

基于GIS的洛阳市耕地质量评价研究

刘 仪

云南财经大学财政与公共管理学院, 云南 昆明

收稿日期: 2022年10月31日; 录用日期: 2022年12月23日; 发布日期: 2022年12月31日

摘 要

耕地是国家宝贵的农业资源及生产要素, 耕地质量的高低直接决定粮食产量, 是关乎国家粮食安全和农业可持续发展的关键因素。评价耕地质量掌握分布特征, 根据质量分级现状开展针对性提升措施, 有利于促进农业布局优化, 确保国家粮食安全。本文以河南省洛阳市为例, 通过层次分析法构建洛阳市耕地质量评价体系, 利用ArcGIS空间分析功能处理研究数据, 利用累加法计算洛阳市耕地综合质量分并对洛阳市耕地质量进行等级划分。研究结果显示, 洛阳市东部地区耕地质量高于西部和南部, 质量较好的耕地主要分布在偃师区、孟津区、洛龙区、洛宁县、宜阳县以及汝阳县。依据洛阳市耕地质量空间分布特征, 本文分析其形成原因, 并提出加大配套设施建设力度、推行适宜的耕地利用方式、加大耕地保护力度三条建议, 为洛阳市日后的耕地管理提供参考。

关键词

GIS, 洛阳市, 层次分析法, 耕地质量评价

Study on Cultivated Land Quality Evaluation in Luoyang City Based on GIS

Yi Liu

School of Public Finance and Management, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Received: Oct. 31st, 2022; accepted: Dec. 23rd, 2022; published: Dec. 31st, 2022

Abstract

A crucial component of both national food security and sustainable agricultural development, arable land is a valuable agricultural resource and production factor for the nation. Its quality directly affects food production. It is helpful to optimize agricultural layout and ensure national food security to assess the quality of arable land to understand the distribution features and implement targeted improvement actions in accordance with the existing status of quality grading. Using

Luoyang City, Henan Province, as an example, this paper develops an evaluation system of the quality of arable land in Luoyang City through layer analysis, processes research data using the spatial analysis function of ArcGIS, calculate the comprehensive quality score of arable land in Luoyang City using the cumulative method, and categorizes the quality of arable land in Luoyang City. The study findings showed that the eastern portion of Luoyang City had superior agricultural quality than the western and southern areas of the city, and that the better cropland was primarily located in the districts of Yanshi, Mengjin, Luolong, Luoning, Yiyang, and Ruyang. This paper analyzes the causes of the spatial distribution characteristics of Luoyang City's arable land quality and makes three recommendations to increase the construction of supporting facilities, implement suitable arable land utilization methods, and increase the protection of arable land. These recommendations will serve as a guide for future arable land management in Luoyang City.

Keywords

GIS, Luoyang City, AHP, Cultivated Land Quality Evaluation

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

耕地是人类赖以生存的基本资源与条件, 耕地质量的好坏直接影响农业生产的发展, 保护耕地、不断提高耕地质量是促进农业可持续发展以及社会经济可持续发展的必要基础[1]。国外记录最早的耕地质量评价起源于为纳税工作服务的土壤定等[1], 15 世纪的莫斯科公园税册, 当时的统治者下令将土地分为上、中、下三个等别, 目的是利于全国范围内征收土地税。随后英国、奥地利等欧洲国家都为了征收土地税而开展耕地质量评价工作。1931 年, 英国根据土地潜力评价, 将全国土地划分为 7 个等级。1933 年美国土地相关学者拟出了世界上最早的乘除法土地评价系统, 最早在美国的加利福尼亚开始对土地质量进行分等的“斯托利指数分等”, 由 R.E 斯托利拟订, 从 1933 年拟订至今, 经过数次修改现在已经广泛地应用于世界各地; 1961 年美国农业部提出土地潜力分类系统(Land Capability Classification), 正式出现土地等级划分概念[2], 随后日本、加拿大等国家受到美国的影响也开始土地潜力评价。上世纪 70 年代以后, 欧美国家的遥感卫星技术不断成熟以及 GIS 技术在土地、农业领域的逐渐应用, 国外开展耕地质量评价的目的不再局限于为纳税服务; 1976 年, 联合国粮农组织从适宜性的角度提出了全世界第一个统一的土地评价系统《土地评价纲要》[3], 推动了各国的土地质量评价的进程, 这时, 土地质量评价开始为科学利用土地资源服务。土地可持续利用理论则是在 1993 年被首次提出, 按照 FAO 的定义, 此种评价方法包括生产性、稳定性、经济可行性以及社会可接受性, 从此耕地质量概念开始纳入可持续性的内涵[4]; 如今, 遥感技术、GIS 技术以及 GPS 技术的综合应用, 耕地质量评价的维度更加综合、精度更高, 成为定性和定量相结合的过程。我国于 1951 年首次针对耕地开展了全国性的查田定产, 但调查与评价较为定性且不够系统; 1983 年中国科学院自然资源综合考察委员会采用“土地潜力区 - 土地适宜类 - 土地质量等 - 土地限制型 - 土地资源单位”五级分类的方案[5], 编制完成了《中国 1:100 万土地资源图》, 这是我国第一套全面系统反映土地资源潜力和质量的专业性地图, 也是一项规模较大的耕地适宜性评价工作; 1999 年, 经国务院批准, 《1997 年~2010 年全国土地利用总体规划纲要》正式实施, 在这个规划纲要中, 第一次划定了对社会稳定、人民生存具有重大意义的基本农田范围; 2006 年, 十届全国人大四

