

基于 GIS 的长江中游耕地地力评价

——以安陆市为例

唐建华¹ 刘科¹ 苗洁² 田小波¹

1 重庆市规划和自然资源调查监测院 2 华中农业大学资源与环境学院

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1731

[摘要] 为掌握长江中游耕地地力基本情况,以安陆市为例,采用GIS技术叠置土壤图、土地利用现状图和地貌图生成评价单元,选取耕层厚度、成土母质、有机质等11个指标,运用层次分析法、模糊数学法和专家打分法建立耕地地力评价体系及其模型,开展对耕地地力评价并分析空间分布情况,为指导农业生产、农业结构调整提供科学依据。

[关键词] GIS; 地力评价; 克里格插值; 模糊数学

中图分类号: G623.5 **文献标识码:** A

GIS-based evaluation of cultivated land fertility in the middle reaches of the Yangtze River

——Take Anlu City as an example

Jianhua Tang¹ Ke Liu¹ Jie Miao² Xiaobo Tian¹

1 Chongqing Institute of Surveying and Monitoring for Planning and Natural Resources

2 College of Resources&Environment of Huazhong Agricultural University

[Abstract] In order to grasp the basic situation of farmland fertility in the middle reaches of the Yangtze River, taking Anlu City as an example, GIS technology was used to overlay soil maps, land use status maps, and geomorphological maps to generate evaluation units. Eleven indicators such as topsoil thickness, soil parent material, and organic matter were selected, and the Analytic Hierarchy Process, Fuzzy Mathematics, and Expert Scoring Method were used to establish a farmland fertility evaluation system and model. The evaluation of farmland fertility was carried out and the spatial distribution was analyzed, providing scientific basis for guiding agricultural production and structural adjustment.

[Key words] GIS; fertility evaluation; Kriging interpolation; fuzzy math

引言

耕地是人类赖以生存的基本资源和条件,是粮食生产的介质。城市化进程的推进使耕地面积不断减少,水土流失和土地荒漠化等问题也造成耕地质量下降,为了解决这些问题,科学有效的管理耕地,需要开展耕地评价,实现农业结构调整、保证粮食生产安全,对农业可持续发展有着重要意义。

我国在新中国成立后才开始较为系统的耕地评价,其发展历程概括为三个阶段。20世纪50年代至80年代初为第一阶段,政务院在1950年为解决人民的吃饭问题召开了全国土壤肥料大会,决定开垦荒地,并研究中低产田的改良措施和途径,这一阶段的研究主要是为了指导农业生产,耕地评价的经验色彩较浓。20世纪80年代中期至90年代末期为第二阶段,一些学者将国外的理论和方法引入进来,加快了耕地评价的发展,于20世纪八十

年代末开展的全国第二次土壤普查,重点对耕地生产能力和基本性状进行了评价,形成了《中国土壤普查数据》、《中国土种志》以及土壤养分图等成果。21世纪后为第三阶段,这一时期,层次分析法、模糊数学和专家系统等理论被引入到耕地地力评价中,通过对信息的科学处理避免了评价者的主观影响,提高了耕地评价的科学性。总的来说,我国耕地评价的理论和方法处于不断完善之中,但形成一个权威的中国土地资源评价理论体系仍需进一步深入探索^[1]。

本文以湖北省安陆市为例,选择行政区划数据、土地利用数据、地形图、土壤图等作为基础数据源,采集安陆市土壤样点属性数据,利用克里格空间插值法得到区域范围内连续的属性值表面,使用层次分析法计算各评价因子的权重,利用模糊数学实现对不同评价因子的归一化,计算出每个评价单元耕地地力

得分,实现安陆市的地力等级评价。

1 研究区概况与数据来源

安陆市位于湖北省东北部,北与随州市、广水市接壤,南与云梦县相连,西与京山县毗邻,东与孝昌县衔接。安陆市地势北高南低,自北向南倾斜,北部为丘陵岗地,南部为河谷平原;气候特征为春秋短、冬夏长,四季分明,年平均降水量1100mm,其地貌类型大致可分为冲积平原、低山丘陵、岗地、垄岗平原和山地。为了获得研究区土壤属性数据,设置采样点采集安陆市土壤理化性质资料,采样点分布见图1。



