

基于GIS的哈尔滨市呼兰区农村居民点用地适宜性评价

李欣雨

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2025年10月12日; 录用日期: 2025年11月6日; 发布日期: 2025年11月14日

摘 要

为了解决我国相当一部分的农村居民点没有经过统一的科学规划, 缺乏足够的基础设施, 区域人地矛盾大等诸多突出问题。本文运用泰森多边形分析法、GIS核密度方法、熵权法、空间分析技术和缓冲区分析法等多种方法对呼兰区农村居民点的影响因素及其空间分布特点进行分析和评价, 从自然环境因子和区位环境因子两个主要方面对呼兰区农村住区适宜性评价指标体系进行构建与评价, 客观探索农村聚居区适宜性评价。呼兰区农村居民点主要受到区位环境因子和自然环境因子驱动, 具有显著的平原型集聚特征。因此, 在有限的空间下提出现状农村居民点用地调控措施, 对呼兰区促进农村生产发展具有重要意义。

关键词

呼兰区, 农村居民点, 适宜性评价, GIS, 环境因子

GIS-Based Land Suitability Evaluation of Rural Settlements in Hulan District, Harbin City

Xinyu Li

College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: October 12, 2025; accepted: November 6, 2025; published: November 14, 2025

Abstract

To address the prominent issues faced by a significant portion of China's rural settlements—including the absence of unified scientific planning, inadequate infrastructure, and severe regional conflicts between human activities and land resources—This study employs multiple methodologies—including the Thiessen polygon analysis, GIS kernel density method, entropy weight method, spatial analysis techniques, and buffer zone analysis—to examine the influencing factors and spatial distribution characteristics of rural settlements in Hulan District. It constructs and evaluates an indicator system for assessing the suitability of rural residential areas in Hulan District from two primary perspectives: natural environmental factors and locational environmental factors. This approach objectively explores the suitability evaluation of rural settlements. Rural settlements in Hulan District are primarily driven by locational and natural environmental factors, exhibiting distinct plain-type agglomeration characteristics. Therefore, proposing regulatory measures for existing rural settlement land use within limited spatial constraints holds significant importance for promoting rural production development in Hulan District.

Keywords

Hulan District, Rural Settlements, Suitability Evaluation, GIS, Environmental Factors

Copyright © 2025 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

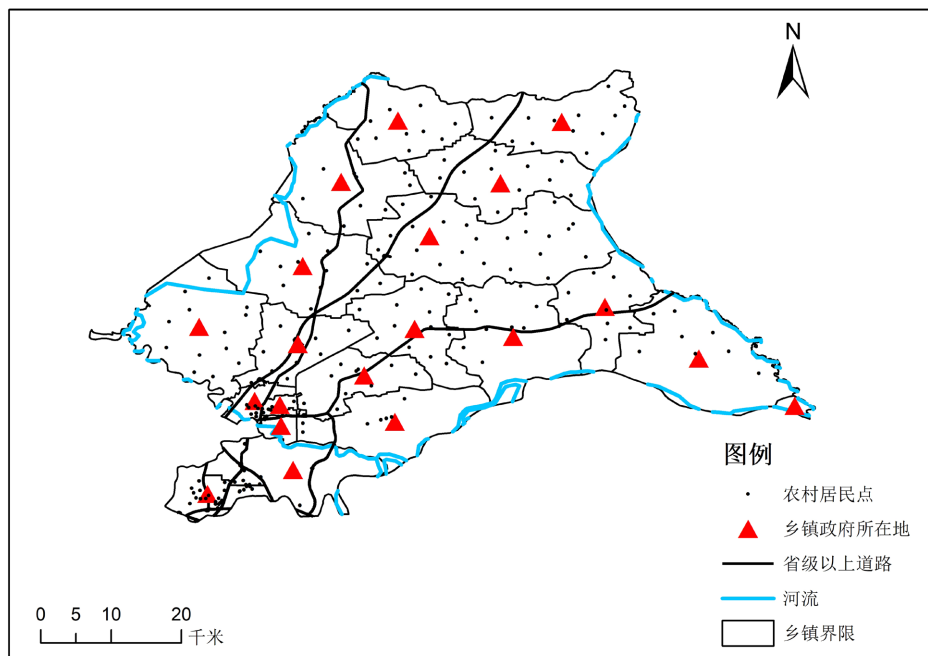
农村居民点是农民生产和生活的主要场所，也是资源要素合理配置的基础之一。但我国农村居民点普遍存在着规模、分布等问题。这些问题导致了土地资源的浪费，基础设施的缺乏，以及水土环境的污染等问题。哈尔滨市呼兰区属哈尔滨市利民开发区，居民点分布均不成熟，本论文以哈尔滨市呼兰区农村居民点用地类型作为研究区域，作为经济价值巨大的研究领域，本论文采用 ArcGIS 软件，根据各地的实际情况及有关文字数据，从区位环境因子与自然环境因子两方面，分析它们对现阶段农村聚落土地利用所产生的影响。本文主要分析考察了基于 GIS 技术的哈尔滨市呼兰地区农村居民点土地适宜性评估，共同寻找农村居民点布局优化问题成因机理等，提出了对策建议，并为下面更深入的研究奠定了基础。为全面实现乡村振兴并将农业农村置于优先发展战略地位，2022 年党的第二十次全国代表大会提出了坚持城乡融合，对农村居民点用地适宜性和提高农村土地资源利用率进行了评价，这对于我国今后的乡村发展具有重要的启示。