次会议上通过的《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》明确提出，将原本划定的 16.28 亿基本农田保护区扩展至 18 亿亩耕地保护红线，这是硬性的约束性指标；2007 年，我国启动了全国第二次土地调查，对农村土地、城镇土地以及基本农田的利用状况以及土地权属做了详细的调查，建立了全国土地利用数据库，编制了全国、省、市、县系列土地利用图件以及各项专题图件，对全国土地资源数量和质量的了解更进一步；2012 年农业部颁布的《高标准农田建设标准》，对农田建设质量作了统一的要求；2017 年，国家启动全国第三次土地调查，利用更高精度遥感影像以及实地走访对全国土地利用现状、不动产权属、基本农田状况进行调查，根据调查结果汇总形成新一期全国土地利用数据库，对当前土地状况了解更加清楚、全面。

我国耕地面积逐年减少，人地矛盾越发突出，人口快速增长和粮食供给安全的矛盾亟需解决[6]。掌握不同地区、不同利用方式下耕地质量的变异规律与特征，进行耕地质量评价，对于提高我国耕地质量、指导土地资源管理、确保国家粮食安全以及促进社会经济可持续发展具有重大意义[7]。本文以洛阳市为例，对洛阳市的耕地质量状况展开研究，利用 GIS 空间分析功能进行数据处理并生成洛阳市耕地质量空间分布图，分析得出洛阳市基于 GIS 空间分析的耕地质量评价结果，以期对洛阳市农业部门相关决策有所帮助。

2. 相关概念

2.1. 耕地

根据中华人民共和国质量监督检验检疫局和国家标准化管理委员会于 2007 年联合发布的《土地利用现状分类》，耕地是指种植农作物的土地，包括熟地，新开发、复垦、整理地，休闲地，以及种植农作物为主，间有零星果树、桑树或者其他树木的土地，平均每年能保证收获一季的已垦滩涂和海涂，以及其他临时改变用途的耕地。在 2017 年下发的新版《第三次全国土地调查工作分类》中，耕地一级大类下有三个二级类，分别是水田、水浇地和旱地。综上所述：耕地是人类生存的宝贵资源，是人类活动的特殊载体，是用于种植农作物获取粮食的生产资料[8]。但一些地区利用不当、保护不力，致使耕地不断减少、耕地质量不断降低，为了保障粮食安全和维护社会稳定，需要加大耕地保护力度。

2.2. 耕地质量

随着社会经济发展和自然环境变化，耕地质量的内涵和支撑理论不断完善和丰富，目前针对耕地质量的概念及内涵尚未得出一个普遍定论。上世纪末期，国内学者主要从土地生产力的角度定义耕地质量，如陈斌等人认为耕地土壤质量包括生产质量和环境质量两种，分别指的是土壤肥力和土壤污染的程度[9]；邹德生认为耕地质量应从养分、盐渍化、根区水热状况等 7 个方面的特性进行综合评价。进入 21 世纪后，国外土地可持续利用理论的传播开始影响到国内学者对耕地质量的定义，学者们开始将耕地质量和生态环境、可持续性、适宜性等方面的内容结合考虑，吴群认为衡量耕地质量主要从耕地适宜性、耕地生产潜力以及耕地现实生产力三个方面进行[10]；刘友兆等人[11]认为耕地质量指的是构成耕地的各种自然因素和环境条件状况综合，变现为耕地生产能力的高低、耕地环境状况的优劣以及耕地产品质量的高低；李丹等认为耕地质量应该包含本底质量、健康质量和经济质量三个部分[12]。综上所述，耕地质量的内涵和概念随着社会经济发展和人类对耕地资源的需求变化日渐丰富，是以土壤质量为基础包含环境质量、经济质量和管理质量四个方面的总和[13]。

2.3. 耕地质量评价

耕地质量评价是基于特定目的的专项或综合评价，从查定田产、地力分析、土壤形状的评定到考虑自然、经济、管理的“人地一体化资源管理评价”[4]。通过运用一系列的研究方法，选取评价因子，制

定评价指标体系，对国家、区域等尺度的耕地质量状况做出评定。

3. 研究方法及数据来源

3.1. 研究区概况

洛阳市位于河南省西部，北接济源，南与南阳毗邻，西临三门峡，东接郑州。地处东经 $118^{\circ}08' \sim 112^{\circ}59'$ ，北纬 $33^{\circ}39' \sim 35^{\circ}05'$ ，土地总面积为 15229.83 平方公里，其区位与高程如图 1 所示。洛阳市地势起伏较大，西高东低地貌差异明显，境内西部和南部有熊耳山、伏牛山等海拔大于 1000 米的山脉，东部多平原。洛阳市位于我国秦岭—淮河一线以北，属于大陆性季风气候，冬季寒冷干燥，夏季高温多雨。全市的土地利用表现出明显的地带性，洛阳市北部主要种植水果、粮食，中部为河谷山地主要种植蔬菜，西南部土地利用的主导方向以林木抚育和生态保护为主。洛阳市平均年积温为 5154.8 度，由北向南随着海拔增高而降低，平均年降水为 546 mm，同样受地形地势的影响，南多北少。洛阳市毗邻省会郑州，有很大的区位优势，2019 年末洛阳市总人口 717.02 万人，比上年末增加 3.35 万人，城镇常住人口 409.10 万人，城镇化率为 59.10%；2014 年洛阳市生产总值 3284.6 亿元，较上一年增长 9%，经济发展态势良好，人均生产总值 49417 元比去年增长 8.2%，人民生活水平不断提高。其中第一产业产值 232 亿元，第二产业产值 1677.3 亿元，第三产业产值 1375.3 亿元，总人口达到 696.2 万人，乡村从事农业人员 291.8 万人。

