

湖南省耕地开发强度适度域研究

李佳玲 刘庆¹

(湖南农业大学 资源环境学院 湖南 长沙 410128)

【摘要】：基于县域和市域两个尺度，运用多元线性回归法对 1999–2017 年湖南省耕地开发强度适度域进行研究。结果表明：①湖南省县域耕地开发强度适度域上限值由以洞庭湖流域为中心，沿湘江主流向外递减。②1999 年耕地开发强度处于适度状态的县域占大多数，1999–2017 年处于严重过度状态的县域由 3 个发展成 7 个，处于适度状态的地区与处于轻微过度状态的地区相互交错、呈网格状分布。③分析各地级市适度域范围，大部分地级市处于适度状态，郴州市、张家界市处于高度过度状态，永州市、长沙市、益阳市处于轻微过度状态。该研究结果为研究区制定区域差别化的耕地开发强度管控政策和农业空间管控决策提供更直观的参考。

【关键词】：耕地开发强度 适度域 多元线性回归 湖南省

【中图分类号】F301 **【文献标识码】**A

耕地是农业生产最基本的物质基础，也是人类赖以生存和发展的基本资源和条件。2019 年全国自然资源会议中指出：“要落实最严格的耕地保护和节约用地制度，坚守耕地保护红线，强化节约集约耕地用地制度；要严格国土空间用途管制制度，加强国土空间生态保护修复。”近年来，我国人口快速增长和社会经济快速发展，给原本并不丰富的耕地资源造成了很大的压力，人地之间的矛盾日益尖锐，导致人们掠夺性开发使用耕地资源，许多耕地长期处于超负荷使用状态、地力严重透支，耕地资源管理面临着巨大压力。因此，如何开展不同地域耕地开发强度的适度域判定对制定区域耕地资源管理政策及完善不同地域主体功能识别具有重要的实践价值。

近年来，学者们就关于耕地开发强度的评价方法、时空差异、驱动因素等方面进行了广泛研究，取得了丰硕的成果。而目前对于土地开发强度的适度性，研究学者们主要集中在农地适度经营规模上，而对于不同地域耕地开发强度适度域区间、适度域评价等深层次理论问题关注明显不足，需进一步探究。因此，本文以湖南省为例，基于县域和市域两个尺度，探讨耕地开发强度适度域范围，为研究区制定区域差别化的耕地开发强度管控政策和农业空间管控决策提供更直观的参考。

1 研究区域、数据来源

1.1 研究区概况

根据 2018 年统计资料显示，湖南省国民生产总值 34590.6 亿元，总人口数为 729.6 万人，城市化率为 33.5%，耕地面积 $4151.0 \times 10^3 \text{hm}^2$ ，约占全国耕地总面积的 3.4%。1999–2017 年，全省耕地累计减少 $282.7 \times 10^3 \text{hm}^2$ ，年均减少 $14.9 \times 10^3 \text{hm}^2$ ，城镇化和工业化的快速发展与农业生产对耕地保护之间的矛盾加剧，湖南省耕地资源管理面临着巨大的压力。因此，研究耕地开发强度适度域，可以为湖南省的耕地开发强度管控政策和农业空间管控决策提供更好的依据。

1.2 数据来源

作者简介：李佳玲（2000–），女，湖南邵阳人，在读本科生。

湖南省包括 14 个地级市，本文以 1999—2017 年为研究对象，以县域和市域为研究单元。由于个别县区的数据难以获取，最终确定湖南省各县区耕地开发强度的评价单元共 117 个。农作物播种面积、化肥施用量、农药施用量、农业机械总动力、粮食作物总产量、水土流失治理面积等数据均来自 1999 年、2017 年《湖南省农村统计年鉴》，地区土地面积、地区生产总值、地区总人口、总户数等来源于 1999 年、2017 年《湖南省统计年鉴》和《湖南年鉴》。

2 研究方法

2.1 耕地开发强度适度性理论研究

2.1.1 耕地开发强度适度性内涵。

耕地开发强度“适度性”定义为：在一定区域的一定发展阶段及技术条件下，与资源环境承载能力及经济社会发展相协调的、取得较好或最好效果的耕地开发强度区间范围，称为耕地开发强度的“适度域”或“适度区间”。

