

基于引力模型的中心村空间布局分析

——以贵州省锦屏县为例

王诗文，杨柳*，赵杨茜¹

（贵州大学公共管理学院，贵州贵阳 550025）

摘要:以贵州锦屏县为例，采用修正后的引力模型计算出乡镇对其周边行政村影响的引力值，从村庄规模、经济发展、基础设施、村庄集中程度 4 个方面建立评价指标体系对锦屏县 187 个行政村的综合发展实力进行了分析，结合地形位指数，将锦屏县的地形条件等级分为高度、中度、低度适宜 3 个等级，基于上述分析结果，确定了 18 个行政村作为锦屏县的中心村建设方案，并根据实际情况中可能存在的一些不可预测的因素，另外选择了 14 个行政村作为备选村庄。通过与实际情况相对比，中心村的建设方案符合锦屏县实际发展情况，可对锦屏县中心村的建设工作提供理论支持和实践指导。

关键词: 引力模型； 中心村； 锦屏县； 贵州省

中图分类号: F301. 23

文献标志码: A

文章编号: 1001—8581(2019) 05—0144—07

改革开放四十年来，乡村空间布局发生了显著变化^[1]。乡村振兴战略的提出，使得合理规划乡村空间格局，打破城乡二元结构成为城乡发展当下亟需解决的问题^[2]。中心村作为连接城镇与农村的重要节点，其合理布局成为实现城乡一体化和乡村振兴的重要途径之一^[3-4]。20 世纪 90 年代中后期，国内开始对中心村建设进行研究，主要以理论研究和经验分析为主，但不具有普适性，很难对实际工作做出具体指导^[5-6]。总体来看，学者们从定性的角度做了很多研究分析，但从定量角度对中心村空间布局进行系统性研究分析的则比较少。基于此，研究从定量分析的角度对贵州省锦屏县的中心村空间布局进行评估确定。首先运用引力模型^[7]计算出引力值，其次建立综合评价体系对锦屏县 187 个行政村的综合发展实力进行评价分析，最后结合地形位指数^[8]，分析了锦屏县的地形条件。本文对乡镇和村庄之间的相互作用、村庄的综合发展实力以及地形条件进行综合定量分析，以此确定锦屏县中心村空间布局方案，对锦屏县的中心村建设选址具有实践指导意义。

1 资料与研究方法

1. 1 资料来源

1. 1. 1 研究区概况锦屏县坐落于黔东南州东部，贵州省东南部，东邻湖南省靖州县，南邻黎平县，西界剑河县，北抵天柱县，是黔东南通往湖南、广东、桂林的重要门户，距黔东南自治州首府凯里 182 km，距省会贵阳 358 km(图 1)。地理坐标为地跨东经 108° 48' 37" ~ 109° 24' 35"，北纬 26° 23' 29" ~ 26° 46' 49"，南北宽 39. 6 km，东西长 55. 5 km。锦屏县

¹收稿日期: 2018—12—03

基金项目: 国家自然科学基金(41601166)。

作者简介: 王诗文(1994—)，女，硕士研究生，主要从事土地资源利用与保护研究。* 通讯作者: 杨柳。

辖区有 7 个镇 8 个乡，国土总面积 1596.9km²，2016 年区域总人口达 23.41 万。近年来，锦屏县经济发展水平不断提高，2016 年实现生产总值 403622 万元，财政总收入达 38930 万元。锦屏县为积极实施“工业强县、城镇带县、旅游活县”三大战略，推进城乡一体化进程，合理布局村庄空间分布显得尤为重要。



图 1 锦屏县区位及行政区位

1.1.2 资料来源本文采用的空间数据来自锦屏县 2017 年土地利用矢量数据库和锦屏县 30 m×30m 数字高程模型图 (DEM)；属性数据中社会经济数据来自锦屏县的村经济报表和 2017 年锦屏年鉴。研究前，先用 Arcgis 10.2 软件将土地利用现状图需要用的研究部分进行矢量化，并对其空间投影坐标进行统一，然后运用相关工具提取乡镇建设用地等研究需要用到的图斑，最后将各类数据进行分类汇总，形成研究需要的数据库。