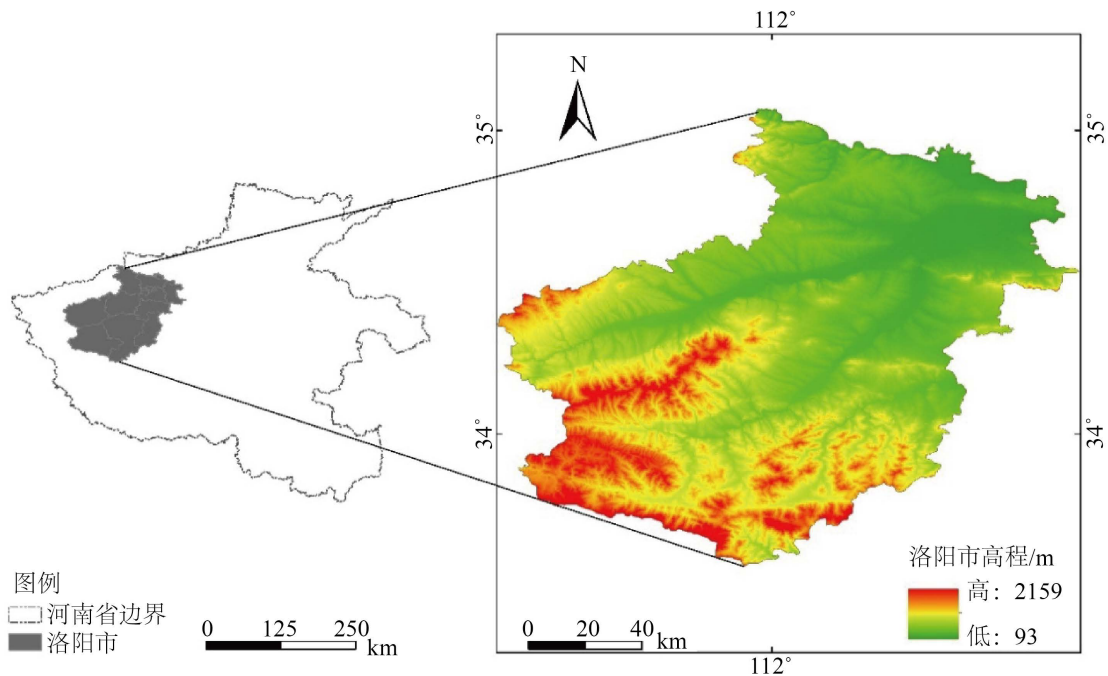


Figure 1. Location and elevation map of Luoyang
图 1. 洛阳市区位与高程图

3.2. 研究内容

本文的研究内容主要是以洛阳市遥感数据以及经济统计年鉴数据为基础，选用层次分析法确定各项评价指标的权重，利用 ArcGIS 的空间分析功能计算出各项指标得分并累加计算出每个评价单元的耕地质量分，最后形成洛阳市耕地质量空间分布图。本次研究致力于建立起洛阳市耕地质量评价的体系，根据适宜性和主导性原则选取确定了土壤质地、土壤有机质、年降雨量、年积温、耕作水平、灌溉条件、地

形坡度、海拔高度共 8 个洛阳市耕地质量评价指标, 收集获取洛阳市行政区划图、土地利用现状图以及以上八个指标的属性数据, 根据层次分析法计算指标权重, 利用 ArcGIS 空间分析功能进行数据处理, 用求和法计算评价单元的综合耕地质量分, 根据求得结果探讨洛阳市的耕地质量地域差异以及分布特征, 针对洛阳市总体耕地质量水平提出相应的耕地质量改善建议, 以期较为准确的反应洛阳市耕地的质量状况并为日后的耕地质量管理提供参考。

3.3. 研究路线和方法

3.3.1. 技术路线

本研究技术路线如图 2 所示:

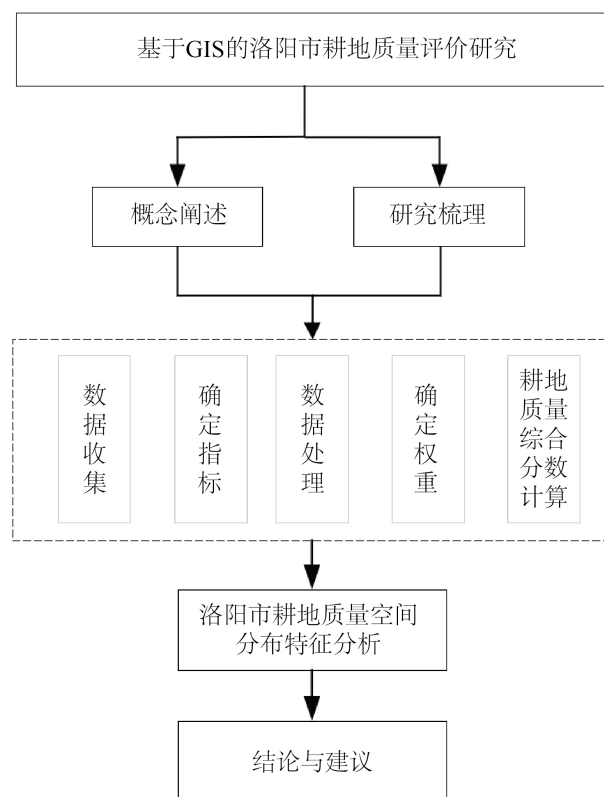


Figure 2. Technical roadmap for arable land quality evaluation study in Luoyang

图 2. 洛阳市耕地质量评价研究技术路线图

3.3.2. 研究方法

1) GIS 技术。GIS 技术主要应用于空间信息分析, 可以有效处理具有空间属性的各项地理资源信息, 在农业、林业、地质等各领域充当调查和数据处理的工具, 为数据存储、分析、管理以及共享提供专业平台[14] [15] [16] [17] [18]。利用 GIS 技术开展研究区域的空间属性分析, 能够存储大量属性数据, 综合分析各项指标, 其结果直观准确, 被广泛用于土地适宜性或多元性调查[19] [20]、土地持续利用评价[21] [22] [23]、土地利用以及土地覆盖的现状研究[24], 本研究基于 GIS 技术完成数据处理和结果的可视化分析, 对洛阳市耕地质量空间分布特征进行评价。