从适度域的定义可以看出耕地开发强度适度域包括了三个类型，即：耕地承载适度域、经济社会发展适度域和总体适度域。因此本文从耕地承载适度域、经济社会发展适度域和总体适度域来分析耕地开发强度适度域。

2.1.2 耕地开发强度适度域形成过程。

在耕地开发过程中，耕地开发强度既受到经济、社会等因素的需求驱动，又受到资源环境的约束，寻求耕地开发强度二者之间的权衡以及适度性选择是最终目标。

需求驱动的实质是经济社会发展过程中对耕地资源的需求。已有对耕地开发强度的研究表明，耕地开发强度受经济水平、产业结构、人口因素等多个因素的驱动，而湖南省作为一个农业大省、经济较发达、人口高度集聚的地区，经济在较长时期内还会继续保持较高的增长速度，城市人口还将继续增加，而随着经济社会的高速发展及人口的不断扩张，必然会加大对建设用地的需求，导致耕地开发强度的不断增大。

任何地区其耕地的资源环境承载力水平是有限的，近年来湖南省耕地开发强度的不断增加，当耕地超过所能承受外部作用程度的一个范围时，资源环境便成为地区发展的稀缺要素，也成为地区发展的约束条件，资源环境问题直接影响耕地的进一步开发。由此可见，资源环境承载力对耕地开发强度有一定的约束作用。各地区对耕地的开发利用必须在资源环境承载力可接受范围内的进行，超过资源环境承载力的耕地开发是不可持续的。

2.2 耕地开发强度适度性指标体系

在耕地开发强度理论研究的基础上，结合湖南省实际情况，本着适度性、科学性、系统性原则、可操作性等原则，参考相关对耕地开发利用的研究成果，从资源环境承载力水平和社会发展水平两方面构建评价指标。

资源环境承载力水平。耕地资源是有限的，即耕地资源总量和环境容量是有限的，研究区近年来的城镇化和工业化的快速发展，耕地开发强度加大的过程中，耕地资源数量减少、质量下降，以及环境容量有限，导致耕地资源供不应求、粮食安全和生态环境恶化等问题，可以看出资源承载力对耕地开发强度有一定约束力。耕地环境承载力是指基于环境系统现有状态可持续发展的前提下所能承受的极限条件，其对耕地开发的限制作用是不言而喻的。因此，将资源承载力水平划分为耕地支撑能力和耕地抗压能力两类。耕地支撑能力分别以地均人口承载力、粮食自给率和土地垦殖率来表征，耕地抗压能力分别以地均机械化、灌溉比和水土流失治理率来表征。

经济社会发展水平。耕地作为重要的物质基础，在不同经济社会发展水平下开发强度不同，经济社会不断发展导致了城市向外扩张、城镇化发展，农村劳动力转向城市，进而导致产业结构由第一产业向第二、三产业转型，非农建设用地增加，耕地减少，故选用人均 GDP、工业产值、人口城市化、种植业比较利益来表示耕地资源外部禀赋；经济社会发展的条件下，对耕地进行开发利用，耕地本身所拥有的条件及其所在地的内部附属条件，即耕地资源内部禀赋，分别以户均耕地面积、户均劳动力水平和户均化肥农药使用量来表征。

2.3 评价模型与指数测算

将耕地开发强度各适度性指标采用极差标准化法对原始数据进行无量纲处理，再采用多元线性回归法测算耕地承载力水平和经济社会发展水平综合指数。

2.3.1 适度指数的测算。

分别测算出各县域耕地开发强度与资源环境承载力适度性指数 $F(r)$ 及与经济社会发展适度性指数 $F(e)$ 。计算公式如下：

$$F(r) = \left[\frac{k \times f(x)}{\left(\frac{k + f(x)}{2} \right)^2} \right]^n \quad (1)$$

$$F(e) = \left[\frac{k \times f(y)}{\left(\frac{k + f(y)}{2} \right)^2} \right]^n \quad (2)$$

式 (1)、(2) 中： $F(r)$ 为耕地开发强度与资源环境承载力的适度性指数， $F(e)$ 为耕地开发强度耕地与经济社会发展水平的适度性指数， k 表示耕地开发强度， $f(x)$ 表示资源环境承载力综合指数， $f(y)$ 表示经济社会发展综合指数， n 调节系数， $n \geq 2$ ，本研究中取 $n=2$ ，在归一化的区间， $F \in [0, 1]$ ，。当 $F=0$ ，表示不适度， $F=1$ ，表示最佳适度状态， F 越大则越适度，反之越不适度。