1.2 研究方法

1.2.1 引力模型引力模型分为基于负幂律的阻抗函数的传统引力模型和基于负指数律的阻抗函数的最大熵引力模型^[9-10]。本文选用基于负幂式引力关系的传统引力模型对锦屏县各行政村间相互影响的作用引力进行分析，其表达式为：

$$I_{ij} = G \frac{M_i M_j}{r^b}$$

式中，I_{ij} 为 i、j 两地间的相互影响作用引力；G 为经验系数；M_i、M_j 分别为 i、j 2 个聚落的“质量”；r 为 i、j 两地之间的距离，b 为距离衰减指数。

为使 M 能科学地反映村庄间的真正影响引力，深化了引力模型中“质量”和“距离”的内涵。首先构建综合评价指标体系^[11]，其次计算各指标的权重，最后计算出村庄的“质量”。引力模型中的“距离”用时间距离替换空间距离，其中经验常数 G 取值 1，距离衰减指数 b 取值 2^[12]。最终替代优化后的公式为：

$$I_{ij} = \frac{w_i M_i w_j M_j}{d^2}$$

式中， I_{ij} 为 i、j 两地的引力强度， w_i 、 w_j 分别为 i、j 指标的权重； M_i 、 M_j 为 i、j 两地的“综合质量”； d 为 i、j 两地通行的时间距离。

1. 2. 2 熵权法熵权法是一种根据各指标传递给决策者的信息量大小来确定权重的客观评价方法^[13]。当评价对象在某项指标上的值相差较小时，熵值较大，说明该指标提供的信息量较小，对应该指标的权重也应该较小；反之，当评价对象在某项指标上的值相差较大，熵值较小，说明该指标能提供的信息量较大，相应的该指标的权重也应较大^[14]。熵权法赋权步骤如下：

（1）对原始数据矩阵进行标准化处理，得到标准化矩阵：

$$R = (X_{ij})_{m \times n}$$

其中，对大者为优的收益性指标的标准化公式为：

$$r_{ij} = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

对小者为优的成本性指标的标准化公式为：

$$r_{ij} = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}}$$

式中， r_{ij} 为第 j 个评价对象在第 i 个评价指标上的标准值， $r_{ij} \in [0, 1]$ 。

（2）定义熵

在有 m 个评价指标，n 个评价对象的评估问题中，第 i 个指标的熵定义为：

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}$$

$$\text{式中 } f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}, k = \frac{1}{\ln n}, (\text{当 } f_{ij} = 0 \text{ 时}, f_{ij} \ln f_{ij} = 0)。$$

(3) 定义熵权

第 i 个指标的熵权定义为:

$$W_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}$$

式中, $0 \leq W_i \leq 1$, $\sum_{i=1}^m W_i = 1$ 。

1. 2. 3 多因素综合评价法选择村庄规模、经济条件、基础设施等能反映村庄自身实力的因素, 建立评价指标体系, 通过熵权法确定权重, 然后用加权分值的公式进行累加, 确定锦屏县每个行政村的总分值, 最后通过村庄的分值对行政村的综合发展实力进行评价。

1. 2. 4 地形位指数在山地丘陵地区, 地形差异是中心村选址的重要影响因素, 很大程度上决定了村庄空间布局的基本框架, 但是只考虑坡度或高程一种因素很难反映出真实的地形空间分异, 因此, 本文采用将坡度和高程相结合的地形位指数^[15-16]对锦屏县的地形特征进行分析, 其公式为:

$$Z = \log \left[\left(\frac{E}{\bar{E}} + 1 \right) \times \left(\frac{S}{\bar{S}} + 1 \right) \right]$$

式中, Z 为地形位指数, E 和 $\bar{E}$ 分别为某点的高程值和该区域的平均高程值; S 和 $\bar{S}$ 分别为某点的坡度值和该区域的平均坡度值。