2. 研究区概况、内容及方法

2.1. 研究区概况

本文选取中国黑龙江省哈尔滨市呼兰区作为研究区域，哈尔滨市呼兰区位于黑龙江省中南部，总面积 1949.56 平方公里，下辖 13 个乡镇。呼兰地区位于中纬度地带，属于温带北部大陆性季风气候。该地农业气候属于春季干旱和半干旱，温暖和半湿润的地区。不同地区间气候差异不大，南方略高一些，年累计温差控制在 100℃ 以内，这里的年平均气温约为 3.3℃。并且该地区年日照时间充足，平均年日照时数达到 2732.3 小时，年日照平均覆盖 62%。哈尔滨市呼兰区地处松嫩平原南部，人口分布比较均匀，规

模较大，研究区区位图见图 1 所示。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2020) 4619 号的标准地图制作。

Figure 1. Location map of Hulan district

图 1. 呼兰区区位图

2.2. 研究方法

(1) 泰森多边形。泰森多边形是一种以点为基础，根据离散点数据之间距离关系构建的凸多边形[1][2]。在 GIS 技术中，泰森多边形通常用来确定某个区域内各点之间的空间关系。通过生成泰森多边形，可以更好地理解和分析空间现象，如建筑物、道路、交通流等[3]。因此，评估样本点的分布类型可以通过测量泰森多边形面积的变异系数 CV 值来完成[4]。CV 值的公式如下：

$$CV = \frac{\text{标准差}}{\text{平均值}} \times 100\% \quad (1)$$

依据 CV 值划分标准，利用 ArcGIS 软件对呼兰区农村聚落 CV 值及 CV 值分布情况进行测算[5]。

(2) 核密度分析法。核密度分析法是一种非参数平滑估计方法，其把每个观测点看作高斯核函数中心点，计算该点附近的密度的方法[6][7]。该方法可以对大量的空间数据进行空间聚类分析，例如人口、交通流量、气象数据等[8]-[10]。核密度分析在 GIS 中被广泛应用，可以用来绘制热力图以及寻找空间集群和空间分布模式，并且它基于动态像元估计空间点的密度值[11][12]。核密度估计的方程为：

$$f_n(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k \left[\frac{x - x_i}{h} \right] \quad (2)$$

式中， n 为带宽范围内的点数； k 为内核函数； $x - x_i$ 为农村居民点 x 到 x_i 之间的估计距离； h 为带宽； $f_n(x)$ 表示农村居民点的核密度估计值。农村居民点的密集程度与核密度估计数值成正比关系。随着核密度值增大，农村居民点分布越密集；随着核密度值减小，其农村居民点分布越分散。

(3) 缓冲区分析法。缓冲区分析法是指在一个地理位置周围设定一个特定距离的区域，从而分析该地理位置周围的空间分布状况[13][14]。在 GIS 中，缓冲区分析法可以用来分析管道、河流、城市和人口等

空间元素的分布情况以及相应的空间联系[15]。本研究针对河流、省级以上道路和乡镇政府所在地进行缓冲区分析，以获得所需结果。

(4) 熵权法。熵权法是一种利用熵原理对数据进行加权平均的方法[16]-[18]。根据物质或能量在不同状态中的分布情况，熵权法可以计算出不同因素的权重，并且做到客观合理地给出每种因素的权重大小。一般来说，某个指标的信息熵越小，表明该指标在综合评价中起到的作用越大，其权重越大。熵权法所用到的公式如下：

首先将数据标准化，假设给定了 m 个指标 $x_1, x_2, \dots, x_m$ 。假设对各个指标数据标准化的值为 $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$ ，那么：