2.3.2 适度域的确定。

确定一个地区的耕地开发强度总体适度域，就必须要先确定其资源环境承载力适度域和经济社会发展适度域，而适度域是一个区间，则首先需确定其适度值与不适度值的临界点 $f(x)^*$ ，再根据临界点求出上限和下限，最后根据耕地开发强度与资源环境承载力适度性指数公式 (1) 和耕地开发强度与经济社会发展适度性指数公式 (2) 可分别计算出其适度域具体的范围。但由于耕地承载力水平的特殊性，耕地承载力是一个只有上限，没有下限的开区间，因此对资源环境承载力适度域只需求其上限。当 $F(x)=1$ 时，耕地开发强度等于在资源环境承载力所能承受的范围内的耕地开发强度的最大值 $F(x)_{\text{上限}}$ ，即当 $F(x)=1$ 时， $F(r)_{\text{上限}}=f(r)$ 。经济社会发展适度域的判断公式 (3) 如下：

$$F(e)_{\text{上限}} = \left(\sqrt{\frac{4}{f(e)}} - \sqrt{\frac{4}{f(e)}} + \frac{2}{\sqrt{f(e)}} - 1 \right) \times f(e)$$

$$F(e)_{\text{下限}} = \frac{f(e)}{\left(\sqrt{\frac{4}{f(e)}} - \sqrt{\frac{4}{f(e)}} + \frac{2}{\sqrt{f(e)}} - 1 \right)} \quad (3)$$

2.4 多元线性回归

多元线性回归原理简介。设影响因变量 y 的自变量个数为 $p(p \geq 2)$ ，分别记为 $x_1, x_2, \dots, x_p$ ，所谓多元线性回归模型是指这些自变量对 y 的影响是线性的，即：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon \tag{4}$$

式 (4) 中 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p, \sigma^2$ 是与 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 无关的未知参数，随机误差 ε 满足 $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ ，误差方差 $\sigma^2 > 0$ 未知。称 y 为对自变量 $x_1, x_2, \dots, x_p$ 的线性回归函数。

3 结果与分析

3.1 耕地开发强度适度性模型计算结果

3.1.1 适度域模型的有效性检验。

适度域模型结果的有效性从 3 个方面进行检验。一是适度域模型的拟合程度检验，通过调整的 R 方值来体现。二是适度域模型的显著性检验，通过计算检验统计量 F 值所对应的显著性 Sig. 来观察。三是适度域模型的残差检验，通过验证残差是否服从正态分布来判断。耕地承载力指数检验模型结果如下：

图 1 中，R 调整的方值为 0.684，可认为拟合度较好。图 2 中，检验统计量 F 值为 149.384，对应的显著性为 0.000^a，小于 0.05，故所建立的方程有效。图 3 中，看出残差所有的点都比较靠近对角线且结合残差统计图中的标准误差为 0.983，小于 2，故可以认为残差是正态的。由此可知，耕地承载力指数适度域模型拟合度较好。同样，也可得出经济社会发展模型拟合度较好。