图1 安陆市采样点分布图

2 建立评价模型

2.1 划分评价单元

评价单元是由内部质量一致的土地斑块组成的基本空间单位,耕地地力评价通过对每个评价单元的评价来划分地力等级。评价单元的划分遵循相似性原则、主导因素原则和边界完整性原则,划分方法有多种,网格法、地块法、叠置法等^[2]。网格法是将评价区域划分为一定大小的网格,太大会减弱评价单元的一致性,太小会增加评价的复杂性;地块法是以行政区域或土地利用类型为边界划分评价单元,但评价精度不够高,在实际应用中会造成一些评价结果与实际情况不符;叠置法是将不同评价底图叠加,生成的评价单元包含所有图层的信息,评价结果精确度更高。本研究采用叠置法将土壤图、土地利用现状图、行政区划图和地貌图进行叠加分析,生成8140个评价单元。

2.2 选择评价因子

选择评价因子是评价过程中的关键,由于因子间普遍存在相关性,如全氮和有机质相关、成土母质和耕层厚度相关,不能选择所有的指标作为耕地评价因子。为了排除人为主观性对评价因子选择的影响,使筛选的因子能比较全面地反映研究区域耕地现状,本研究采用特尔斐法,通过咨询专家选取了在时间序列上保持相对稳定,区域内变异较小,区域之间变异显著的11个因子,包括灌溉保证率、排涝能力、质地、pH、耕层厚度、旱季地下水位、成土母质、地貌类型、有机质、有效磷和缓效钾等。

2.3 空间插值

土壤养分含量很大程度上决定了土壤质量的好坏,在耕地

地力评价中,通过对离散分布的土壤采样点插值来预测整个区域的养分分布,再统计评价单元内养分的均值,归一化后即可获得养分因子的值。本文采用克里格法插值,其实是利用区域化变量的原始数据和变异函数的结构特点,对未知点的区域化变量的取值进行线性无偏最优估计。插值前采用三倍标准差法删除异常值,两组重复值取其均值并删除存在明显错误的值,插值结果见图2-图5。