2 结果与分析

2. 1 引力测算分析

2. 1. 1 指标选取及处理中心村作为城乡体系的重要节点, 一方面受到乡镇发展带来的影响, 另一方面各村庄之间又相互联系和相互影响。如何使中心村的职能得到发挥, 必须得考虑乡镇对其功能的影响甚至替代^[10]。简言之, 受乡镇影响比较大的行政村, 乡镇在该区域就可以代替中心村的职能, 如果选这一类的行政村作为中心村, 其职能得不到充分发挥。基于此, 本文通过引力模型计算出锦屏县 15 个乡镇对其周边行政村的影响程度, 用引力值确定各行政村的空间适宜性等级。但随着社会经济的发展, 单一指标已经很难完成村庄之间影响引力的科学测算, 因此选取建设用地规模、人口规模以及农民人均可支配收入 3 个指标来综合分析村庄的“质量”^[17]。

根据人们选择不同的出行方式, 计算出各行政村到最近乡镇所需的时间就是时间距离。首先, 运用 Arcgis10. 2 确定各行政村到最近乡镇的空间距离; 其次, 调研发现大巴车和小车是村民通常会选择的出行方式, 计算出行的平均速度, 最后用空间距离/平均速度得到时间距离。由“质量”和“距离”所表达的引力模型测算指标体系。

2. 1. 2 引力值结果分析通过分析归一化处理后的引力值, 发现引力值较大的行政村如培寨村、锦额村、者蒙村不仅距乡镇近而且村庄规模较大; 而村庄规模小、距乡镇远的行政村如八里村、黄门村、八客村等引力值较小。基于此, 对引力值进行频率直方图分析, 以频率突变点 0. 01 和 0. 1 作为空间适宜性等级划分的依据, 将锦屏县各行政村划分为高度、中度、低度

适宜村庄 3 类。引力值较大的行政村在区域内受乡镇影响较大，如果作为中心村建设，无法充分发挥其中心村职能，因此此类行政村空间适宜性等级就低；相反，引力值较小的行政村作为中心村建设的空间适宜性等级就较高。基于测算得出的引力值，将锦屏县行政村的空間适宜性等级划分为低度适宜、中度适宜、高度适宜 3 类（图 2）。

从图 2 可以看出，3 类村庄围绕距各自较近的乡镇分布，其中高度适宜村庄距离乡镇较远，低度适宜村庄距离乡镇较近。这个分布规律与引力模型中距离所起的作用相对应，结果符合实际。因此，城中村或城边村从空间适宜性角度来看并不适合作为中心村建设。

2. 2 行政村的综合发展实力分析

2. 2. 1 评价指标体系本文以锦屏县的行政村作为评价单元，以各行政村的权属界线作为评价单元的边界，建立行政村的综合发展实力评价指标体系，以此来分析各行政村是否具备可以作为中心村建设的条件^[18-19]，最后确定的锦屏县行政村综合发展实力评价指标体系。