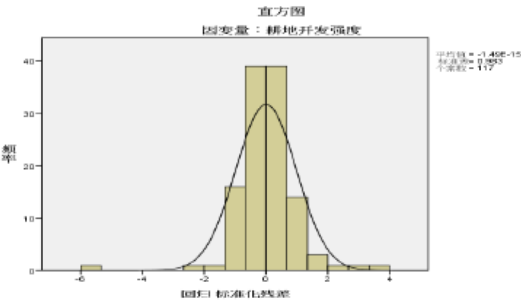


图 1 残差检验

3.1.2 适度域模型的测定。

使用 SPSS24.0 软件对标准化的数据进行多元线性回归分析，可得到如下模型，

$$f(r) = 0.103x_2 + 0.663x_3 + 0.179x_4 + 0.607x_5 - 0.093 \tag{8}$$

$$f(e) = 0.291x_9 + 0.768x_{13} - 0.001 \tag{9}$$

以计算的指数结果为基础，运用公式 (1) 和公式 (2)，分别测算出湖南省耕地开发强度与资源环境承载力、经济社会发

展水平之间的适度性指数。同样对 1999 年数据进行多元线性回归分析也可得出资源环境承载力指数模型和经济社会发展指数模型。

3.2 耕地开发强度适度域的确定

3.2.1 总体适度域的确定。

根据资源环境承载力适度域与经济社会发展适度域的位置关系，总体适度域范围主要包括以下 3 种情况：

- (1) 当社会经济发展水平较低，资源环境承载力水平较大，经济社会发展适度域的上限不高于耕地承载力适度域时，适度域为：[F(e) 下限，F(e) 上限]。
- (2) 当经济社会发展水平相对较高，经济社会发展适度域的上限超过耕地资源承载临界点时，适度域为：[F(e) 下限，F(r) 上限]。
- (3) 当经济社会发展水平较高，不低于耕地自身承载力时，适度域为：F(r) 上限或不存在。

3.2.2 适度域状态的判定。

根据总体适度域并结合公式，可判断出 1999 年、2017 年各县域耕地开发强度的适度状态，用标准差法将适度域划分为 4 级，即：低度状态、适度状态、轻微过度状态、严重过度状态。运用 Arcgis10.2 软件绘制出各县域耕地开发强度所处的状态，如图 2 所示。

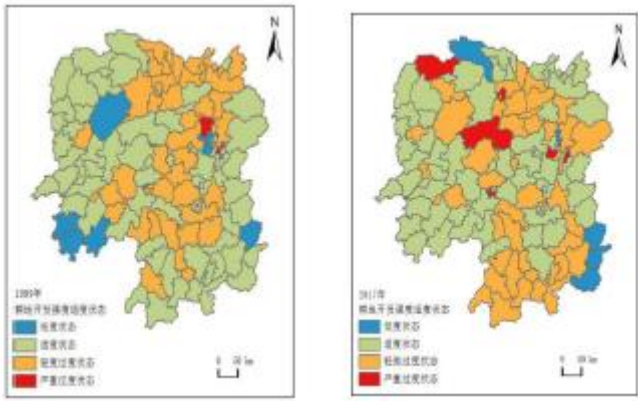


图 2 各县域耕地开发强度的适度状态

由图 2 可以看出，1999 年耕地开发强度处于低度状态的地区有岳麓区、芦淞区、炎陵县、雨湖区、北塔区、城步县、沅陵县、靖州县、通道县等 9 个县域，处于严重过度状态的县域有芙蓉区、望城区、石峰区 3 个县域，处于轻微过度状态的县域与湖南省湘江、资水、沅江和澧水四大河流流经的通道相吻合，处于适度状态的县域占大多数。2017 年耕地开发强度处于低度状态的地区主要有开福区、雨花区、炎陵县、北塔区、石门县、汝城县、桂东县等，处于严重过度状态的地区有荷塘区、芦淞区、雨湖区、大祥区、武陵区、桑植县、安化县等，处于适度状态的地区与处于轻微过度状态的地区相互交错、呈网格状分布。

3.3 判定结果分析

根据前面所述，分别确定了湖南省各县域耕地开发强度所处的适度状态，基于此，从县域层面和市域层面对耕地开发强度适度域范围进行深入分析。

3.3.1 各县域适度域范围分析。

借助 Arcgis10.2 软件绘制出 2017 年各县域湖南省耕地开发强度适度域上限图，并结合自然断点法将适度域上限从小到大划分为一级区、二级区、三级区。如图 4 所示，整体上看，湖南省县域耕地开发强度适度域上限值由以洞庭湖流域为中心，沿湘江主干流向外递减。

一级区有 57 个，大部分呈边缘化分布，主要分布在慈利县和桑植县等张家界市、龙山县和永顺县等湘西自治州、会同县和中方县等怀化市、江永县和宁远县等永州市、汝城县和桂东县等郴州市、株洲市的茶陵县和炎陵县、浏阳市及平江县等地势较高的武陵山脉、南岭、雪峰山和罗霄山脉的山区县域。

二级区有 44 个，大部分空间散布在一级区和三级区的中间，除极个别地区外，呈片状分布，主要分布地区为邵阳县和邵东县等邵阳市、涟源县和双峰县等娄底市、祁东县和衡阳县等衡阳市及岳阳县和临湘县等岳阳市、宁乡县和长沙县等长沙市及湘潭县等湘潭市。



