

DOI: 10.13718/j.cnki.xdsk.2014.08.022

基于 ArcGIS 空间分析技术和农用地分等成果划定基本农田

——以重庆市秀山县为例^①

孙祥龙¹, 涂建军^{1,2}, 黄九松³, 何海林¹, 王娜¹

1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715;
3. 重庆市国土资源和房屋勘测规划院, 重庆 400020

摘要: 基于地理信息系统和农用地分等理论, 运用 ArcGIS 空间分析功能设计耕地入选基本农田定量评价体系, 划定基本农田. 秀山县新一轮基本农田划定面积 46 799.18 hm², 通过对农用地分等数据的统计分析, 以及耕地图斑层内及耕地图斑与交通干线的分析、居民点层间的叠加分析和对栅格图层的叠加分析, 得到入选基本农田保护区耕地的综合等级为 3.30~5.96. 结果表明: 基本农田划定同时满足数量和质量两方面要求, 注重优化空间布局; 运用 ArcGIS 空间分析结合农用地分等资料划定基本农田, 可在达到数量要求的前提下使新一轮基本农田质量提升, 布局优化.

关键词: 基本农田; ArcGIS; 农用地分等; 空间分析; 耕地连片性

中图分类号: F301.21

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2014)8-0130-06

基本农田是指“根据一定时期人口和社会经济发展对农产品的需求以及对建设用地预测, 依据土地利用总体规划确定的不得占用的和基本农田保护区规划期内不得占用的耕地”^[1]. 前人着眼于耕地的质量状况、区位条件、生态适宜度、环境影响等, 对基本农田的研究形成了一套相对完善的指标体系^[2-5]. 学者们在基本农田划定方法创新^[6-8]、农用地分等成果运用^[9-10]等方面做了积极的探索. 但是目前基本农田的划定仍然存在为凑足指标而重数量不重质量、空间布局零散等问题^[11], 没有达到基本农田优化布局、集中连片的要求. 新一轮的土地利用总体规划首次要求将农用地分等定级的成果运用到基本农田的空间布局中去, 并要求调整后的基本农田空间布局在质量上不低于调整前的水平. 基本农田规划应将优质高产、集中连片、区位交通便利的耕地优先划入基本农田保护区^[12], 这对基本农田划定提出了更高的质量要求, 为优化基本农田的空间布局提供了新的路径. 本研究以重庆市秀山县为例, 结合秀山县农用地分等定级成果资料, 引入“耕地连片性”、交通可达性和居民点辐射度等概念, 运用 ArcGIS 的空间分析功能, 对优化秀山县基本农田的空间格局进行了积极的探讨.

1 研究方法

多因素加权法: 将参与耕地质量评价的因素赋予不同的权重和分值, 通过多因素加权法得到耕地的等级, 高等级耕地优先划入基本农田.

^① 收稿日期: 2013-06-05

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2012BAJ23B05); 国家自然科学基金资助项目(40701179); 重庆市国土资源和房屋管理局科技资助项目((2010)171-19).

作者简介: 孙祥龙(1986-), 男, 安徽宿州人, 硕士研究生, 主要从事区域发展与城市规划的研究.

通信作者: 涂建军, 副教授.

基于 ArcGIS 的空间分析法: 利用 ArcGIS 强大的空间分析功能, 使用邻近分析、距离分析、缓冲区分析和栅格统计分析等方法得到基本农田的最优布局。

特尔菲法: 充分征求相关专家的意见, 判断各因素的重要程度, 得到各指标的权重。

2 技术路线

2.1 耕地初始等级划定

基本农田规划首先要考虑将质量好、连片性高的耕地优先划入保护区, 满足其“优质高产、集中连片”的要求; 另一方面也要兼顾耕地距离居民点和交通干线的远近, 便于耕作。

2.1.1 耕地质量评价

(1) 农用地分等定级 农用地分等采用因素分等法, 以光温生产潜力和气候生产潜力为基础, 采用模块化的体系结构, 具体分解为农用地自然质量系数、土地利用系数、土地经济系数 3 个模块。应用该体系进行农用地分等, 可以得到 3 个分等指数: 农用地自然质量等、农用地利用等、农用地经济等。