2) 层次分析法: (Analytic Hierarchy Process 简称 AHP)是匹茨堡大学教授、美国运筹学专家 T.L. Saaty

于上世纪七十年代初期提出的一种定性和定量相结合的方法[25]。此方法最初应用于为美国工业部门根据社会福利贡献的多少分配电力，主要思想是通过将复杂决策问题分解为若干层次和因素，利用较少的定量信息建立判断矩阵，通过计算判断矩阵的特征值和特征向量使决策的结果数学化，具有层次化的特点，并体现了系统综合的优势[25]。

本研究采用层次分析法计算各指标的权重。首先将决策的问题分为三个层次，建立起层次结构模型。最上层为目标层即耕地质量，中间层为准则层包括土壤条件、气候条件、利用条件以及地形条件，最下层是指标层。单个层次之间连线形成层次分析结构图，标号 1, 2, 3, 4……的数据为选取指标。层次分析结构图如图 3 所示。

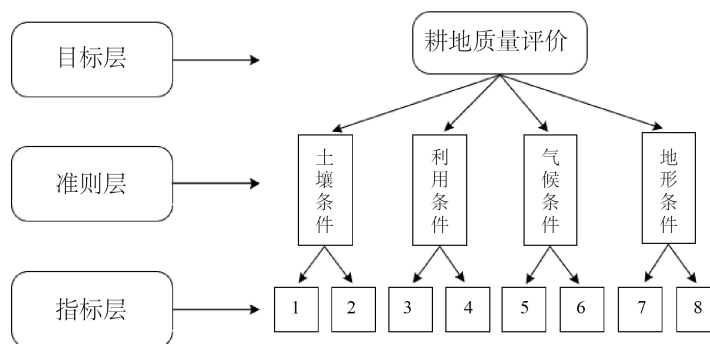


Figure 3. Hierarchical analysis structure chart

图 3. 层次分析结构图

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

在进行一次性检验时，首先计算一次性检验指标 CI (见公式 1)，RI 是平均随机一致性指标，其数值可以查阅表格得知， λ_{\max} 是矩阵的最大特征根， n 是该判断矩阵的阶数。然后利用上述公式 2，计算随机一致性比率值，一般情况下，如果 CR 小于 0.10，那么认为该矩阵的不一致性在可接受范围内，具有满意的一致性，通过检验，否则需要重新构造对比矩阵，对准则层和指标层作出一定调整。

3.4. 指标选取

3.4.1. 指标选取的原则

在选取指标时，必须综合考量研究区域的地理特征和生产状况，分析确定对研究区域耕地质量影响因子相对较大的指标。所以在选取指标时需要遵循以下几个原则[26] [27]:

- 1) 整体性的原则：选取指标需要对全市范围内的耕地质量具有大致相同的影响度；
- 2) 完整性原则：选取的若干指标应该全面反映准则层的要素，在后续分析中才能得出更科学客观的耕地质量评价结果；
- 3) 实用性原则：选取的指标应该容易获取和观测，它的赋值和权重计算过程最好能被人们直观理解；
- 4) 科学性原则：选择的指标对全市的耕地质量状况有较好的反映，通过科学的计算之后能直观反映研究区域耕地质量分布的空间特征；
- 5) 相对稳定性原则：被选取指标年际变化不宜过大，对耕地质量的影响情况差异过大不利于稳定的反映研究区的耕地质量状况。

3.4.2. 选取指标

按照以上原则,综合考察洛阳市的气候特征、土壤性状以及地力水平等实际情况,本文选取了年降雨量、海拔、积温、土壤有机质、土壤质地、坡度以及粮食单产和农业现代化水平共八个指标对洛阳市的耕地质量进行评价分析。

3.5. 数据来源

本研究使用的洛阳市土地利用数据来源于地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>)网站,下载的2001年、2006年、2010年和2015年的四期河南省LANDSAT遥感影像,云量小于10%,分辨率为30米,数据质量较好满足后续分类要求;土壤数据来源于国家青藏高原科学数据中心[28],数据源为1995年全国第二次土地调查由南京土壤所提供的1:1000000土壤数据;积温和降水数据来源于worldclim version 2.0(<https://worldclim.org/>)网站2000年历史数据,经arcgis处理NC循环文件得到;高程数据和行政边界数据来源于中科院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>);坡度数据经高程数据3D分析得到。

3.6. 确定评价单元

评价单元是自然性状和经济性状相统一的耕地单元,其划分的目的是区分研究区域耕地质量的差别,本文主要是利用ArcGIS研究区域的地理图件以及属性数据进行处理。最初的工作底图为洛阳市2018年土地利用现状图。我们把土地利用现状图上的耕地图斑作为评价对象,然后叠加地形图以及土壤图,经过以上步骤的图件处理之后,得到147370个评价单元,形成洛阳市耕地质量评价工作底图如图4所示。

