

冬小麦种植空间形态的分析方法研究与应用

王慧敏¹, 宋拥军², 宋清泉¹, 吴 静¹

¹山东省国土空间数据和遥感技术中心, 山东 济南

²山东省地图院, 山东 济南

Email: wanghuimin2006@126.com, yjsoon@163.com, sdrs7260@126.com, 308811040@qq.com

收稿日期: 2020年12月25日; 录用日期: 2021年1月18日; 发布日期: 2021年1月26日

摘 要

本文基于2017~2018年专题性地理省情监测得到的冬小麦种植成果数据, 结合年度基础性地理省情监测成果数据, 采用热点分析、核密度分析、破碎度分析以及相关性分析等分析方法, 针对山东省冬小麦种植空间形态开展了全省冬小麦热点分析、种植破碎度分析及与水域及水利设施的相关性分析, 深入挖掘了山东省冬小麦种植的空间分布特点, 分析成果可为农业政策的调整提供具体参考。

关键词

冬小麦, 热点分析, 破碎度分析, 相关性分析

Research and Application of Analysis Method of Winter Wheat Planting Spatial Morphology

Huimin Wang¹, Yongjun Song², Qingquan Song¹, Jing Wu²

¹Shandong Land Space Data and Remote Sensing Technology Center, Jinan Shandong

²Shandong Cartographic Institute, Jinan Shandong

Email: wanghuimin2006@126.com, yjsoon@163.com, sdrs7260@126.com, 308811040@qq.com

Received: Dec. 25th, 2020; accepted: Jan. 18th, 2021; published: Jan. 26th, 2021

Abstract

This article is based on the winter wheat planting results data obtained from the thematic geographic province monitoring from 2017 to 2018, combined with the basic geographic provincial

monitoring results data, using analysis methods such as hot spot analysis, nuclear density analysis, fragmentation analysis, and correlation analysis. According to the spatial morphology of winter wheat planting in Shandong Province, the province's winter wheat hotspot analysis, planting fragmentation analysis and correlation analysis with water areas and water conservancy facilities were carried out, and the spatial distribution characteristics of winter wheat planting in Shandong Province were deeply excavated. The results of the analysis can be adjusted for agricultural policies. The results of the analysis can provide specific reference for agricultural policies.

Keywords

Winter Wheat, Hot Spot Analysis, Fragmentation Analysis, Correlation Analysis

Copyright © 2021 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

山东省作为我国非常重要的冬小麦主产区之一, 查明其种植分布特点对粮食安全至关重要。特别是随着遥感信息提取技术[1] [2]的发展, 可以快速地提取冬小麦种植信息[3] [4] [5] [6], 如何应用这些冬小麦种植信息, 深入挖掘冬小麦种植空间形态, 查明分布情况, 找出问题, 对农业政策调整等政府决策有重要作用。本文综合利用多源数据, 根据已有冬小麦的种植信息开展统计分析[7], 采用破碎度分析[8] [9]、核密度分析[10]及相关性分析[11] [12]等多种综合分析方法查明了冬小麦的种植规律、破碎度及与水系及水利设施的相关性。

2. 监测区概况

山东省位于华北平原东部, 濒临黄海和渤海, 地处北纬 $34^{\circ}22.9' \sim 38^{\circ}24.01'$ 、东经 $114^{\circ}47.5' \sim 122^{\circ}42.3'$ 之间, 总面积 15.71 万 km^2 。地形格局表现为山地丘陵为骨架、平原盆地交错环列其间, 中部山地突起, 西南、西北低洼平坦, 东部缓丘起伏。

山东省冬小麦、玉米等粮食作物在全国占有重要地位。按区域来看, 西南、西北平原地区是冬小麦的主产区, 掺杂种植蔬菜大棚、大蒜和棉花等经济作物。丘陵区域主要种植果树, 冬小麦往往与花生、芋头、土豆、菜地等作物间作。山区冬小麦主要种植在梯田内, 与其他经济作物间作种植。北部渤海湾盐碱地(滨州市沾化区、无棣县和东营市)粮食作物虽以冬小麦种植为主, 但是因为土壤盐碱化, 冬小麦出苗、返青和收割都比其他区域要晚, 总体长势较差, 死苗、毁苗情况较严重。

3. 数据源情况

收集了 2017~2018 年山东省冬小麦空间分布数据及基础性地理省情监测成果数据。其中, 冬小麦空间分布数据为山东省遥感技术应用中心 2017~2018 年专题性地理省情监测成果数据, 数据成果已通过验收, 成果可靠, 其矢量数据用作冬小麦种植空间形态分析的主要数据源。基础性地理省情监测成果数据, 包含行政区划数据、地表覆盖数据集 LcrDataset (Land cover dataset)、水系数据。其中行政区划数据作为冬小麦种植面积按行政区划裁切和统计的参考数据, 地表覆盖数据用于提取水浇地数据, 结合水系数据, 用于相关性分析。