(2) 评价指标的选取和权重确定 本研究选取 8 个指标评价耕地的质量, 指标的分值和权重参照《农用地分等规程》(TD/T 1004-2003) 和研究区域所在的指标区综合确定。秀山县地处《农用地分等规程》一级区中的四川盆地区^[13], 二级区属于渝东南低中山区, 因此本研究参照渝东南低中山区确定秀山县各指标的权重, 具体指标及其权重如表 1 所示。

表 1 耕地质量评价指标权重表

指 标	海拔	表层土壤质地	土层厚度	土壤有机质含量	土壤 pH 值	坡度	梯地状况	灌溉保证率
权重	水田 0.16 旱地 0.15	0.11 0.08	0.3 0.3	0.11 0.11	0.1 0.08	— 0.13	— 0.15	0.22 —

采用加权求和的方法, 计算各分等单元的定级指数, 表达式为:

$$C_{Lij} = \frac{\sum_{k=1}^m \omega_k \cdot f_{ijk}}{100} \quad (1)$$

式中: C_{Lij} 为分等单元指定作物的农用地自然质量分, i 为分等单元编号, j 为指定作物编号; k 为分等因素编号; m 为分等因素的数目; ω_k 为分等因素的权重; f_{ijk} 为第 i 个分等单元内第 j 种指定作物第 k 个分等因素的分值。经统计, 秀山县农用地分等单元的定级指数介于 52.24~90.09 之间。

(3) 耕地质量状况分级 根据耕地的定级指数做频率分析, 选择频率突变值作为耕地质量状况分级的界线, 将耕地质量划分为 4 个级别, 即 $R_i = [1, 4]$, 如表 2。

表 2 秀山县各级别耕地面积统计表

指 标	1 级		2 级		3 级		4 级		合 计
	旱地	水田	旱地	水田	旱地	水田	旱地	水田	
地类面积/hm ²	3 126.56	5 073.19	23 991.76	30 702.68	17 347.91	10 841.72	13 248.86	6 175.92	110 508.59
地类比例/%	38.13	61.87	43.87	56.13	61.54	38.46	68.21	31.79	—
面积/hm ²	8 199.75		54 694.44		28 189.63		19 424.77		110 508.59
比例/%	7.42		49.49		25.51		17.58		100.00

2.1.2 耕地连片性及分析方法

基本农田规划不能片面追求耕地的数量、质量要求, 只做到“保优不保劣, 保近不保远”, 忽略“优质集中”的要求^[14], 使基本农田保护区中的耕地地块分布零散, 不便于规模作业。为实现基本农田的集中管理和规模化作业, 本研究将耕地连片性概念引入基本农田规划。

(1) 耕地连片性的判断

耕地连片性是指一定质量或等级范围内地块的相连程度, 两地块空间距离越小, 其连片性越高, 当两地块的距离小于一定阈值的时候即可被认为是连片的^[15], 阈值可以根据实际情况来定。耕地连片性可细分为绝对相连和相对相连。一个地块与其它地块有一条以上共同边界或有一个以上公共点时, 称为绝对相

连;而一个地块与另一地块不是绝对相连,但是距离小于某一阈值时称为相对相连.本研究利用 ArcGIS 的缓冲区分析(Buffer)和叠置分析(Spatial Join)功能^[16],设定一定的缓冲距离 D ,如果地块缓冲 $D/2$ 距离之后空间上是绝对相连的,则认定它们是连片的. GIS 空间叠置分析法是将有关主题图层组成的各个数据层面进行叠置产生一个新的数据层面,其结果综合了原来两个或多个层面要素所有的属性^[17].

(2) 耕地连片性分析在 ArcGIS 中的实现

① 基本参数设定

分析中涉及 2 个基本参数,即基本农田保护目标和地块缓冲阈值 D .基本农田保护目标的确定有利于在总量的控制下对全县耕地展开空间分析,实现入选耕地质量最优、空间布局最合理.缓冲阈值则为判断地块的连片性提供依据.基本农田保护目标的确定以上级下达的指标为依据.以秀山县为例,重庆市国土房管局下达的指标为 $46\,500\text{ hm}^2$,因此本研究确定基本农田保护面积不少于 $46\,500\text{ hm}^2$,即秀山县基本农田保护率在 85.69% 以上.