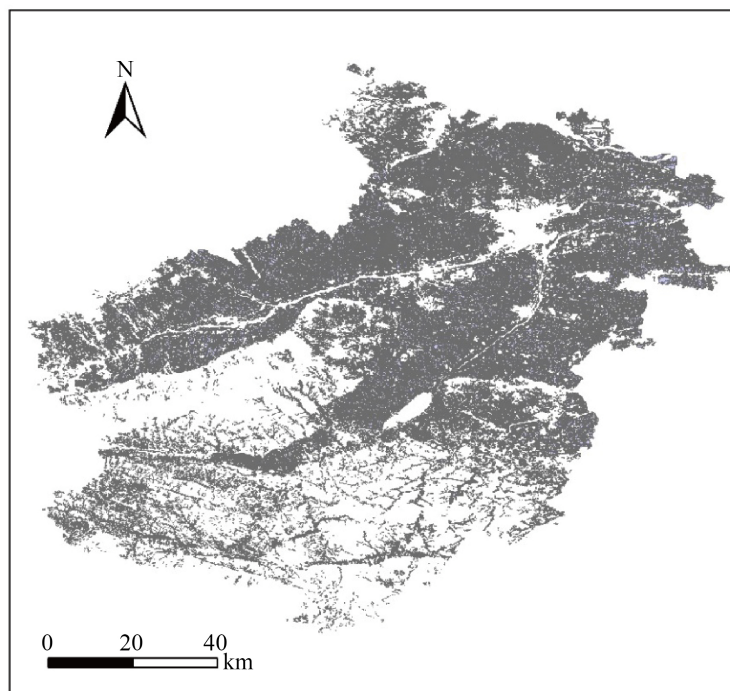


Figure 4. Evaluation unit map of Luoyang

图4. 洛阳市评价单元图

3.7. 数据处理

在本文中选取的指标中,积温、年降水、土壤类型、有机质含量、耕作水平、灌溉条件六个指标都

使用自然断点法进行分级，坡度和海拔根据自然分布规律进行分级。

3.7.1. 洛阳市土地利用现状图

在 ArcGIS 中添加洛阳市 2018 年土地利用图，点开属性表查看洛阳市耕地分类，按属性选择“水田”、“水浇地”以及“旱地”。添加字段名称“耕作水平”以及“灌溉条件”，由于耕作水平指标量化比较繁琐，本研究选取洛阳市县域粮食单产作为量化该指标的数据，通常情况下，耕作水平越高粮食产量越高。随后根据洛阳市主导农作物的种植情况以及洛阳市冬季寒冷干燥夏季高温多雨的气候特征，使用字段计算器为三种地类的“灌溉条件”属性赋值。然后利用 ArcGIS 的转换工具 to raster 将两个字段转为栅格数据，最后利用转换工具的裁剪根据洛阳市行政区划界限图层裁剪“灌溉条件”以及“耕作水平”图层，使用自然断点法进行五个级别的重分类。

3.7.2. 土壤类型以及有机质含量

洛阳市土壤类型共计 16 种，分别为冲积土、红粘土、潞育水稻、石灰性砂土、白浆化棕、淋溶褐土、黄棕壤性土、黄绵土、棕壤、潮土、褐土性土、石灰性褐土、棕壤性土、中性石质、新积土、潮褐土。本研究参考前人研究的基础上[29] [30] [31] [32]结合专家打分法对洛阳市土壤质地进行打分，结果如表 1 所示。

Table 1. Expert scoring values for soil types in Luoyang

表 1. 洛阳市土壤类型专家打分分值

土壤类型	分值	土壤类型	分值
黄绵土	4	新积土	6
棕壤	4	潞育水稻	2
冲积土	2	石灰性砂土	2
红粘土	2	潮褐土	6
潮土	4	中性石质	4
褐土性土	4	白浆化棕土	2
石灰性褐土	4	淋溶褐土	2
棕壤性土	4	黄棕壤性土	2

有机质含量是判定土壤条件的一个重要指标。本文使用自然断点法对洛阳市土壤有机质含量进行重分类。最后矢量化图层并裁剪，最终得到有机质和质地的等级分布结果。

3.7.3. 年积温和年降雨量

积温是表征研究区域热量的指标，通常用于衡量研究区域的热量条件能否满足农作物的生长发育。积温受海拔以及地形的影响较大，洛阳市南高北低，积温自南向北递减。本文将收集到的积温数据进行分级处理得到洛阳市积温空间分布结果。

降雨量的多少直接影响区域的耕作水平，对于农作物产量影响很大，尤其是对于相对干旱的北方城市而言。洛阳市水田和水浇地占比只有 17%左右，本文选取年降雨量作为评价洛阳市耕地质量的一个指标，目的是从区域水资源可利用情况出发，综合评价耕地质量。采用自然断点法进行年降雨量的分级处理，得到了洛阳市年降雨量的空间分布结果。

3.7.4. 坡度和海拔

洛阳市地形起伏大，西部山区伏牛山、熊耳山海拔均超过 1500 米，而东部平原海拔较低，平均海拔 350 米左右。海拔作为一个对耕地质量影响较大的地理因子主要影响气温，从而影响农作物的生长周期以及产量。根据洛阳市的地形地势特点进行分级处理，得到洛阳市海拔等级分布结果。

坡度大小直接影响农作物根系吸收水分和养分的情况，此外坡度过大容易引起水土流失造成土壤营养物质的快速流失，所以本文选择坡度作为耕地质量评价研究的指标。洛阳市西南坡度大，东部坡度小，根据分异规律将坡度图和海拔图重采样统一分辨率，然后进行重分类得到两者的空间分布结果。

3.8. 指标权重确定

本文将采用层次分析法计算各指标的权重。首先将决策的问题分为三个层次，建立起层次结构模型。最上层为目标层即耕地质量，中间层为准则层包括土壤条件、利用条件以及气候条件和地形条件，最下层是指标层。单个层次之间连线形成层次分析结构图(图 1)，标号 1, 2, 3, 4...的数据为选取指标。本研究在计算指标权重时，先建立层次结构模型然后构造比较矩阵，将指标层和准则层的要素两两对比，对比结果有同等重要、稍微重要、明显重要、强烈重要、极端重要，取值范围是 1~9 以及他们的倒数之间，判断矩阵如表 2、表 3 所示。

Table 2. Target layer judgment matrix

表 2. 目标层判断矩阵

项目	A1	A2	A3	A4
土壤条件	1	$\frac{1}{2}$	3	2
利用条件	2	1	4	3
气候条件	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	1	$\frac{1}{2}$
地形条件	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	2	1

