
WU Dafang, LIU Yanyan, LIU Huayi, et al. Progress on ecological security evaluation of cultivated land[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2015, 23(3):257 – 267. (in Chinese)
- 18 王千,金晓斌,周寅康,等. 河北省耕地生态安全及空间聚集格局[J]. *农业工程学报*,2011,27(8):338 – 344.
WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al. Cultivated land ecological security and spatial aggregation pattern in Hebei province [J]. *Transactions of the CSAE*, 2011, 27(8): 338 – 344. (in Chinese)
- 19 程红继. 河南省新密市耕地生态安全评价[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2015.
CHENG Hongji. The cultivated land ecological security evaluation in the city of Xinmi in Henan[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2015. (in Chinese)
- 20 李钢,尹鹏程,张季一,等. “智慧国土”建设探讨[J]. *测绘科学*,2014,39(8):62 – 66.
LI Gang, YIN Pengcheng, ZHANG Jiyi, et al. Exploration of e-government framework for smart Beijing[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2014, 39(8):62 – 66. (in Chinese)
- 21 段龙方. 面向遥感数据的云数据库技术研究与应[D]. 郑州:河南大学,2014.
DUAN Longfang. The research and application of cloud database technology for remote sensing data [D]. Zhengzhou: Henan University, 2014. (in Chinese)
- 22 青欣,胥光辉,戢瑶,等. 云数据库应用研究[J]. *计算机技术与发展*,2013,23(5):37 – 41.
QING Xin, XU Guanghui, JI Yao, et al. Research on application of cloud database[J]. *Computer Technology and Development*, 2013, 23(5):37 – 41. (in Chinese)
- 23 张银辉. 农用地地区卫星遥感耕地信息提取及其动态监测技术研究[D]. 泰安:山东农业大学,2002.
ZHANG Yinhui. Cultivated land information extraction and dynamic change monitoring in agricultural regions by satellite remote sensing [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2002. (in Chinese)
- 24 范延平,吴洪涛,邓颂平,等. 面向 SOA 的国土资源综合信息监管平台架构设计与实现[J]. *国土资源信息化*,2010(6): 29 – 36.
FAN Yanping, WU Hongtao, DENG Songping, et al. Build the land resources supervision platform based on SOA[J]. *Land and Resources Informatization*, 2016(6):29 – 36. (in Chinese)