$$Y = \frac{x_{ij} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (3)$$

第二步，求各个指标的信息熵。根据信息论中信息熵的定义，一组数据的信息熵：

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

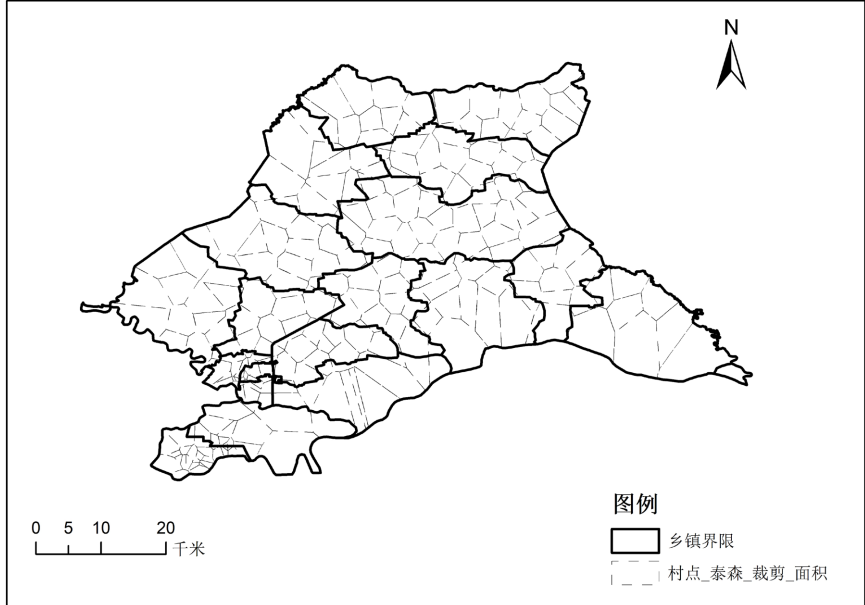
式中， $p_{ij} = \frac{Y_{ij}}{\sum_{i=1}^n Y_{ij}}$ ，如果 $p_{ij} = 0$ ，则定义： $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

第三步，确定各指标权重。根据信息熵的计算公式，计算出各个指标的信息熵为 $E_1, E_2, \dots, E_k$ 。通过信息熵计算各指标的权重：

$$w_i = \frac{1 - E_i}{k - \sum E_i} (i = 1, 2, \dots, k) \quad (5)$$

3. 结果分析

3.1. 呼兰区农村居民点聚集程度



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2020) 4619 号的标准地图制作。

Figure 2. Tessellation diagram of residential areas in Hulan district
图 2. 呼兰区居民点的泰森多边形图

根据呼兰区居民点的泰森多边形图(见图 2)及其各乡镇聚集性分布(见图 3)可知, 各个居民点斑块面积大小相差不大, 根据 Duyckaerts [19] [20]提出的分类标准($CV < 33\%$ 为均匀分布, $33\% \leq CV \leq 64\%$ 为随机分布, $CV > 64\%$ 为聚集分布), CV 值最低的是位于呼兰区东北部的石人镇, CV 值为 12.83%, 其空间分布类型属于均匀分布; 位于呼兰区西南部的兰河街道, CV 值为 129.39%, 其空间分布类型按分类标准聚集型[21][22]。整体来看, 呼兰区乡镇空间分布以随机型为主, 聚集型次之, 均匀型较少, 表明该区域在整体上存在一定空间异质性, 部分街道表现出较高的集聚态势。

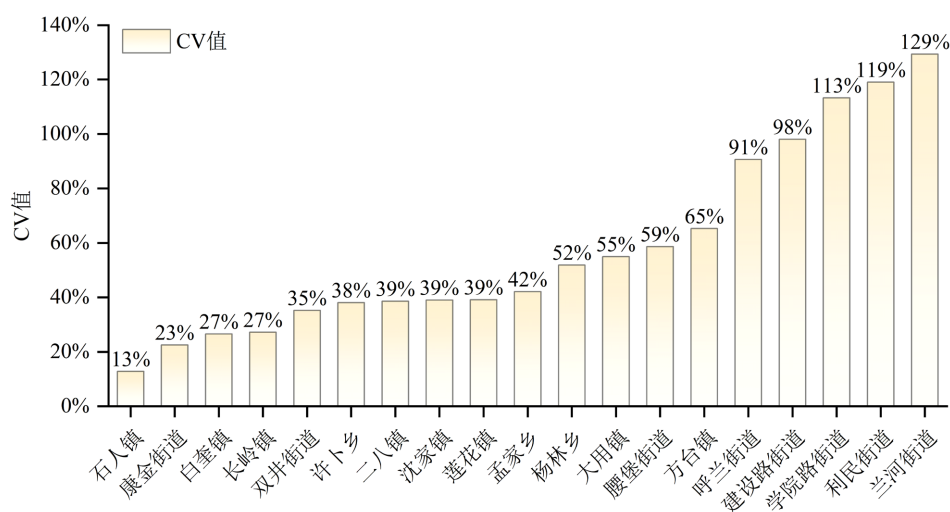
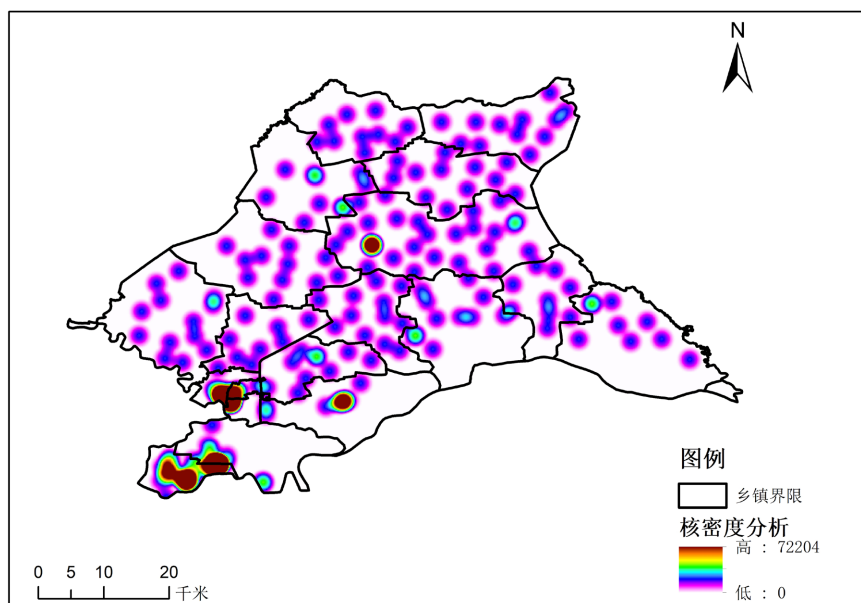