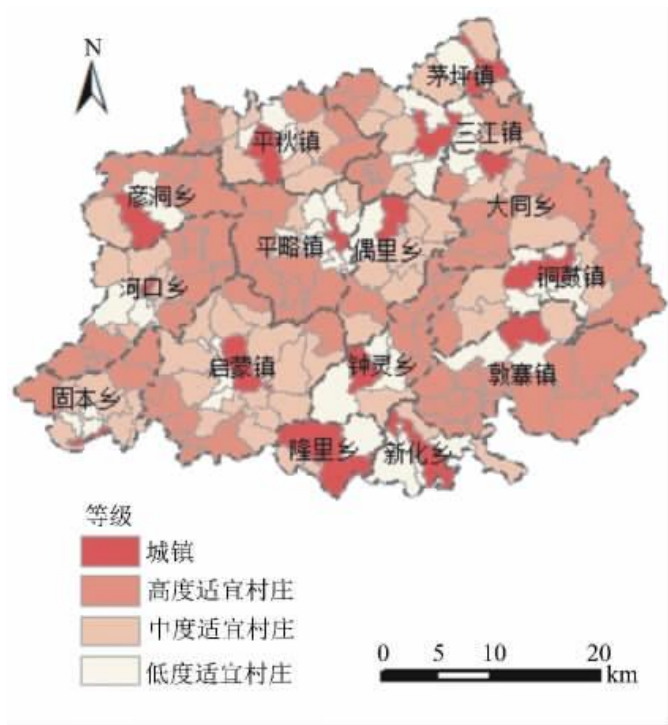


图 2 基于引力模型的锦屏县中心村空间适宜等级

村庄规模的大小在很大程度上取决于人口的数量，人口是村庄快速发展的基础保障。中心村的建设必然带来人口的集中，足够的耕地资源能保障村庄具备较强的聚合能力，耕地面积是评价村庄发展实力不可忽视的指标。乡村基础设施、居民点建设等都需要占用土地资源，因此，将建设用地面积作为评价村庄规模的指标。村庄的发展主要依靠经济收入，但经济收入已经不能仅靠农业收入，也需要其他收入，风景名胜用地面积可以反映村庄旅游业发展情况，因此选取农民人均可支配收入和风景名胜占地面积来代表村庄的经济条件。村庄的基础设施完善程度主要是通过学校、水利设施、交通条件来反映。中心村的发展是以综合实力强的村庄为依托发展起来的，因此选取居民点距离指数和农村居民点分散度来反映村庄的集中程度。居民点距离指数 $D_i = n_i / a_i$ ， n_i 为研究区域范围内基层村的个数， a_i 为研究区域范围内基层村的总面积。农村居民点分散度 $F_i = D_i / P_i$ ，其中 $P_i = a_i / A$ ，式中 A 为研究区域总面积。

2. 2. 2 行政村综合发展实力分析通过计算出来的分数分析得出，综合分数较高的行政村大多都人口较多、经济收入较高、建设用地面积较大、交通方便，如文斗村、格溪村、林星村等；综合分数较低的村庄基础设施落后且经济发展慢，如九桃村、万丰村、色界村等。计算结果和锦屏县的实际情况相符合，能够代表行政村的综合发展实力。对计算出来的结果进行统计，把锦屏县各个行政村的综合发展实力分为强实力村庄、一般实力村庄、弱实力村庄 3 个等级，中心村在综合发展实力强的行政村中确定。从空间分布看，不同发展实力等级的行政村并没有明显的分布规律，但综合发展实力较强的行政村分布在南部和东南部地区的数量远多于其他地区，这是因为锦屏县南部和东南部地区的高程和坡度比其他地区要平缓，地理位置的优势有利于该区域村庄的发展（图 3）。

2. 3 基于地形位指数的地形条件分析

锦屏县的高程在 266 ~ 1334 m 之间，坡度处于 0 ~ 70° 之间，地形起伏较大，地形因素对中心村的选择有很大的影响。因此，选择地形条件适宜的行政村作为中心村建设，可以主动避免因生态环境因素带来的不利影响^[20]。基于此，通过分析锦屏县的地形位指数，可以科学地评判各行政村的地形优劣等级。通过 Arcgis 10. 2 中的栅格计算器得出锦屏县的地形位指数范围在 0. 38 ~ 2. 50 之间，以自然突变点 1. 12 和 1. 52 作为临界值，运用重分类工具将锦屏县的地形位指数分为 I、II、III 等级（图 4）。其中地形指数范围在 0. 38 ~ 1. 12 之间的行政村最适宜建设中心村，地形指数范围在 1. 52 ~ 2. 50 之间地形最不宜建设中心村。