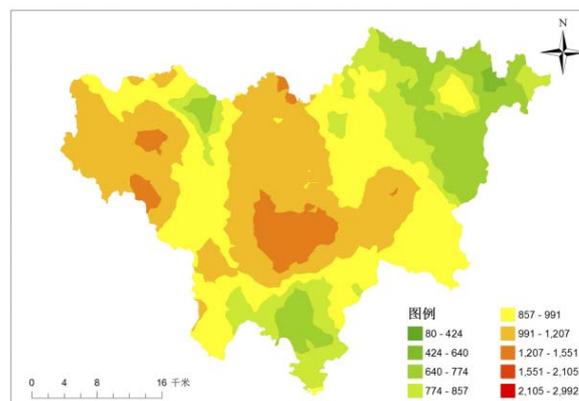


图2 缓效钾插值结果图

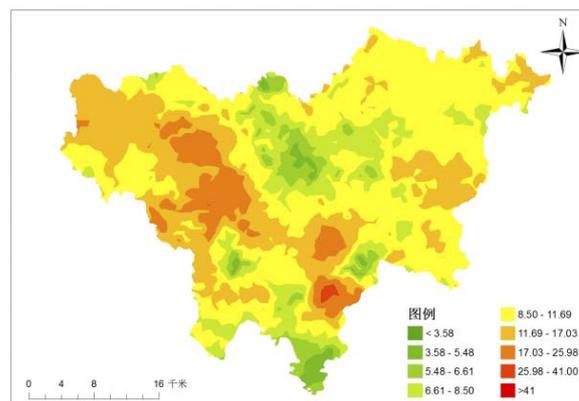


图3 有效磷插值结果图

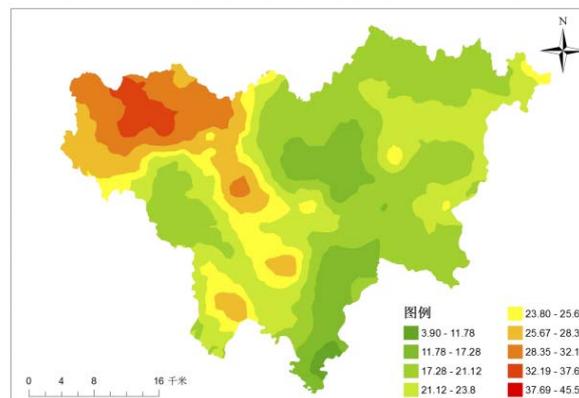


图4 有机质插值结果图

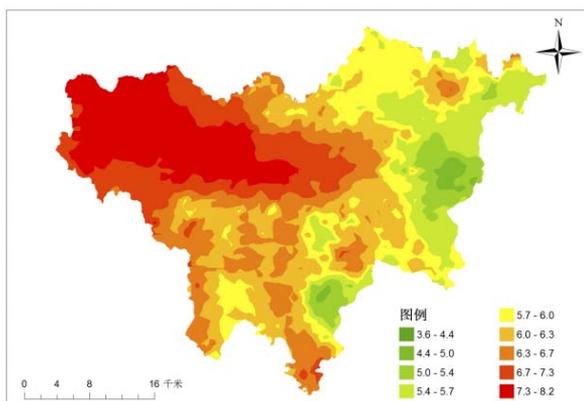


图5 pH插值结果图

2.4评价因子归一化

不同评价因子的数据量纲不同,在建立评价指标体系后需对参评因子归一化处理。在耕地评价中用隶属度来衡量各因子对耕地地力的影响程度,用隶属函数来表达^[3]。本研究采用专家打分法确定定性因子及部分定量因子评价指标的隶属度,建立隶属函数集,见表1。对有机质、pH等定量因子,分段并评价每段数值隶属度作归一化处理,采用Matlab模拟得出隶属函数,见表2。

表1 定性及部分定量因子隶属度

评价指标	属性	隶属度
地貌类型	冲积平原	1
	垄岗平原	0.8
	低山丘陵	0.6
	岗地	0.5
	山地	0.4
土壤表层质地	重壤土	1
	中壤土	0.9
	粘壤土	0.8
	轻壤土	0.6
	砂壤土	0.3
	砂土	0.1
成土母质	近代河流冲积物	0.85
	基性岩风化的坡积物	0.75
	泥质岩风化物、石灰岩坡积物	0.7
	第四纪粘土、紫色砂页岩的坡、残积风化物、酸性或中性紫色砂页岩风化物	0.6
	无石灰性母岩风化物、碳酸岩类的坡(残)积物	0.55
	火山变质岩、变粗面岩一角斑岩、有石灰反应的紫色沙岩	0.5
	紫色沙岩、紫色砂页岩、石灰性紫色砂页岩及钙质红色砂砾、辉绿岩和玄武岩、中性结晶岩	0.4

灌溉保证率	100	1
	80	0.8
	60	0.6
	40	0.4
排涝能力	1	1
	2	0.8
	3	0.6
	4	0.4
旱地地下水	80	1
	60	0.8
	40	0.6
耕层厚度	18	1
	15	0.8
	12	0.6

表2 其他定量因子隶属函数

评价指标	隶属函数	a	c
有机质 (g/kg)	$1/(1+a*(x-c)^2)$	0.000841	38.7206
速效磷 (mg/kg)	$1/(1+a*(x-c)^2)$	0.0013	30.6724
缓效钾 (mg/kg)	$1/(1+a*(x-c)^2)$	0.0000023	1390
pH	$1/(1+a*(x-c)^2)$	0.2304	6.5445

2.5建立层次分析模型

本研究采用层次分析法(AHP)来确定各因子权重,层次分析法由美国运筹学家Saaty在20世纪70年代提出,通过将复杂问题分解成多层次的多个目标,用模糊量化方法算出每个目标的权重,进行层次总排序,以此作为复杂目标优化决策的系统方法。AHP法不仅简洁实用,而且只需要少量的数据,耕地地力评价中用层次分析法确定权重充分结合了专家经验和经典数学各自的优势,使得出的权重值具有更高的科学性、公正性和客观性^[4]。