缓冲阈值的确定与研究区域地形地貌、路网疏密、地块破碎度以及基本农田保护目标等因素息息相关,需根据研究区的实际情况决定.本研究根据秀山县实际情况需要,在平坝区、中山区和低山区各选取两处典型基本农田保护区,测定地块之间的距离,选定连片地块中距离最大的值为缓冲距离,最终确定秀山县耕地连片性测度的距离为 20 m,即 $D/2=20\text{ m}$.

② 耕地连片性的计算

耕地连片性计算方法很多^[18-19],本研究采用面积大小作为衡量耕地连片性的主要指标,认为定级单元在集中连片地块中的面积比重越大,其连片性越好,表达方法如下:

$$W_i = \frac{S_i}{S} \quad (2)$$

式中: W_i 为定级单元 i 的连片性得分; S_i 为定级单元 i 的面积; S 为集中连片地块的面积.

2.1.3 耕地初始等级

耕地初始等级是耕地自然质量和连片性的综合反映.本研究采用以下方法来表达:

$$R_j = \sum_{i=1}^n R_i \times W_i \quad (3)$$

式中: R_j 为第 j 个集中连片地块的初始等级; R_i 为集中连片地块中第 i 个定级单元的质量等级; W_i 为集中连片地块中第 i 个定级单元的连片性得分; n 为集中连片地块中定级单元个数.

在 ArcGIS 中确定耕地地块的初始等级,首先需要按照上文确定的阈值对地块进行缓冲区分析;其次应该对缓冲后的地块进行图斑融合,生成集中连片地块并标记具有唯一性的标识码;最后使用 ArcGIS 的空间链接功能和不同图层地块之间的逻辑关系,实现图层间属性的传递.

2.2 耕地的交通可达性和居民点辐射度分析

耕地入选基本农田不仅要考虑其质量和集中连片状况,还要分析耕地的区位条件.不同的区位条件,意味着耕地投入成本和耕作便利程度的差异,在其它条件相同的情况下,距离交通干线和居民点较近的耕地所需投入的劳动和时间成本也较小.《基本农田保护条例》中明确规定,铁路、公路等交通干线附近,居民点周边的耕地应优先划入基本农田保护区.因此,耕地图斑与交通干线和居民点的距离是耕地是否适宜划为基本农田的衡量因素.

相关调查表明,当耕地距离交通干线在 1 km 以下,被认为非常适合划入基本农田;而距离大于 5 km 则很不适合划入基本农田^[20].因此,耕地交通可达性可以按以下公式计算:

$$D_1 = \begin{cases} 0.1 & X \geq 5\,000\text{ m} \\ 1 - 0.9(X/1\,000 - 1)/4 & 1\,000\text{ m} \leq X \leq 5\,000\text{ m} \\ 1 & X \leq 1\,000\text{ m} \end{cases} \quad (4)$$

式中: D_1 为地块交通可达性指标分值; X 为地块与主干线的距离.

与居民点距离小于 0.5 km 的耕地,很适合划入基本农田;距离大于 1 km 则不适宜划入基本农田^[21-22].因此,耕地的居民点辐射度分值可以按以下公式计算:

$$D_2 = \begin{cases} 0.1 & X \geq 1\ 000\ \text{m} \\ 1 - 0.9(X/1\ 000 - 0.5)/0.5 & 500\ \text{m} \leq X \leq 1\ 000\ \text{m} \\ 1 & X \leq 500\ \text{m} \end{cases} \quad (5)$$

式中： D_2 为耕地的居民点辐射度指标分值； X 为地块与居民点的距离。

2.3 基本农田空间格局划定

基本农田空间布局的好坏直接关系到其耕作效益的高低，因此要以“优质集中，方便耕作”为划定基本农田的基本要求。耕地的初始等级是耕地自然质量和连片程度的综合反映，而耕地的交通可达性和居民点的辐射程度很好地反应了耕地入选基本农田的区位条件。因此，本研究结合上文得出的耕地初始等级、交通可达性、居民点辐射度，综合确定基本农田的空间格局，使用 Spatial Analyst Tools 下的 Weighted Overlay 和 Weighted Sum 可以对多个栅格图层进行叠加分析，对耕地的适宜性进行分析。