Figure 3. Clustered distribution across townships

图 3. 各乡镇聚集性分布图

3.2. 基于核密度估计的呼兰区农村居民点特征分析



注: 该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2020) 4619 号的标准地图制作。

Figure 4. Hulan district kernel density analysis map

图 4. 呼兰区核密度分析图

从图 4 可以看出,呼兰区农村居民点的总体分布呈现出“多核心分布-南密北疏”的空间格局特征,且与前述基于泰森多边形 CV 值的分析结果高度一致。全区居民点密度总体较为均衡,但在局部地区形成了明显的高密度聚集区。核密度值高值区主要分布在呼兰区西南部与南部区域,靠近省级主干道与乡镇政府驻地,交通便利、基础设施完善,是农村居民点最为集聚的地带,且人口分布较均匀。相反,呼兰区北部和东北部地区核密度值普遍偏低,居民点分布较为分散,这部分地区地势相对较高,距离河流与主要交通干线较远,地形条件与区位可达性均限制了居民点的集中布局。区位条件、交通通达性及自然环境差异共同影响了呼兰区农村居民点的空间分布规律。

3.3. 基于缓冲区分析呼兰区农村居民点在环境因子上空间分布特征

3.3.1. 呼兰区农村居民点在自然环境因子上的空间分布特征

河流对聚落分布的影响主要体现在生产和生活用水上,由于河流具有供水、水产品、交通等重要功能,对于农村居民点来说,河流对种植园的灌溉影响重大,适合居民点分布。根据缓冲区分析法把河流分为<2 km、2~4 km、4~6 km、6~8 km 和>8 km 五个等级,由图 5(a)中的河流图可知,距离河流越近,农村居民点的分布越密集。由图 5(b)中的高程图可知,呼兰区大部分农村居民点高程在 136 km 以内,而超过 136 km 高程地区的居民呈现出快速下降趋势。农村居民点在不同海拔高度显示出一些变化,总体上来看,居民点相对集中的分布在平坦的地区,在高程相对较高的地区,呼兰区农村居民点分布较少。

地形和地貌是自然环境因素中的主导因素,对农村居民点空间分布具有重要的地理背景作用,哈尔滨呼兰区的农村居民点空间分布特征与一定的地形和地貌背景密切相关[23]。通过分析图 5(c)的坡度图可以发现,呼兰区全部农村居民点都集中分布在坡度大于 25°以上,其分布比较均匀[24]。因此,地形和地貌是影响哈尔滨呼兰地区农村居民点空间分布的重要因素。