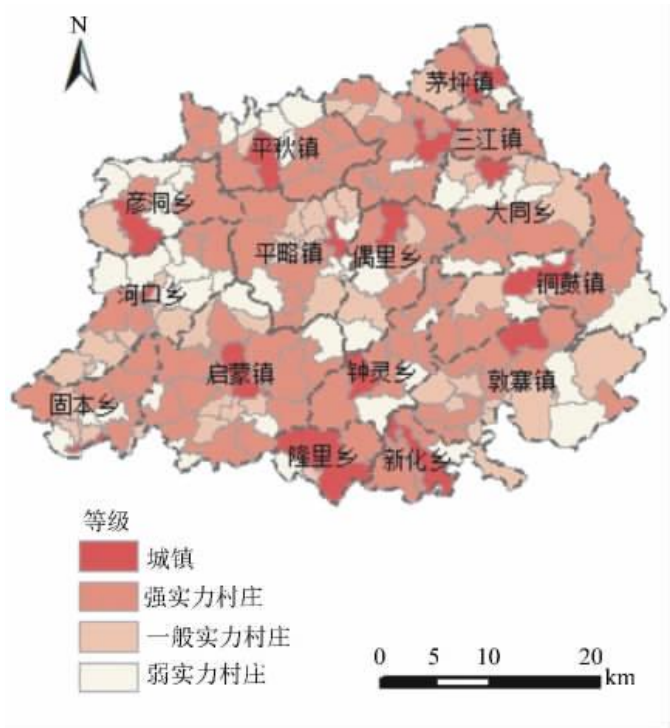


图 3 锦屏县行政村综合发展实力等级

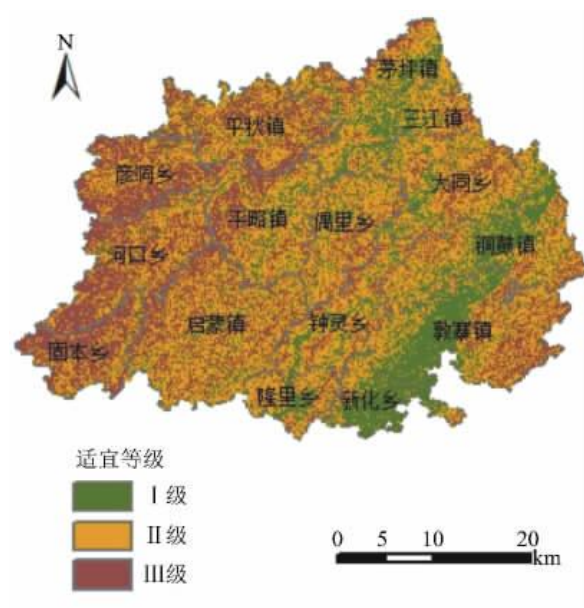


图 4 锦屏县地形位指数等级

运用 Arcgis 10. 2 软件中的提取工具，提取出各行政村的地形位指数，从而确定行政村的地形条件等级，本文将地形条件等级分为高度、中度和低度适宜 3 个等级（图 5）。分析可知最适宜建设中心村的村庄多数分布在地形平坦的区域，而不适应建设中心村的村庄大多位于地形条件差且生态环境脆弱的地区。

2. 4 锦屏县中心村空间布局方案

基于上述的分析结果，确定锦屏县中心村的空间布局方案。首先，选择同时具备空间位置适宜、综合发展实力强和地形条件等级高的行政村确定为锦屏县的中心村，然后选择具备其中 2 项条件的行政村作为中心村的备选方案。其中，空间位置和地形条件是村庄发展的内生条件，对中心村的建设起着关键性的作用^[21]，因此，在锦屏县中心村的备选方案中，侧重选择空间位置适宜和地形条件好的行政村。

通过对锦屏县行政村进行综合归类，然后根据归类结果确定中心村的空间布局方案。结果显示，空间位置适宜且发展实力强的类型 I 的行政村有 40 个；空间位置适宜且地形条件等级高的类型 II 的行政村有 32 个；发展实力强且地形条件等级高的类型 III 的行政村有 41 个；同时具备 3 项条件的类型 IV 的行政村有 18 个，归类结果见图 6。