图 3 湖南省耕地开发强度上限分布图

三级区有 16 个，大部分呈现出环洞庭湖平原地区的集聚特征并向南边延伸，分布在望城区、石峰区、湘潭县、岳阳楼区、君山区、华容县、湘阴县、鼎城区、安乡县、汉寿县、澧县、临澧县、津市市、资阳区、赫山区、南县等县域。

从空间上对湖南省耕地开发强度适度域进行分析，揭示耕地开发强度适度域的空间分布特征。耕地开发强度适度域一级区主要分布于武陵、雪峰、南岭和罗霄的地势较高山区县域；二级区集中分布于湖南省中部往南北向延伸的地势较为平坦的地带；三级区主要集聚分布在环洞庭湖平原地区。从空间分布图也可以看出，环洞庭湖地区县域耕地开发强度适度值较大，说明该区域能承载相对较高的耕地开发强度，该区域高适度性县域的集聚与 2017 年湖南省大力推进洞庭湖生态经济区的发展有不可分割的关系。洞庭湖生态经济区主要是以发展生态经济为重点，进一步强化生态系统、产业体系、民生保障和基础设施建设，使环洞庭湖区的岳阳、常德、益阳 3 市及长沙市等县域，既有“金山银山”，又有“绿水青山”，所以耕地开发强度适度域相比其他地区较高。

3.3.2 各县域耕地开发强度状态变化及成因分析。

导致低度状态的原因是这些县域实际耕地开发强度值远低于其经济社会发展水平相对应的耕地开发强度，说明县域耕地没有得到充分开发。导致过度状态的原因有三种：一是耕地承载力处于正常水平，而耕地开发强度高；二是耕地开发强度水平正常，而耕地承载力水平过低；三是以上两种情况的结合。

由图 2 可知，从 1999 年到 2017 年县域耕地开发强度状态较稳定，一直处于低度状态的有炎陵县和北塔区，芦淞区和雨湖区从低度状态发展成高度过度状态。天心区、株洲县、攸县、醴陵市、湘潭县、韶山市南岳区、衡山县、邵阳县、中方县等 32 个县域一直处于适度状态。长沙县、衡阳县、双清区、洞口县、汨罗市、安乡县、汉寿县、嘉禾县等 16 个县域一直处于轻微过度状态。

原因分析：炎陵县和北塔区一直处于低度状态是由耕地开发强度过低造成的，这两个地区经济发展水平较缓慢，农业基础设施和科学技术水平都较低，耕地没有得到充分的开发，而株洲市的芦淞区和湘潭市的雨湖区近年来湖南省大力推进长株潭地区的发展，发挥其在全省经济社会发展中的“龙头”带动作用，基础设施不断加强、经济社会快速发展，耕地开发强度不断增加，最终发展成高度过度状态。一直处于适度状态的县域耕地开发强度都在 20%左右，开发强度与当地经济社会发展和资源环境都较适宜，一直处于轻微过度状态的县域处于 30%~60%左右，耕地开发强度较大，超过了资源环境承载力水平但还没有到严重过度的状态。

3.3.3 各地级市适度域范围分析。

将 2017 年湖南省 14 个地级市耕地开发强度状态分为四种类型。

处于低度状态的是怀化市。耕地开发强度小，且没达到社会经济发展所相对应的耕地开发强度。

处于适度状态的有株洲市、湘潭市、常德市、岳阳市、衡阳市、娄底市、邵阳市、湘西自治州，其中湘潭市、常德市、岳阳市、衡阳市，耕地开发强度较大、耕地承载力都较大且耕地开发强度较大在其耕地资源可承受的范围内；株洲市、娄底市、邵阳市、湘西自治州耕地开发强度较大、耕地承载力都较小且耕地开发强度在其耕地资源可承受的范围内。

处于轻微过度状态的地级市有永州市、长沙市、益阳市，其中长沙市和益阳市耕地开发强度较大，耕地承载力也较大，而永州市耕地开发强度相对较小，耕地承载力也较小，三市的耕地开发强度都超过了耕地承载力。长沙市为湖南省的省会城市，在 2017 年经济总量居全国省会城市第 6 位，经济总量首位度居第 10 位，可见长沙市的经济社会发展水平高，经济发展又会促进城镇化的发展和产业结构的变化，造成耕地减少，地均人口承载力、粮食自给率、土地垦殖率的下降，耕地承载力水平较低。益阳市围绕农业供给侧结构性改革实施了一系列的重点强农惠农政策，且该地区降水充足、土地质量好，耕地开发强度和耕地承载力水平较高。据资料显示，永州市截至 2016 年底，有近 33.33 万 hm^2 山地资源可供开发利用，由于受土地地形的限制，耕地承载力水平较低且耕地开发强度相对较小。