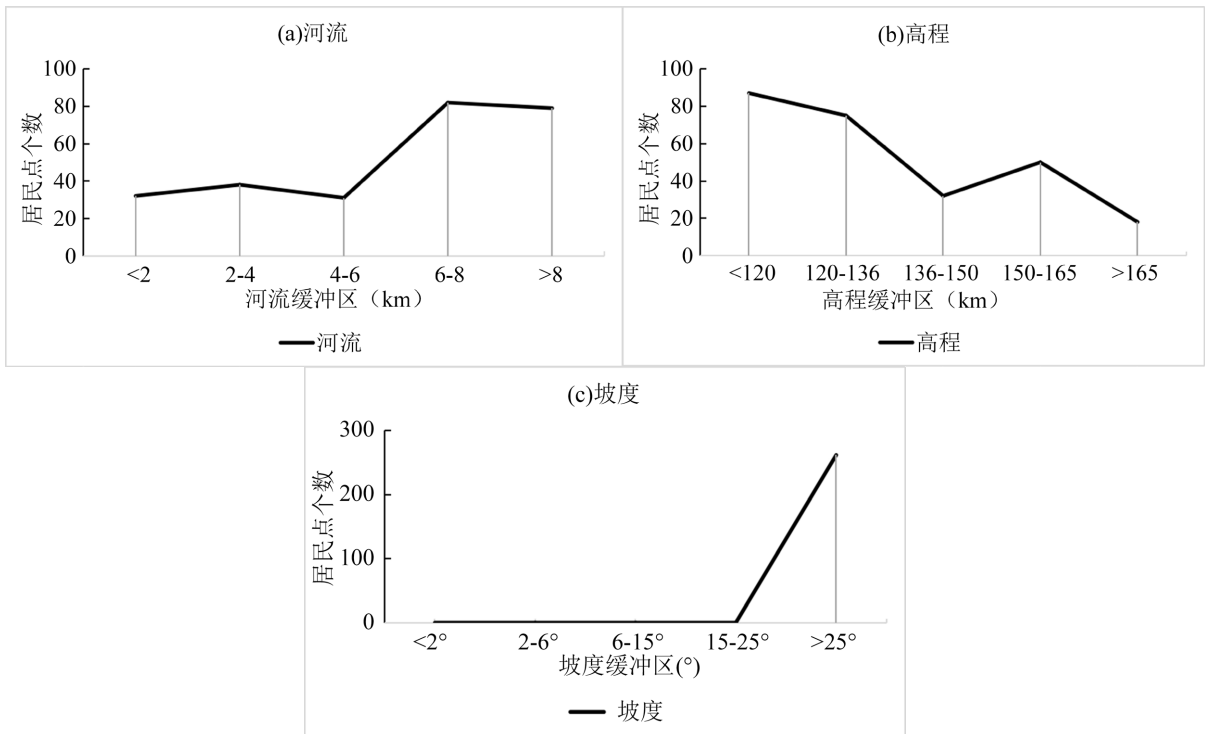


Figure 5. Distribution of natural environmental factors in rural settlements of Hulan district
图 5. 呼兰区农村居民点的自然环境因子下分布

3.3.2. 呼兰区农村居民点在区位环境因子上的空间分布特征

本研究对呼兰区各个乡镇政府所在地和省级以上道路进行缓冲区分析,分为<2 km、2~4 km、4~6 km、6~8 km 和>8 km 五个级别。由图 6(a)和图 6(b)可知,农村居民点大部分分布在小于 6 km 的级别上,而在 6~8 km 和>8 km 的级别上农村居民点分布数量显著减少,说明大部分呼兰区农村居民点分布在距离乡镇政府较近的区域。道路的好坏、长短和范围都对交通运输具有重要影响,小于 2 km 的级别的农村居民点面积占 53.81%,可见农村居民点多分布于距公路较近的区域。

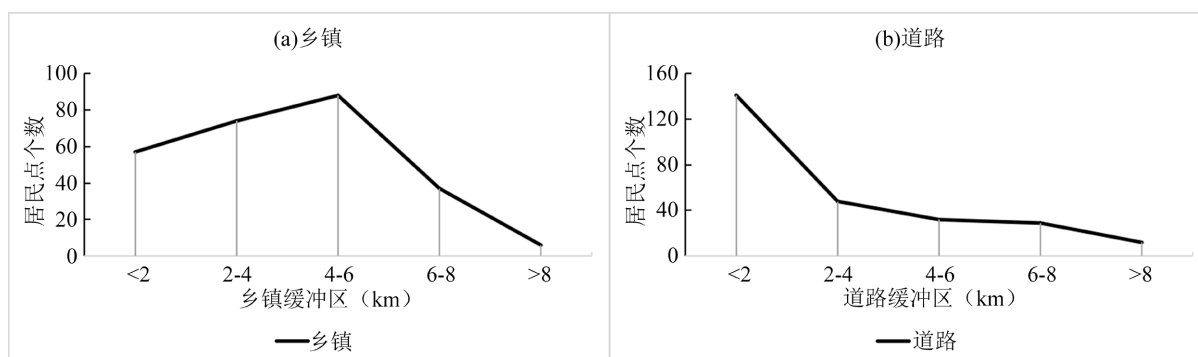


Figure 6. Spatial distribution of rural settlements in Hulan district based on environmental factors

图 6. 呼兰区农村居民点的区位环境因子下分布

3.4. 基于熵权法的农村居民点适宜性评价

各种因素对农村居民点规划发展的影响大小不一,因此需要确定影响因素的权重。熵权法是一种常用的权重获取方法,它源自于信息论中的原理,其中信息是衡量系统中的有序程度的指标,而熵则是测量系统中无序程度的度量[25];如果指标的信息熵越小,则该指数提供的信息越多,对整体评价产生更大的影响,从而产生更大的权重。它可以测量一个随机变量和某一组随机变量之间的线性依赖性[26]。本研究选择的指标有河流、省级以上道路、乡镇、高程和坡度,对这些指标进行归一化处理,得出指标是正向指标。利用熵权法计算得到的结果见图 7,表 1 所示。