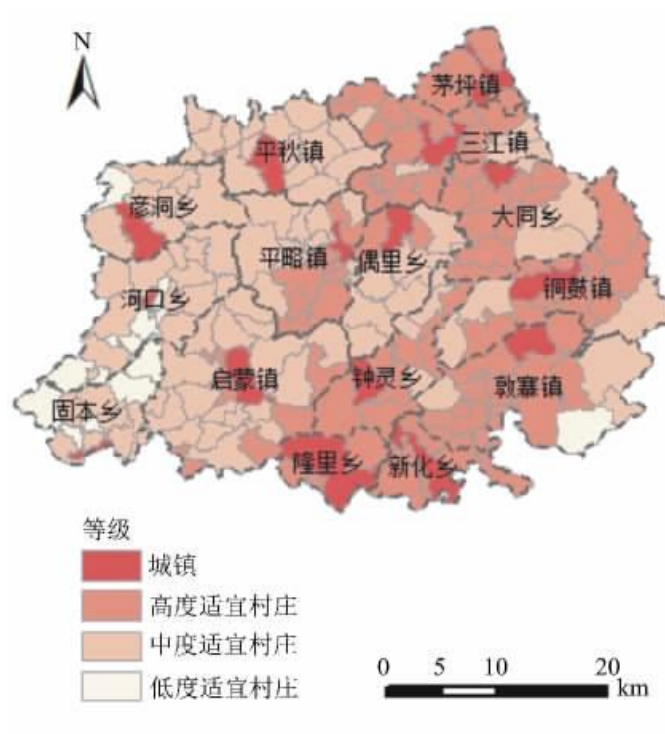


图 5 锦屏县地形条件等级

通过图 6 可知，3 个条件都满足的类型Ⅳ的村庄具有空间位置适宜、经济发展好且地形条件好等特点，是作为中心村的最优选择。实际情况中，存在一些不可预知的因素，需要准备备选方案来进行相应的调整。乡镇中心对行政村的影响程度和地形条件都属于村庄发展的内在限制条件，而行政村的综合发展实力在很大程度上可以通过政府政策的调整得到改善，较容易得到解决。因此，本文对空间位置适宜，地形条件等级高的类型Ⅱ的村庄中具备一般综合发展实力的 14 个行政村作为中心村的备选方案。

在最终确定的锦屏县中心村空间布局方案中，中心村和备选村庄集中分布在锦屏县的东南、东北和中部地区，这主要是由锦屏县的地形条件决定的。锦屏县的西部地区，地形多为山地高原，生态环境的脆弱阻碍了中心村的建设（图 7）。

研究结果与锦屏县实际发展情况相对比，方案中所确定的行政村均具备中心村建设的条件，其中一些行政村已经完全具备发展成为成熟中心村的条件，如亮司一村、龙池村、菜园村等村庄规模大、基础设施完善、经济发展比较好的行政村只要经过一些建设就可以直接发挥中心村的职能；而稳江村、八河村等地理区位好，经济实力强的行政村也具备非常好的发展条件。这进一步说明本文的研究成果和锦屏县的实际情况相符合，可用来指导中心村的空间布局工作。