3 结果与分析

3.1 研究区概况

秀山县位于重庆市东南部，东与湖南省龙山县、保靖县、花垣县接壤，西南依贵州省松桃苗族自治县，北邻酉阳土家族苗族自治县，是重庆市最边远的一个县，也是“山城”重庆平坝面积较大的区县之一，担负着重庆市基本农田保护的重要职责^[23]。农用地分等数据显示，秀山县土地总面积约 244 920 hm^2 ，其中耕地面积 54 263.13 hm^2 ，约占土地总面积的 22.16%。根据秀山县的 DEM 数据，将全县分为平坝区、低山区、中山区 3 类区域。

3.2 数据来源与处理

3.2.1 数据来源

本研究涉及的数据主要来源于农用地分等定级资料及成果图、新一轮土地利用总体规划中的耕地数据及基本农田保护图、第二次全国土地调查数据及其变更数据、地质灾害相关资料、秀山县基础地理资料、秀山县统计年鉴等。

3.2.2 数据处理

结合秀山县耕地质量分级和连片性计算，按照公式(5)确定耕地的初始等级。统计发现，秀山县耕地图斑融合后集中连片地块共 605 个，地块的面积介于 1.03~2 055.80 hm^2 之间；初始等级介于 1~4 之间，即 $R_i = [1, 4]$ 。

使用 ArcGIS 的 Near 工具条分别测量耕地地块至交通干线和居民点的距离，并结合公式(6)、公式(7)计算耕地地块的交通可达性和居民点辐射度。

绘制耕地初始等级、交通可达性和居民点辐射度栅格图(图 1)，为基本农田空间格局划定奠定基础。

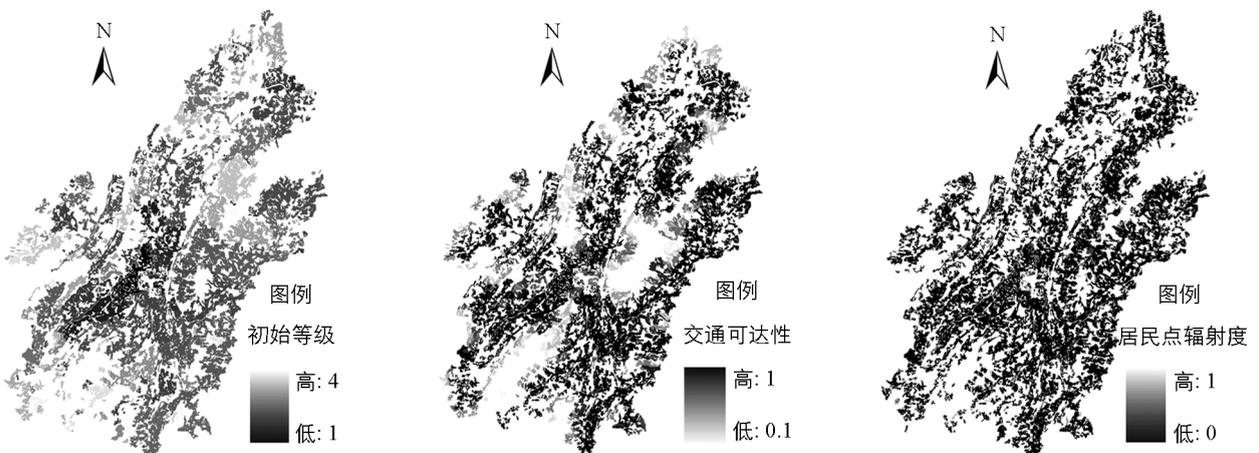


图 1 秀山县基本农田空间格局栅格叠加运算图

3.3 秀山县基本农田空间格局划定

对耕地图斑按照初始等级分值、交通可达性分值、居民点辐射度分值进行栅格化, 得到对应的栅格图(图 1), 将 3 种栅格数据进行叠加分析即可得到每个地块的综合等级. 按照综合等级从高到低筛选耕地, 直至满足基本农田保护目标. 经统计, 秀山县耕地的综合等级介于 1.20~5.96 之间, 结合秀山县基本农田保护目标, 将综合等级为 3.30~5.96 的耕地划入基本农田保护区, 共划定基本农田面积 46 799.18 hm².