Table 1. Entropy weights for each factor

表 1. 各因子熵权值

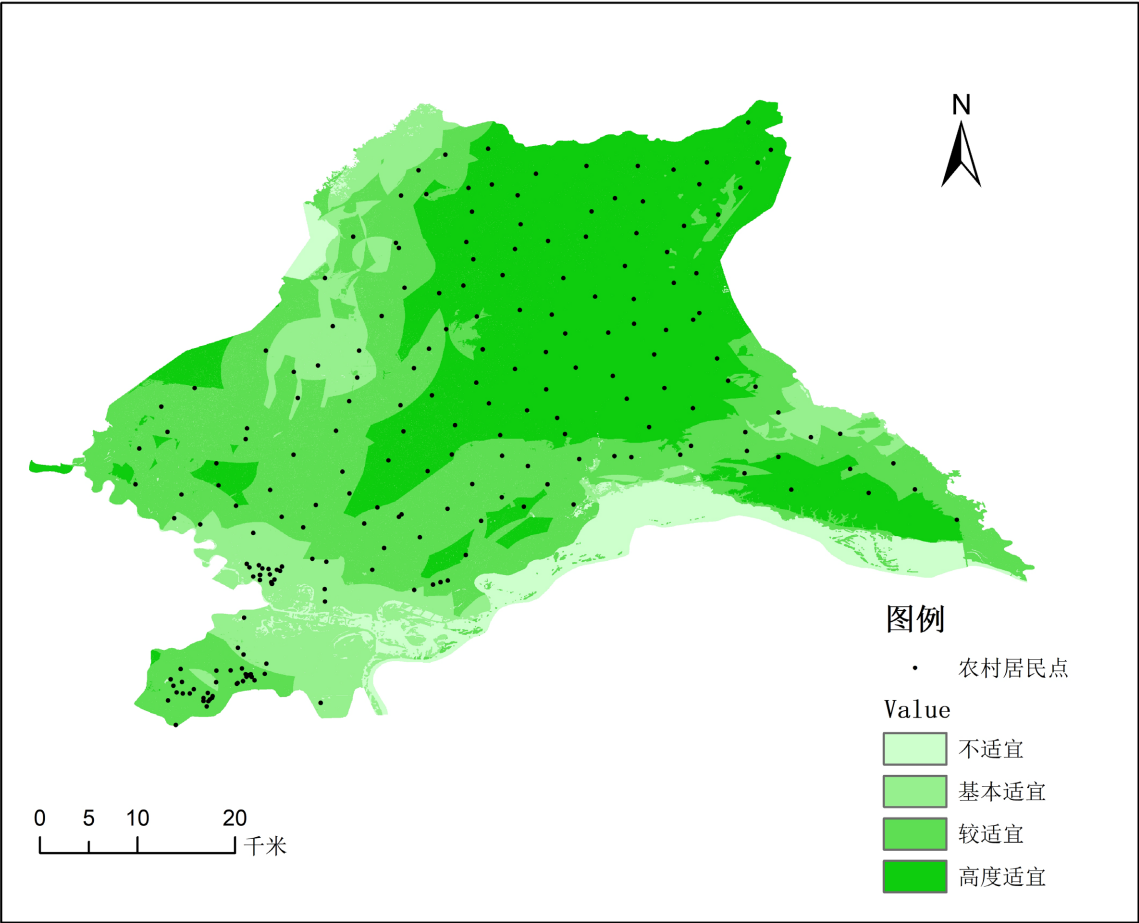
	河流	高程	坡度	乡镇	道路
信息熵(H)	0.581314848	0.776624937	0.002536423	0.826145448	0.641110176
1-H	0.418685152	0.223375063	0.997463577	0.173854552	0.358889824
SUM (1-H)			2.17227		
熵权	0.192741006	0.102830335	0.459180681	0.080033651	0.165214327

呼兰区农村居民点适宜性评价

在土地适宜性评价中,关键性的一步是对评价因素进行检查,但土地适宜性评价却是土地利用的基础。以《土地评价纲要》为依据,并且通过对这一适宜性进行了相关研究,对呼兰区农村居民点用地适宜性评价划分为高度适宜类和较适宜类、基本适宜,不适宜等四类居民点用地类型[27]。

将河流、省级以上道路、乡镇政府所在地、高程、坡度等环境因子置于 ArcGIS 软件下进行重分类,合理地对其进行分级,再得到其空间分布状况,然后利用栅格计算器结合熵权分析法来获取河流、省级

以上道路、乡镇政府所在地、高程、坡度等环境因子熵权数(如表 1)及相应各环境因子重分类结果加以处理[28]，得出呼兰区农村居民点适宜性分布图，见图 7，表 2 所示。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2020) 4619 号的标准地图制作。

Figure 7. Hulan district suitability rating map
图 7. 呼兰区适宜性等级图

Table 2. Percentage of area and settlements at each suitable level (%)
表 2. 各适宜等级的面积占比、居民点占比(%)

适宜性等级类型	面积(km ²)	面积占比(%)	居民点数量(个)	居民点数量占比(%)
不适宜	201.7073725	7.87%	258,446	7.85%
基本适宜	379.441746	14.80%	493,263	14.97%
较适宜	962.7918368	37.56%	1,233,246	37.44%
高度适宜	1019.524007	39.77%	1,309,256	39.74%
SUM	2563.464962	100%	3,294,211	100%

依据熵权法确定的权重值及栅格叠加计算结果(见图 7 和表 2)，呼兰区农村居民点用地适宜性被划分为高度适宜、较适宜、基本适宜和不适宜四个等级。从面积比例来看，高度适宜区和较适宜区面积分别为 1019.52 km² 和 962.79 km²，合计占全区总面积的 77.33%，表明大部分地区具备较好的居住与发展条