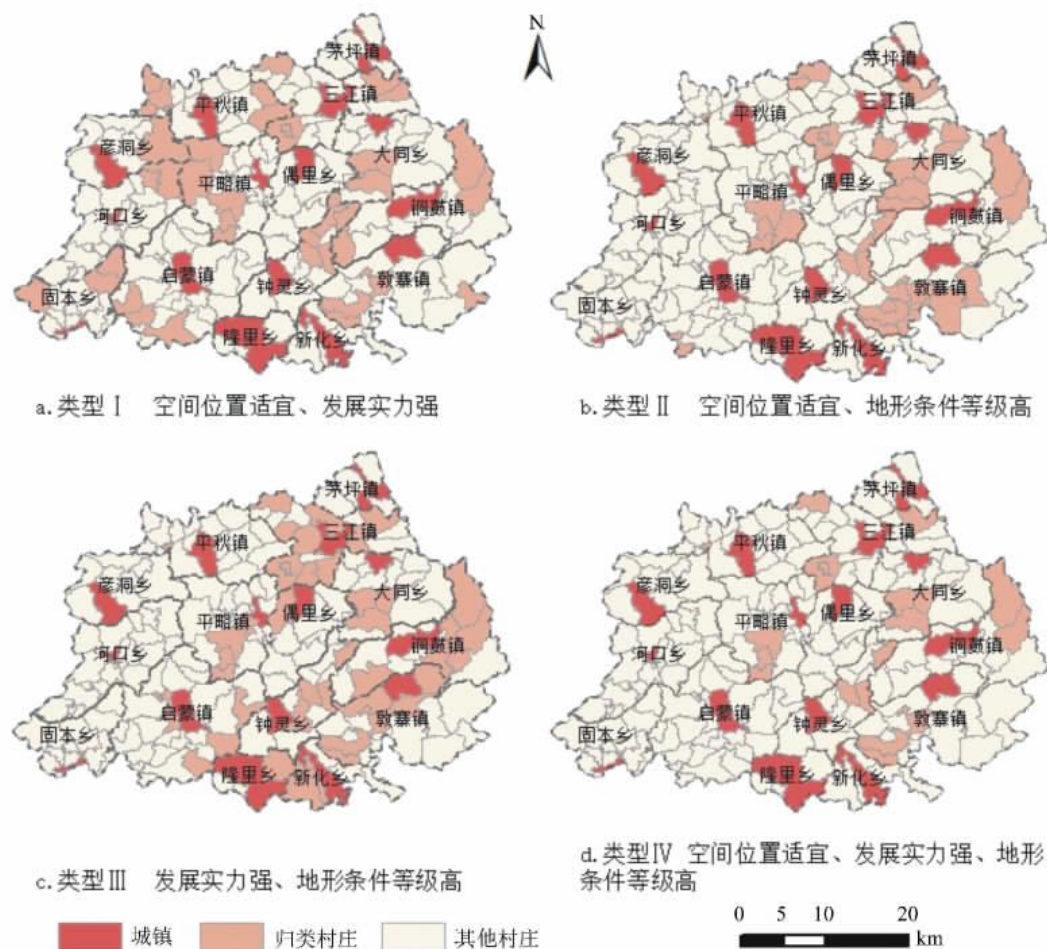


图 6 锦屏县行政村综合归类

3 结论与讨论

(1) 本文以贵州省锦屏县的中心村空间布局分析为研究点，通过引力模型计算出锦屏县各行政村受乡镇影响的引力大小；其次建立村庄综合发展实力评价体系，得出各行政村的综合发展实力；最后利用地形位公式计算出锦屏县的地形位指数，分析各行政村的地形条件。结合以上 3 项分析结果，选出同时具备空间位置适宜、综合发展实力强和地形条件等级高的 18 个行政村作为锦屏县中心村布局方案。考虑到其他不可预测的影响因素，另外选择了具备空间位置适宜、地形条件等级高、发展实力一般的 14 个行政村作为锦屏县中心村的备选方案。研究结果表明，这 32 个行政村都具有空间位置适宜、经济发展实力强、地形条件好等特点，符合中心村的建设条件。

(2) 确定中心村的备选方案时，对行政村的综合发展实力降低了要求，但没有降低空间位置适宜度和地形条件的要求。原因是村庄的空间分布位置和地形条件属于村庄的内生发展条件，而村庄的综合发展实力可以随政策的改变等得到解决，属于村庄发展的外在动力。研究结果不仅为锦屏县的中心村建设提供了具体的方案，也为石漠化地区在选择中心村的空间布局时提供了侧重点。

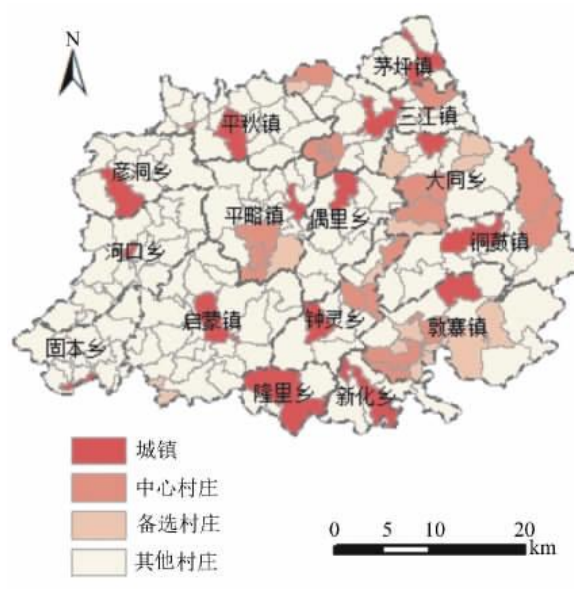


图7 锦屏县中心村布局方案

(3) 本文的研究区位于贵州省的东南部, 境内地形复杂多样, 地势起伏不平, 相对高差大, 山地地形特征明显, 因此, 研究具有一定区域性。另外, 由于数据的可获取性, 在评价的过程中, 并没有充分考虑到所有的影响因素。为此, 如何能够全面考虑到影响中心村建设的所有因素, 值得更进一步的研究。