将安陆市评价指标体系划分为目标层、准则层和指标层三个层次,目标层为耕地地力,准则层为水分管理(B1)、耕层理化性状(B2)、剖面性状(B3)、立地条件(B4)和耕层养分状况(B5),准则层中每个因子继续划分为指标层,采用特尔斐法按同级指标对上一级指标的相对重要程度打分,构造判断矩阵计算特征向量及最大特征值,得出各因子的权重,即为对耕地地力的影响程度,灌溉保证率(C1)>质地(C3)>耕层厚度(C5)>成土母质(C7)>pH(C4)>排涝能力(C2)>旱季地下水水位(C6)>地貌类型(C8)>有机质(C9)>有效磷(C10)>缓效钾(C11),见表3。

表3 各因子组合权重值

A	B1	B2	B3	B4	B5	组合权重
	0.2899	0.2116	0.1971	0.1565	0.1449	
C1	0.7207					0.2089
C2	0.2793					0.0810
C3		0.5926				0.1254
C4		0.4074				0.0862
C5			0.6130			0.1208
C6			0.3870			0.0763
C7				0.6015		0.0941
C8				0.3985		0.0624
C9					0.4156	0.0602
C10					0.3195	0.0463
C11					0.2649	0.0384

3 结果与分析

3.1 耕地地力等级及空间分布

根据评价因子权重,利用累加模型计算各评价单元的综合指数 (IFI)。

$$IFI = \sum Fi \times Ci (i=1, 2, 3, \dots)$$

式中, F_i 表示第 i 个评价因子的归一化值, C_i 表示第 i 个因子的组合权重。评价结果用累积曲线法并结合当地粮食产量分等定级,在累积曲线的拐点划分等级,安陆市耕地地力被划分为6类,评价结果见图6。

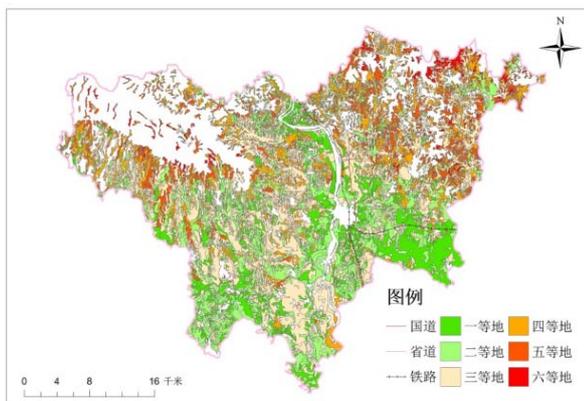


图6 安陆市耕地地力分级图

3.2 地力等级地域分布特征分析

安陆市辖区内地形起伏变化,既有冲积平原,又有丘陵岗地,造成不同地势的耕地质量差异。统计分析各等级耕地在不同地形区域的分布情况,见表4,可以为土地规划布局提供决策依据。

五种地貌类型所占耕地面积从大到小依次为岗地>低山丘陵>冲积平原>垄岗平原>山地。一等地中冲积平原和垄岗平原面积一共66km²,占一等地总面积的74.77%;二等地中冲积平原、垄岗平原共占二等地总面积的46.03%,低山丘陵与岗地之和占53.05%;三等地、四等地中占地面积前三位的是岗地、

低山丘陵和冲积平原,且山地在三等地、四等地中所占比例比一等地、二等地中大;五等地的地貌类型大部分属于低山丘陵、岗地和山地,冲积平原和垄岗平原之和只占总面积的1%;而六等地地貌类型中不存在冲积平原或垄岗平原。综上,应加强平原地区耕地的保护,冲积平原和垄岗平原耕地等级大部分分布在三级以上(包括3级),两者占比达99.95%、99.96%;合理利用岗地和低山丘陵地区的耕地,防止水土流失,并修筑灌溉设施保证水源供应,将有利于提高耕地利用效率;地貌类型为山地的耕地地力等级普遍很低,三等地占25.23%,四等地及其以下的耕地比例一共占66.03%,因此处于山地的耕地保护尤其重要。

表4 各级耕地地貌统计 (km²)

	一等	二等	三等	四等	五等	六等	总计
冲积平原	32	42	42	6	1	-	122
低山丘陵	5	30	90	38	26	9	199
岗地	17	46	102	39	24	2	230
垄岗平原	34	24	18	3	0	-	79
山地	1	1	5	4	8	3	22
总计	88	143	257	90	59	15	652