件。这类区域主要集中在呼兰区南部和平原地带,地势相对平缓、交通便利、靠近主要河流和乡镇政府所在地,基础设施较为完善,适宜农村居民点集中布局。基本适宜区面积为 379.44 km², 占总面积的 14.80%, 居民点数量占比 14.97%。此类区域多分布于呼兰区中部和东南部过渡地带,地形起伏较小,但受交通条件和地表水分布的限制,适宜性略低。相比之下,不适宜区面积占比仅为 7.87%,居民点数量占比 7.85%,主要分布于西北部和东北部丘陵或高坡地区,这些地区地势起伏较大、道路可达性差、远离河流和城镇中心,不利于大规模居民聚集和基础设施建设。从居民点数量结构来看,居民点数量分布与面积占比基本一致,高度适宜区与较适宜区的居民点数量分别占全区的 39.74%和 37.44%,表明农村居民点集中分布于环境与区位条件较优的区域;而在不适宜区内,居民点数量较少,仅占比不足 8%,显示出地形与区位因子对聚落选址具有显著约束作用。

总体而言,呼兰区农村居民点空间格局呈现出“南密北疏、沿河沿路集聚”的显著特征。适宜性等级较高的区域主要沿交通干线和河流分布,与核密度分析和 CV 值分析结果高度一致,进一步印证了区位条件、地形地貌及水系分布对农村居民点空间分布的主导作用。

4. 讨论与结论

本文采用泰森多边形分析法、GIS 的核密度方法、熵权法、空间分析技术和缓冲区分析法等多种方法对呼兰区农村居民点的影响因素及其空间分布特点进行分析和评价,可以得出以下结论:

(1) 呼兰区位于黑龙江省,面积达 2229 平方公里,下辖 16 个街道、7 个镇、3 个乡和 1 个农垦。由于地处交通便利、水流充沛的位置,并且乡镇政府分布较为集中,这些因素都对农村居民点的分布产生了主要影响。通过空间分析功能进行评估和分析,可以对农村居民点的适宜性进行评估和调整,在加快城镇化进程、维护粮食安全和生态安全方面具有重要意义。

(2) 本研究以呼兰区为研究对象,选取省级以上道路、乡镇政府所在地、河流、高程和坡度五个方面作为指标,构建呼兰区农村居民点适宜性评价指标体系。该区域被划分为四个适宜性分级:高度适宜、较适宜、基本适宜及不适宜。通过对这些指标的评估和分析,可以为农村居民点的规划和布局提供有效参考,促进呼兰区的可持续发展和乡村振兴。

(3) 通过 GIS 的核密度方法、缓冲区分析法对呼兰区进行综合分析,得出呼兰区农村居民点的分布特征主要受坡度的平缓程度影响比较大。此外,居民点的分布随着高程的增加而分散,随着与省级以上道路距离、乡镇的增加而分散,以及随着与河流距离的增加而聚集。由此可见,农村居民点的分布特征从根本上受到坡度的基本影响,同时也受到其他因素的严重制约。

本研究通过对呼兰区农村居民点适宜性评价发现,呼兰区农村居民点空间格局主要受区位环境因子和自然环境因子驱动,具有显著的平原型集聚特征。未来在乡村空间优化与土地整治过程中,应重点关注南部高适宜区的土地集约利用与北部低适宜区的生态保护,实现城乡要素的均衡配置与乡村空间的可持续发展。

参考文献

- [1] 王维芳, 韩子丰, 李国春. 基于泰森多边形图法的樟子松人工林林分空间结构参数与林分优化[J]. 森林工程, 2025, 41(5): 948-957.
- [2] 朱求安, 张万昌, 余钧辉. 基于 GIS 的空间插值方法研究[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2004(2): 183-188.
- [3] Yang, Z., Yang, D., Geng, J. and Tian, F. (2022) Evaluation of Suitability and Spatial Distribution of Rural Settlements in the Karst Mountainous Area of China. *Land*, 11, Article No. 2101. <https://doi.org/10.3390/land11112101>
- [4] 毕喆. 应用 ArcObjects 开发海洋 GIS 系统的研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2007.
- [5] 刘立文, 段永红, 李丽丽, 徐立帅, 张颖, 聂文玉. 山西省农村居民点空间分布特征及其适宜性评价[J]. 中国农