处于高度过度状态的地级市有郴州市和张家界市。研究期内，如果以 1 作为最大参考值，据统计显示，郴州市和张家界市耕地开发强度分别为 0.3、0.13，而资源环境承载力为 0.23、0.07，因此这是由资源环境承载力水平过低导致的，郴州市和张家界市位于南岭、罗霄山和武陵山地区，土地以山地为主，土地垦殖率较低，耕地支撑能力较弱；且这两市的多个县域为国家扶贫开发工作重点县，社会发展水平相对较低，受经济条件的限制，地均机械化水平低，耕地抗压能力较弱。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 湖南省县域耕地开发强度适度域上限值由以洞庭湖流域为中心,沿湘江主流向外递减。一级区有 57 个,大部分呈边缘化分布;二级区有 44 个,大部分散布在一级区和三级区的中间;三级区有 16 个,大部分呈现出环洞庭湖平原地区的集聚特征并向南边延伸。

(2) 从 1999 年到 2017 年,处于低度状态的县域由 9 个发展成 7 个,处于适度状态的县域由 64 发展成 60 个,处于轻微过度状态的县域由 41 个发展成 43 个,处于严重过度状态的县域由 3 个发展成 7 个,处于适度状态的地区与处于轻微过度状态的地区相互交错、呈网格状分布。

(3) 大部分地级市处于适度状态,只有郴州市、张家界市处于高度过度状态,其原因是耕地承载力水平过低。永州市、长沙市、益阳市处于轻微过度状态,其原因是长沙市和益阳市耕地开发强度较大,耕地承载力也较大,而永州市耕地开发强度相对较小,耕地承载力也较小,三市的耕地开发强度都略微超过了资源环境承载力水平。

4.2 讨论

本文对 1999-2017 年湖南省耕地开发强度适度域进行研究,重点研究了湖南省耕地开发强度适度域状态及范围,但为了充实耕地开发强度的研究,对于区域耕地开发强度变化的影响机制,以及不同地域应采取不同耕地开发强度的政策建议等内容还需进一步加强研究。

参考文献:

- [1]陈素平,张乐勤.安徽省 1995-2013 年粮食生产与耕地压力动态变化特征及驱动因素[J].水土保持通报,2017,37(03):167-173+187.
- [2]白玉皎.耕地利用可持续发展探究[J].农业与技术,2020,40(04):44-46.
- [3]牛家恒,江丽,陈鑫,等.耕地利用强度评价方法的县域休耕适用性——以曲周县为例[J].中国农业大学学报,2019,24(07):156-166.
- [4]邢璐平,方斌,向梦杰.基于 GWR 模型的江苏省耕地集约利用水平时空变化特征及影响因素[J].长江流域资源与环境,2019,28(02):376-386.
- [5]陈云飞,冯中朝,杜为公.土地适度规模经营影响中国油菜生产国际竞争力效应——基于湖北省 360 户农户调查数据的实证分析[J].中国农业大学学报,2019,24(12):190-200.
- [6]范姝,起建凌.基于土地适度规模经营视角下农村劳动力的供需研究——以沈阳市为例[J].当代经济,2019(08):110-112.
- [7]赵亚莉.长三角地区城市土地开发强度变化及其适度性研究[D].南京:南京农业大学,2015.
- [8]陈晓珍.宁夏彭阳县土地利用变化及驱动力分析[J].宁夏工程技术,2019,18(04):334-337+342.

[9]吴金华,刘思雨,史敏.基于网络分析法的陕西省耕地集约利用评价[J].干旱区资源与环境,2020,34(02):109-114.

[10]张法朋,丁文婕.基于PSR模型的县域耕地集约利用评价研究——以乳山市为例[J].安徽农学通报,2020,26(Z1):110-112.

[11]杨枝茂.河南省耕地生态环境承载力评价研究[J].中国农业资源与区划,2019,40(10):195-200.

[12]杨国颖.多元线性回归分析建立空气质量数据校准发布的数学模型[J].中国建材科技,2020,29(01):21-23.