3.3 地力等级影响因子分析

组合权重代表了指标层因子对耕地地力的影响程度,安陆市对耕地地力影响最大的三个因子分别为灌溉保证率、质地和耕层厚度,权重值分别为0.2089、0.1254、0.1208,分别统计以上三个因子对不同等级耕地土壤的影响,分析在每类评价因子影响下的分布,有益于更好掌握安陆市耕地结构,见表5-表7。

表5 各级耕地灌溉保证率统计 (km²)

	一等	二等	三等	四等	五等	六等	总计
100	66	68	9	4	0	-	148
80	17	66	69	10	3	0	164
60	6	0	165	63	45	13	292
40	-	9	14	13	11	2	48
总计	88	143	257	90	59	15	652

安陆市一等地的灌溉保证率大部分都在80以上,占99.93%,二等地的灌溉保证率在80以上的占93.84%,90.98%的三等地灌溉保证率在60至80之间,而四等地、五等地和六等地的灌溉保证率分布在60及以下的分别达到了83.85%、99.96%和99.99%,建议改善低等级耕地的灌溉设施以提高耕地成产能力。

表6 各级耕地土壤质地组成统计 (km²)

	一等	二等	三等	四等	五等	六等	总计
轻壤	2	13	35	31	21	1	102
砂壤	0	4	9	18	34	14	80
粘土	-	-	-	0	-	-	0
中壤	86	126	213	41	4	-	470
总计	88	143	257	90	59	15	652

安陆市耕地土壤质地包括轻壤、砂壤、粘土和中壤, 97.89%的一等地土壤质地为中壤, 二等地、三等地的中壤比例分别达到88.34%和82.90%, 四等地土壤质地包含了市域内所有类型, 比例从大到小依次为中壤、轻壤、砂壤和粘土, 58.58%的五等地和96.02%的六等地土壤质地为砂壤。综上, 四种土壤质地中, 砂壤对耕地地力影响最大, 83.25%的砂壤耕地等级都在四等地以下, 且在一等地和二等地中所占比例很小。

表7 各级耕地的耕层厚度 (km²)

	一等	二等	三等	四等	五等	六等	总计
12	0	3	17	15	14	11	60
15	55	89	205	64	43	4	459
18	32	51	35	12	2	-	133
总计	88	143	257	90	59	15	652

安陆市耕地的耕层厚度分布在12cm至18cm之间, 其中一等

地、二等地和三等地耕层厚度在15cm以上(包括15cm)的比例分别为99.99%、99.98%和99.93%, 而四等地、五等地和六等地耕层厚度在15cm以下的比例分别达到了16.48%、23.38%、75.74%。因此耕层厚度对安陆市耕地地力的影响作用显著, 应采取相应措施, 防止水土流失, 应该保证耕地的耕层厚度在15cm以上。

4 结论

本文以湖北省安陆市为研究区域, 采用特尔斐法、层次分析法和模糊数学等完成了安陆市耕地地力的评价研究, 评价结果排除了一定人为因素的影响, 更符合客观情况, 并使工作效率得到很大提高。安陆市三等地占最大比例, 占39.41%, 其次是二等地, 占21.95%, 四等地、五等地一共占了22.87%, 另外一等地和六等地各占13.51%和2.26%, 从以上结果可以看出安陆市大部分耕地质量都在中上游, 第五、第六级耕地虽然比例最小, 但面积之和达到了74km², 这无疑会对粮食生产造成影响, 低等级耕地的改良刻不容缓, 通过分析本研究中低等级耕地的养分数据, 可以为配方施肥等改良措施提供理论支持。

[参考文献]

- [1]徐丹. 县域耕地地力评价理论与方法研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [2]张兴嘉. 基于GIS的耕地地力评价单元划分研究[D]. 甘肃: 甘肃农业大学, 2012.
- [3]Lowen R. Mathematics and fuzziness (part II)[A]. Fuzzy Set and System[M]. 1998:11.
- [4]张海涛, 周勇, 汪善勤. 利用GIS和RS资料及层次分析法综合评价江汉平原后湖地区耕地自然地力[J]. 农业工程学报, 2003, 19(2):219-223.