一致性指标 $CI = 0.0103$ 查表得知 $RI = 0.9$

$CR = 0.011 < 0.10$ ，一致性检验合格

Table 3. Criterion level judgment matrix

表 3. 准则层判断矩阵

指标	A11	A12	A21	A22	A31	A32	A41	A42
土壤质地	1	3	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	2	3	3	3
有机质	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
灌溉条件	4	6	1	$\frac{1}{2}$	5	6	6	6
耕作水平	3	3	2	1	2	2	2	2
年降雨量	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	1	2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$

Continued

年积温	$\frac{1}{3}$	2	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$
地形坡度	$\frac{1}{3}$	2	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	3	3	1	2
海拔高度	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	2	2	$\frac{1}{2}$	1

一致性指标 $CI = 0.12001439$ ，查表得知 $RI = 1.41$

$CR = 0.08511659 < 0.10$ ，一致性检验合格。

在构建矩阵过程中可能出现 a 比 b 重要，b 比 c 重要但 c 又比 a 重要等类似的逻辑错误，所以需要对该矩阵进行一次性检验，确定矩阵不一致的允许范围。经过一致性检验，准则层的判断矩阵的随机一致性比率值 CR 为 0.011469，小于 0.1，通过一次性检验；指标层的随机一致性比率值 CR 为 0.08511659，小于 0.1，通过一次性检验，最终得到洛阳市耕地质量评价指标权重值，结果如表 4 所示。

Table 4. Evaluation indicators and weights of arable land quality in Luoyang

表 4. 洛阳市耕地质量评价指标及权重

评价因素	代码	权重	评价指标	代码	权重
土壤条件	A1	0.27714	土壤类型	A11	0.135299
			有机质	A12	0.049044
利用条件	A2	0.465819	灌溉条件	A21	0.313779
			耕作水平	A22	0.210491
气候条件	A3	0.09597	年降雨量	A31	0.061359
			年积温	A32	0.054609
地形条件	A4	0.16107	地形坡度	A41	0.104185
			海拔高度	A42	0.071235

3.9. 计算综合耕地质量分

经过 ArcGIS 的空间分析，已经得到每个评价单元各项指标的得分值，根据之前计算出来的指标权重，可以计算出每个评价单元的耕地质量分。公式如下：

$$Q_j = \sum_{i=1}^8 P_{ij} * W_{ij} \quad (i=1,2,\dots,5; j=1,2,\dots,n) \quad (3)$$

Q_j 是第 j 个单元的耕地质量综合分， P_{ij} 是第 j 个评价单元第 i 个指标的得分， W_{ij} 是第 j 个单元第 i 个指标的权重， n 就是评价单元的个数。洛阳市耕地质量分级表如表 5 所示。

Table 5. Arable land quality grading table in Luoyang

表 5. 洛阳市耕地质量分级表

等级	一级	二级	三级	四级	五级
	很好	较好	中等	较差	最差
分值	6.37~7.47	5.85~6.32	5.58~5.85	5.26~5.58	4.38~5.26
面积 ha	44,504	120,524	109,813	117,087	26,041
比例	10.65%	28.84%	26.67%	28.01%	6.23%

4. 结果分析

本研究基于专家打分法确定各指标分数，利用层次分析法确定各指标权重，最后依托 ArcGIS 软件平台进行空间分析得到洛阳市耕地质量评价图，结果如图 5 所示。结合表 5 和图 5 可以看出，洛阳市耕地质量水平处于中等，四、五两级质量较差的耕地占耕地总量的 34.24%，一、二两级较好的耕地占耕地总量的 39.49%，包括三级在内的中等以上水平的耕地面积占总量的 65.76%。二等地最多，其次是四等地、三等地、一等地以及五等地。