3.4 秀山县基本农田划定合理性分析

入选基本农田保护区的耕地必须满足质量高、布局优、耕作方便的要求. 对比分析划定前的一般农田和本次划定的基本农田在自然质量、连片度以及区位条件方面的差异, 可以得知入选基本农田保护区的耕地在质量、布局、区位等方面是否明显优于划定前的一般农田, 以此来判断基本农田空间格局的合理性(表 3).

表 3 一般农田和基本农田对比分析表

评价标准 分类	各等级耕地比例/%				各指标区耕地比例/%			耕地的区位条件/m	
	1 级	2 级	3 级	4 级	平坝区	低山区	中山区	距公路 平均距离	距居民点 平均距离
一般农田	15.74	68.14	12.58	3.54	27.31	50.41	22.28	1 086.77	864.33
基本农田	18.04	78.14	3.82	0.00	30.84	54.70	14.46	1 396.19	783.26

通过表 3 对比分析一般农田和基本农田发现, 耕地质量方面, 入选基本农田的耕地中 1 级和 2 级地比例明显上升, 而 3 级和 4 级地所占比重显著下降, 说明本次规划基本农田满足“优质”的要求; 耕地连片性方面基本农田中分布于平坝区和低山区耕地比例比一般农田有显著增加, 分布于中山区耕地的比例则大幅下降, 而平坝区和低山区耕地连片性优于中山区, 因此入选基本农田耕地较好地满足了“集中连片”的要求; 耕地的区位条件上, 基本农田与交通干线和居民点的距离都比一般农田有所缩短, 说明本次入选基本农田保护区的耕地利于耕种. 可见本次划定基本农田在质量、布局和区位条件方面明显优于划定前一般农田, 基本农田空间格局合理.

4 结 论

1) 基于地理信息系统和农用地分等理论, 本研究设计了耕地入选基本农田的定量评价体系. 引入“耕地连片性”、“交通可达性”和“居民点辐射度”等概念, 力求在满足耕地数量质量要求的同时, 使基本农田的空间布局更加合理, 耕作效益有所提升.

2) 秀山县本轮划定基本农田面积 46 799.18 hm², 占全县耕地面积的 86.24%, 满足国家规定的基本农田占耕地总面积 85% 以上的要求. 对比分析划定前一般农田和本次划定基本农田发现, 入选本次基本农田保护区的耕地中 1 级和 2 级耕地比例上升, 连片性更好的平坝区和低山区耕地数量更多, 耕地与交通干线和居民点距离更近.

3) 基本农田保护目标具有时效性, 与建设用地增加和人口增长具有紧密联系. 本研究直接采用重庆市国土房管局下达给秀山县的基本农田保护目标, 寻求在这一既定目标下基本农田的合理布局, 如结合对未来建设用地增加和人口增长的预测优化基本农田空间格局, 还有待深入研究.

参考文献:

- [1] 国土资源部. 基本农田保护条例 [M]. 北京: 法律出版社, 2003: 10-11.
- [2] 卢德彬, 涂建军, 华 娟, 等. GIS 技术在永久性基本农田划定中的应用研究 [J]. 农机化研究, 2012, 34(4): 65-68.
- [3] 何春阳, 徐小黎, 贾克敬, 等. 基本农田保护区规划环境影响评价方法 [J]. 中国土地科学, 2011, 25(6): 71-74.
- [4] 金志丰. 基于 GIS 空间分析的基本农田配置研究 [J]. 水土保持通报, 2010, 30(5): 134-137.
- [5] 钱凤魁. 基于耕地质量及其立地条件评价体系的基本农田划定研究——以辽宁省凌源市为例 [D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2011: 43-48.
- [6] 唐宽金, 郑新奇, 姚金明, 等. 基于粮食生产能力的基本农田保护区规划方法研究 [J]. 地域研究与开发, 2008, 27(6): 105-109.
- [7] 董 涛, 孔祥斌, 谭 敏, 等. 大都市边缘区基本农田功能特点及划定方法 [J]. 中国土地科学, 2010, 24(12): 32-37.