参考文献:

- [1] 冯献, 崔凯. 中国工业化、信息化、城镇化和农业现代化的内涵与同步发展的现实选择和作用机理 [J]. 农业现代化研究, 2013, 34(3) : 269—273.
- [2] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 等. 中国村庄空间分布特征及空间优化重组解析 [J]. 地理科学, 2016, 36 (2) : 170—179.
- [3] 吴贻猛. 建设中心村构筑城乡经济一体化的基点 [J]. 商场现代化, 2005(8) : 57—58.
- [4] 许婷, 饶磊, 赵小敏, 等. 贵溪市农村居民点布局适宜性评价与优化研究 [J]. 江西农业学报, 2017, 29(4) : 123—129.
- [5] 王成, 费智慧, 叶琴丽, 等. 基于共生理论的村域尺度下农村居民点空间重构策略与实现 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(3) : 205—214, 294.
- [6] 杨乔, 刘秀华, 刘勇, 等. 我国中心村建设研究综述 [J]. 河北农业科学, 2009, 13(7) : 111—114, 172.
- [7] 李江苏, 骆华松, 王晓蕊. 引力模型重构在城区与郊区相互作用中的应用: 以昆明市为例 [J]. 世界地理研究, 2009, 18(2) : 76—84.

-
- [8] 王妍. 基于 DEM 的地形信息提取与景观空间格局分析 [D]. 重庆: 西南大学, 2006.
- [9] 蔡悠芳. 基于修正引力模型的乡级农村居民点空间布局优化研究 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2014.
- [10] 何鑫茹, 胡业翠, 吕小龙. 基于引力模型的迁村并点问题研究: 以北京市通州区为例 [J]. 国土与自然资源研究, 2017(2) : 15—20.
- [11] 洪光荣. 基于引力模型的中心村选择量化方法研究 [J]. 湖北工程学院学报, 2013, 33(3) : 24—27.
- [12] 陈彦光, 刘继生. 基于引力模型的城市空间互相关和功率谱分析: 引力模型的理论证明、函数推广及应用实例 [J]. 地理研究, 2002, 21(6) : 742—752.
- [13] 李晓倩. 土地资源评价指标权重赋值方法的比较研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [14] 邱宛华. 管理决策与应用熵学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002: 193—196.
- [15] 焦鹏飞, 张凤荣, 李灿, 等. 基于引力模型的县域中心村空间布局分析: 以山西省长治县为例 [J]. 资源科学, 2014, 36(1) : 45—54.
- [16] 喻红, 曾辉, 江子瀛, 等. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究 [J]. 地理科学, 2001, 21(1) : 64—69.
- [17] 杜相佐, 王成, 蒋文虹, 等. 基于引力模型的村域农村居民点空间重构研究: 以整村推进示范村重庆市合川区大柱村为例 [J]. 经济地理, 2015, 35(12) : 154—160.
- [18] 刘英, 朱雅玲, 祝琪雅, 等. 中心村选择中村庄综合实力评价指标体系的研究: 以湖南临澧县为例 [J]. 湖南农业科学, 2010(19) : 152—155.
- [19] 蔚霖, 孟庆香, 朱槐文. 基于村庄综合发展潜力评价的中心村确定 [J]. 湖北农业科学, 2012, 51(12) : 2636—2640.
- [20] 郭洪峰, 许月卿, 吴艳芳. 基于地形梯度的土地利用格局与时空变化分析: 以北京市平谷区为例 [J]. 经济地理, 2013, 33(1) : 160—166, 186.
- [21] 谢保鹏, 朱道林, 陈英, 等. 基于区位条件分析的农村居民点整理模式选择 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(1) : 219—227.