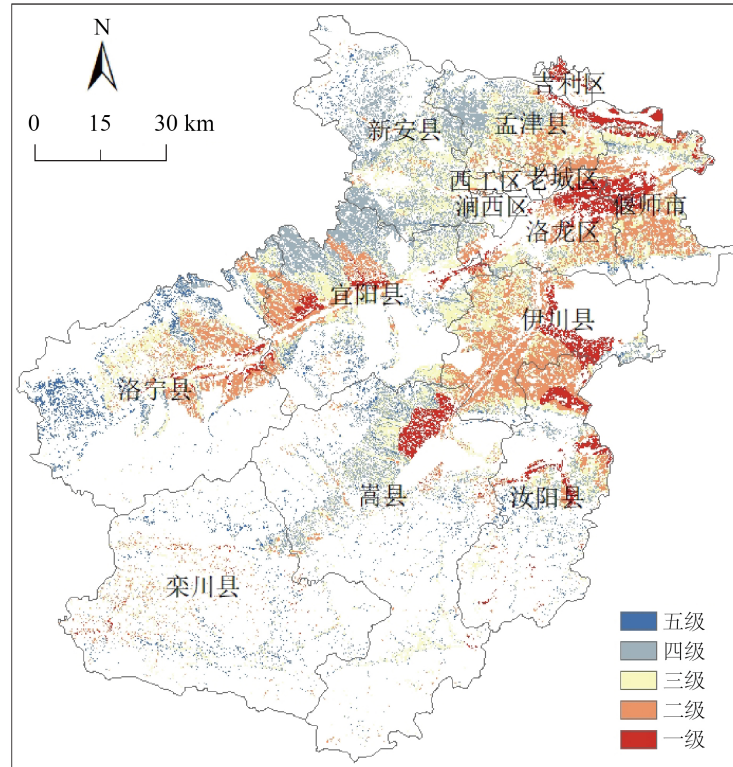


Figure 5. Evaluation chart of arable land quality in Luoyang
图 5. 洛阳市耕地质量评价图

- 1) 洛阳市耕地质量水平总体呈东北向西南递减的趋势。
- 2) 一级耕地主要分布在洛宁县东部小范围地区，栾川中部小范围地区，宜阳县中部，嵩县北部，伊川县中部，偃师市西部和汝阳市东部以及吉利区的大部分地区。
- 3) 二级耕地主要分布在洛宁县中东部，宜阳县北部地区，伊川县南部地区，汝阳县北部地区，洛龙区中部，偃师市南部以及孟津县南部较大范围地区。
- 4) 三级耕地主要分布在伊川县西部地区，孟津县南部地区，洛龙县南部地区以及偃师市东北部。
- 5) 四级耕地主要分布在新安县东北部，洛宁西南部宜阳东南部以及西南部，孟津县东北部小范围地区，汝阳县中部地区以及涧西区大部分区域。
- 6) 五级耕地主要分布在宜阳县北部以及孟津县西北部还有新安县中部地区。通过分析比较得知，洛阳市耕地质量东部高于西部，北部高于南部，呈现明显的地域分布规律。

形成这种分布规律主要有以下几个原因：

1) 洛阳市属于豫西北地区,地势起伏较大,南部多山,伏牛山、熊耳山等海拔均在 1500 米以上,年积温相较于北部平原地区较低。由于受到一定热量条件的限制,栾川县、嵩县、汝阳县的粮食公顷产量明显低于北部孟津县以及新安县。

2) 洛阳市北部平原,由于受到南部山区的阻挡,年降雨量明显少于南部。但北部地势平坦,坡度起伏小,降雨能够有效下渗而不至于受坡度较大的影响快速冲刷土壤带走营养物质。同时平原地形更有利于机器耕作以及灌溉设施的建设,根据洛阳市 2014 年统计年鉴得知,包括吉利区(现属孟津区)、洛龙区、孟津县(现属孟津区)、伊川县、偃师区以及新安县在内的北部六地区的大中型拖拉机数量占全市总数的 65%。

3) 洛阳市土壤质地以褐土与红粘土以及棕壤居多,土壤肥力不高。分布在南部丘陵山地地区的黄棕壤、棕壤淋溶作用强烈,加上坡度较大,南部降雨较多,肥力难以保持。东部平原坡度小,有较好的灌溉设施,一定程度上缓解了降雨较少的困难,土壤水分以及有机质含量相对西部地区较好,使得东部孟津、西工等地粮食单产更高。

5. 结论与建议

5.1. 结论

1) 对洛阳市耕地的土壤条件、地形条件以及社会经济条件综合比较和分析,根据代表性原则和敏感性原则选取了 8 个评价指标,建立洛阳市耕地质量评价体系,可以有效实现对洛阳市耕地质量的综合评价,提高了此次研究的精准度和针对性,体现了当前耕地质量评价综合维度、全面覆盖的特点。

2) 依托 ArcGIS 空间分析工具对收集到的数据进行处理,采用专家打分法、层次分析法计算指标权重,用求和法计算评价单元的综合质量分,将洛阳市耕地质量分为五个等级,一等级耕地面积 44,504 ha,占耕地总面积 10.65%,二等级耕地面积 120,524 ha,占耕地总面积 28.84%,三等级耕地面积 109,813 ha,总总面积 26.67%,四等级耕地面积 117,087 ha,占总面积 28.01%,五等级耕地面积 26,041 ha,占 6.23%。

3) 通过以上分析,得到洛阳市耕地质量空间分布图,对洛阳市整体耕地状况有了全面的了解,掌握了不同级别耕地的空间分布特征,对全市的耕地分布规律做了总结。耕地质量的高低直接影响粮食产量以及农业收入,作为城市化不足 60%的洛阳市,更需要对耕地严格加以保护。洛阳市耕地质量整体一般,存在较多需要改善的问题,例如东西部耕地质量差异明显,粮食产量对比明显,因此对耕地质量较差的地区应该出台相关政策和帮扶措施,因地制宜选择农产品种类,普及科学的耕作制度和方式,减少农药播撒,适当休耕,提高粮食产量。

5.2. 建议

通过上述的研究分析,对洛阳市的整体耕地质量有了更深入的认识,结合实际情况和专家建议,拟定下列三条建议,为提高洛阳市耕地质量和科学管理土地给出实际参考。

1) 加大配套设施建设力度

洛阳市地处河南西部,属于大陆性气候,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,年平均降水量为 546 mm 且空间分布不均,洛阳市耕地地类较少,其中旱地和水浇地占耕地总面积 98%左右,所以灌溉设施对洛阳市农业发展具有极其重要的意义。洛阳市应该统筹规划耕地所需机井数量,科学布置水井位置,不断提高灌溉条件。同时及时修缮田间道路,为拖拉机以及打井作业车等机械的通行创造道路条件。通过一系列举措不断完善配套设施,促进农业耕作水平的提高。

2) 推行适宜的耕地利用方式

洛阳市的土壤质地主要有棕壤、红粘土、黄绵土、褐土等,土壤侵蚀比较严重,为了提高土壤肥力,

作为主要发展旱作农业的洛阳市要推广合理的耕作方式。例如聘用专业人员下乡宣讲,普及土壤质地的基本知识,倡议广大农民针对土壤性状的不同特征合理施用化肥以及微量元素肥料,争取提高土壤的有机质含量改善土壤质地,提高土壤肥力。同时要注重因地制宜种植农作物,不要忽视客观的地理气候条件盲目种植不适宜本区域的作物。最后要注意土壤肥力的保持,适当推行轮作的耕作方式。