- [8] 董秀茹, 尤明英, 王秋兵. 基于土地评价的基本农田划定方法 [J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 336—339.
- [9] 郑新奇, 杨树佳, 象伟宁, 等. 基于农用地分等的基本农田保护空间规划方法研究 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 66—71.
- [10] 王红梅, 廖丽君, 杜国明, 等. 基于农用地分等的基本农田补划案例分析 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 52—55.
- [11] 郭姿含, 杨永侠. 基于 GIS 的耕地连片性分析方法与系统实现 [J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(3): 59.
- [12] 段 刚. 基于农用地定级的基本农田保护空间规划方法研究 [D]. 西安: 长安大学, 2009: 12—15.
- [13] TD/T1004-2003, 农用地分等规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [14] 鄯文聚, 周尚意, 朱阿兴, 等. 连片集中保护优质耕地 [N]. 中国国土资源报, 2008—03—21(005).
- [15] 周尚意, 朱阿兴, 邱维理, 等. 基于 GIS 的农用地连片性分析及其在基本农田保护规划中的应用 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 72—77.
- [16] 汤国安, 杨 昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 196—202.
- [17] 涂建军, 华 娟. 基于生态位适宜度模型和 GIS 技术的山区耕地生态经济适宜性评价 [J]. 高技术通讯, 2013, 23(4): 436—441.
- [18] SHIPPERS P, VERBOOM J, KNAAPEN J, et al. Dispersal and Habitat Connectivity in Complex Heterogeneous Landscapes: an Analysis with a GIS-Based Random Walk Model [J]. *Ecography*, 1996, 19(2): 97—104.
- [19] RICOTTA C, STANNIC A, ARENA G C, et al. Quantifying the Net Work Connectivity of Landscape Mosaics: a Graph-Theoretical Approach [J]. *Community Ecology*, 2000, 1(1): 89—92.
- [20] 李轶平, 鲍文东, 吴泉源. 采用综合评价系数法实现基本农田的空间定位 [J]. 农机化研究, 2008(3): 20—23.
- [21] 李 赓, 吴次芳, 曹顺爱. 划定基本农田指标体系的研究 [J]. 农机化研究, 2006(8): 46—48.
- [22] 陈文波, 赵丽红, 叶明珠, 等. 省级基本农田数量确定与指标分解方法初探 [J]. 中国土地科学, 2006, 20(6): 47—48.
- [23] 涂建军, 卢德彬. 基于 GIS 与耕地质量组合评价模型划定基本农田整备区 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(2): 234.

Planning of Basic Farmland Based on ArcGIS Spatial Analysis and Farmland Grading ——A Case Study of Xiushan County, Chongqing

SUN Xiang-long¹, TU Jian-jun^{1,2}, HUANG Jiu-song³,
HE Hai-lin¹, WANG Na¹

1. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Ministry of Education, Chongqing 400715, China;

3. Chongqing Institute of Surveying and Planning for Land Resources and Housing, Chongqing 400020, China

Abstract: The purpose of this paper is to design a quantitative evaluation system for farmland to be designated as basic farmland and to explore a new way to demarcate basic farmland with a new perspective based on the theory of Geographic Information System and farmland grading. The research adopts the method of ArcGIS spatial analysis. In the new round of basic farmland planning, Xiushan County takes responsibility for designating 46 799.18 hectares as basic farmland, whose comprehensive grade ranges from 3.30 to 5.96. It is concluded that basic farmland planning should meet the requirements of both quantity and quality and pay more attention to the optimization of spatial layout, and that the combinative use of ArcGIS spatial analysis and farmland grading data not only meets the quantity requirement of basic farmland but also enhances its quality and optimizes its spatial distribution.

Key words: basic farmland; ArcGIS; farmland grading; spatial analysis; farmland connectivity