- 业资源与区划, 2022, 43(1): 100-109.
- [6] 陈宗胜, 沈扬扬, 周云波. 中国农村贫困状况的绝对与相对变动——兼论相对贫困线的设定[J]. 管理世界, 2013(1): 67-75+77+76+187-188.
 - [7] 郭庆旺, 赵志耘, 贾俊雪. 中国省份经济的全要素生产率分析[J]. 世界经济, 2005, 28(5): 46-53+80.
 - [8] 孙小芳. 夜光遥感支持下的城市人口核密度空间化及自相关分析[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(11): 2256-2266.
 - [9] Wang, Z., Li, W. and Zhang, Y. (2025) Two-Tier Optimal Scheduling of Integrated Energy Systems in Parks Considering P2G-CCS-CHP Coupling and Electricity-Gas-Heat-Cooling Price-Demand Response. *Energy*, **338**, Article ID: 138803. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.138803>
 - [10] Bi, J., Wu, Q., Qian, J., Luo, L. and Yang, J. (2026) Structure-Aware Spherical Density Steered Cross-Domain Learning for Effective Point Cloud Understanding. *Pattern Recognition*, **172**, Article ID: 112527. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2025.112527>
 - [11] Aryaeifar, F., Khajeh, M., Ghaffari-Moghaddam, M. and Piri, J. (2025) Monte Carlo Simulations and Advanced Modeling of Bioactive Compound Yields in Red Grapes Using Green Natural Deep Eutectic Solvents. *Industrial Crops and Products*, **235**, Article ID: 121694. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121694>
 - [12] 熊开玲, 彭俊杰, 杨晓飞, 黄俊. 基于核密度估计的 K-Means 聚类优化[J]. 计算机技术与发展, 2017, 27(2): 1-5.
 - [13] Liu, Y., Ke, X., Wu, W., Zhang, M., Fu, X., Li, J., et al. (2022) Geospatial Characterization of Rural Settlements and Potential Targets for Revitalization by Geoinformation Technology. *Scientific Reports*, **12**, Article No. 8399. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12294-2>
 - [14] 朱冕轩, 张廷, 胡海辉. 基于 GIS 的龙凤湿地省级自然保护区生态敏感性评价[J]. 湿地科学, 2025, 23(5): 878-887.
 - [15] Yong, S.W., Li, Q.W., Chang, S.K., et al. (2026) Characteristics and Controlling Factors of Stable Isotopes in Precipitation Based on 9-Year Monitoring Data in the Monsoon Transition Zone of the Tibetan Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, **376**, Article ID: 110889.
 - [16] Arunasalam, K., Santos, J.M., Guo, X., Gannon, L., Ippolito, S., Zhang, T., et al. (2025) High-Capacity Li-Ion Battery Anode Made of Tin(II) Selenide with Ti₃C₂T_x Mxene Binder. *Energy Storage Materials*, **83**, Article ID: 104675. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2025.104675>
 - [17] 文海家, 颜方毅, 赵静宜, 等. 山区高速公路滑坡风险评估研究[J/OL]. 中国公路学报, 1-12. <https://link.cnki.net/urlid/61.1313.U.20251016.1535.002>, 2025-10-26.
 - [18] Nyimbili, P.H. and Erden, T. (2020) A Hybrid Approach Integrating Entropy-AHP and GIS for Suitability Assessment of Urban Emergency Facilities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **9**, Article No. 419. <https://doi.org/10.3390/ijgi9070419>
 - [19] 寸得欣, 刘振南, 黄安, 等. 典型干热河谷区生态脆弱性评价——以云南落漏河流域为例[J/OL]. 中国地质, 1-20. <https://link.cnki.net/urlid/11.1167.P.20251024.1109.004>, 2025-10-26.
 - [20] Duyckaerts, C., Godefroy, G. and Hauw, J. (1994) Evaluation of Neuronal Numerical Density by Dirichlet Tessellation. *Journal of Neuroscience Methods*, **51**, 47-69. [https://doi.org/10.1016/0165-0270\(94\)90025-6](https://doi.org/10.1016/0165-0270(94)90025-6)
 - [21] Duyckaerts, C. and Godefroy, G. (2000) Voronoi Tessellation to Study the Numerical Density and the Spatial Distribution of Neurones. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, **20**, 83-92. [https://doi.org/10.1016/s0891-0618\(00\)00064-8](https://doi.org/10.1016/s0891-0618(00)00064-8)
 - [22] Okabe, A., Boots, B., Sugihara, K., et al. (2009) Spatial Tessellations: Concepts and Applications of Voronoi Diagrams.
 - [23] Ju, L., Yu, H., Xiang, Q., Hu, W. and Xu, X. (2023) Spatial Coupling Pattern and Driving Forces of Rural Settlements and Arable Land in Alpine Canyon Region of the Maoxian County, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**, Article No. 4312. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054312>
 - [24] 洪步庭. 基于 GIS 技术的农村居民点空间演变特征及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川师范大学, 2014.
 - [25] Zhao, M.-D., et al. (2002) A Gis-Based Research on the Distribution of Rural Settlements in Yulin of Northern Shaanxi. *Journal of Geographical Sciences*, **12**, 171-176. <https://doi.org/10.1007/bf02837471>
 - [26] 王富强, 马尚钰, 赵衡, 刘沛衡. 基于 AHP 和熵权法组合权重的京津冀地区水循环健康模糊综合评价[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2021, 19(1): 67-74.
 - [27] 林建潮. 熵权法确定评价指标权重在 Excel 中的实现[J]. 中国医院统计, 2020, 27(4): 362-364.
 - [28] Gosch, M.S., Ferreira, M.E. and Medina, G.d.S. (2016) The Role of the Rural Settlements in the Brazilian Savanna Deforesting Process. *Journal of Land Use Science*, **12**, 55-70. <https://doi.org/10.1080/1747423x.2016.1254687>