3) 加大耕地保护力度

耕地是人类生存的生命线,耕地数量和耕地质量都需要严格加以保护。洛阳市应该就耕地质量保护出台相关的政策规定,严禁非法占用耕地或无故降低耕地质量。洛阳市农业主管部门可以在全市范围内建立耕地质量监测点,根据土壤性状和种植农作物的布局科学合理地布局监测点,形成洛阳市完整的耕地质量检测体系。不断加强对监测技术人员的技术培训,保证监测水准,搭建信息化和数字化的耕地质量监测平台,实现洛阳市的耕地质量动态监测。同时,各乡镇要落实耕地质量的保护工作,加大宣传力度,普及耕地保护的重要意义以及私自占用耕地的严重后果,普及农药化肥的使用知识,乡镇管理部门与耕地的实际承包人签订保护协议,将耕地质量保护的责任落实到个人。

参考文献

- [1] 闵宗殿. 中国农史系年要录(科技编) [M]. 北京: 农业出版社, 1989.
- [2] (1961) Land-Capability Classification: Agriculture Handbook No. 210. Us Department of Agriculture, Washington DC.
- [3] Smyth, A.J., Dumanski, J. (1993) FELSM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management. World Soil Resources Report, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- [4] 付国珍, 摆万奇. 耕地质量评价研究进展及发展趋势[J]. 资源科学, 2015, 37(2): 226-236.
- [5] 中华人民共和国国土资源部. GB/T 28047-2012 农用地质量分等规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [6] 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.
- [7] 徐明岗, 卢昌艾, 张文菊, 等. 我国耕地质量状况与提升对策[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(7): 8-14.
- [8] 段武德. 中国耕地质量调控技术集成研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2011.
- [9] 陈斌, 吉训凤, 赵峰, 季应明. 关于耕地土壤质量管理的思考[J]. 农业环境与发展, 1995(2): 9-11.
- [10] 吴群. 耕地质量、等级与价格刍议[J]. 山东省农业管理干部学院学报, 2002(1): 73-74+76.
- [11] 刘友兆, 马欣, 徐茂. 耕地质量预警[J]. 中国土地科学, 2003, 17(6): 9-12.
- [12] 李丹, 刘友兆, 李治国. 耕地质量动态变化实证研究——以江苏省金坛市为例[J]. 中国国土资源经济, 2004, 17(6): 22-25+47.
- [13] 陈印军, 肖碧林, 方琳娜, 等. 中国耕地质量状况分析[J]. 中国农业科学, 2011, 44(17): 3557-3564.
- [14] 刘勇, 井文涌. 地理信息系统技术及其在环境科学中的应用[J]. 环境科学, 1997(2): 64-67+97.
- [15] 潘辉, 罗彩莲, 谭芳林. 3S 技术在湿地研究中的应用[J]. 湿地科学, 2006, 4(1): 75-80.
- [16] 彭盛华, 赵俊琳, 袁弘任. GIS 技术在水资源和水环境领域中的应用[J]. 水科学进展, 2001, 12(2): 264-269.
- [17] 沈芳, 黄润秋, 苗放, 罗文强. 区域地质环境评价与灾害预测的 GIS 技术[J]. 山地学报, 1999, 17(3): 338-342.
- [18] 吴焕萍. GIS 技术在气象领域中的应用[J]. 气象, 2010, 36(3): 90-100.
- [19] 彭晓鹏, 赵克飞. 基于 GIS 的山地城镇空间拓展土地适宜性评价——以大埔县为例[J]. 热带地理, 2013, 33(4): 480-488.
- [20] 郑文武, 田亚平, 邹君, 等. 基于 GIS 的南方丘陵生态脆弱区土地利用适宜性研究——以衡阳盆地为例[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(6): 79-83.
- [21] 刘芳, 张红旗. 我国农产品主产区土地可持续利用评价[J]. 自然资源学报, 2012, 27(7): 1138-1153.
- [22] 孙雁, 刘友兆. 基于细碎化的土地资源可持续利用评价——以江西分宜县为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(5): 802-810.
- [23] 张利华, 薛重生. “3S”技术在土地可持续利用决策中的应用[J]. 国土与自然资源研究, 2004(2): 50-51.

- [24] 郭旭东, 傅伯杰, 马克明, 等. 基于 GIS 和地统计学的土壤养分空间变异特征研究——以河北省遵化市为例[J]. 应用生态学报, 2000(4): 557-563.
- [25] 张吉军. 模糊层次分析法(FAHP) [J]. 模糊系统与数学, 2000: 80-88.
- [26] 农肖肖, 何政伟, 吴柏清. ARCGIS 空间分析建模在耕地质量评价中的应用[J]. 水土保持研究, 2009, 16(1): 234-236.
- [27] 张正峰, 陈百明, 郭战胜. 耕地整理潜力评价指标体系研究[J]. 中国土地科学, 2004, 18(5): 37-43.
- [28] 孟现勇, 王浩. 基于世界土壤数据库(HWSD)土壤数据集(v1. 2) [Z]. 国家青藏高原科学数据中心, 2018.
- [29] 程晋南, 赵庚星, 张子雪, 等. 基于 GIS 的小尺度耕地质量综合评价研究——以山东省丁庄镇为例[J]. 自然资源学报, 2009, 24(3): 536-544.
- [30] 韩会庆, 蔡广鹏, 张凤太, 等. 基于 GIS 的喀斯特地区耕地质量评价——以贵州省绥阳县为例[J]. 水土保持研究, 2011, 18(6): 129-131+135+297.
- [31] 黄厅厅, 卢德彬, 杨建. 基于 GIS 的省级耕地质量综合评价及时空演变分析——以贵州省为例[J]. 水土保持研究, 2017, 24(3): 253-257.
- [32] 徐胜祥, 贺立源, 鲁明星, 等. GIS 支持下的湖北省江陵县耕地质量评价及对粮食安全的影响研究[J]. 农业现代化研究, 2006, 27(2): 148-152.