4. 分析指标及方法

4.1. 热点分析与核密度分析

热点分析是指通过空间聚类原理, 识别具有统计显著性的高值(热点)和低值(冷点), 因而获得冬小麦种植聚集度高的区域。在使用热点分析工具前, 首先需要将各市、县、区冬小麦图斑转为带有面积属性的点要素, 在热点分析时选择面积属性作为分析字段, 聚合方法为相反距离法(inverse distance), 要素间距离测量方法为欧式距离(Euclidean Distance), 然后通过运行热点分析获得带有 p 值和 z 值的冷热点要素类作为输出结果。为使热点分析结果更加清晰明了, 对于热点分析获得的点要素类再次进行密度分析。核密度分析可以获得某一范围内的热点密度, 通过统计该范围内的冬小麦像元值, 可将热点拟合为连续表面, 如图 1 所示。

利用冬小麦图斑的热点分析和核密度分析结果, 可分析各个区域的冬小麦种植聚集情况。热点区域代表冬小麦在这些地区种植的空间连接性比较强、密度比较大, 单个地块冬小麦种植面积比较大的区域; 冷点区域代表冬小麦种植空间连接性比较弱、种植相对分散, 单个地块冬小麦种植面积比较小的区域。

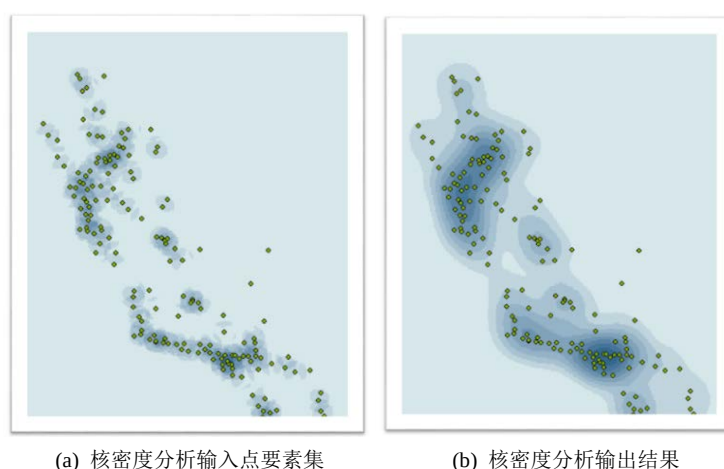


Figure 1. Example graph of fitting results of nuclear density analysis
图 1. 核密度分析拟合结果示例图

通过热点分析和核密度分析, 利用冬小麦图斑空间分布的拓扑属性和面积属性, 可计算分析得出各个区域的冬小麦种植聚集情况, 便于之后分析冬小麦空间分布差异以及造成差异的原因。基本统计分析中, 冬小麦面积以县为最小单元统计, 而热点分析、核密度分析不受行政区划单元限制, 可以提供更加宏观的空间分析结果。通过空间分析工具, 可以获得县内部的冬小麦空间分布结果, 有助于提升冬小麦种植面积分析的维度和数据的实用性。

4.2. 破碎度分析

破碎度用于表征景观的破碎化程度, 并反映景观空间结构的复杂性。冬小麦种植破碎度与冬小麦种植图斑面积、冬小麦种植图斑之间的空间连接性有关。当单个冬小麦种植图斑面积越小、冬小麦种植图斑空间连接性越弱, 空间破碎度则越高; 当单个冬小麦种植图斑面积越大、冬小麦种植图斑空间连接性越强, 空间破碎度则越低。低破碎度冬小麦种植更有利于冬小麦的播种、灌溉、管理和收割, 提高生产效率。所以通过破碎度分析可以探寻冬小麦种植空间分布差异, 为高破碎度区域提供相关管理建议, 以实现冬小麦的高效种植与产量增长。

破碎度计算公式如下：

$$Ci = Ni/Ai \quad (1)$$

式中， Ci 代表第 i 个统计单元的冬小麦景观破碎度， Ai 代表第 i 个统计单元的冬小麦景观总面积， Ni 代表第 i 个统计单元的冬小麦景观斑块数。

4.3. 相关性分析

为了分析冬小麦种植面积和水利设施及水资源条件之间的关系，以各地级市冬小麦种植面积、河渠数据和水浇地数据为基础，对山东省的冬小麦种植空间分布和水资源分布开展相关性分析，定性化的分析两者之间的关系。以寻找影响冬小麦种植面积的因素。

基于山东省各市的河渠数据，计算出每平方千米内河渠的修建长度，并与对应区域冬小麦种植面积占耕地面积的比例进行相关性分析。主要采用相关系数 R^2 反映其相关性的高低， R^2 计算公式[13]如下：

$$R^2 = \frac{(\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y}))^2}{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2} \quad (2)$$

R^2 的取值区间为 0~1，越接近 0 说明其相关性越低，越接近于 1 说明其相关性越高。

5. 分析结果

5.1. 热点分析结果

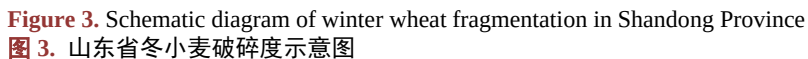
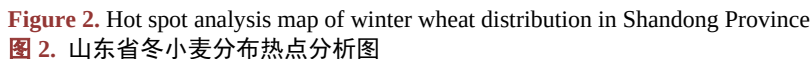
通过 2017~2018 年山东省冬小麦空间分布及面积数据，进行全省及各县市冬小麦热点与冷点区域分析，并探索整体及各个区域冬小麦种植空间分布差异特征。分析结果总体情况如图 2 所示，山东省冬小麦空间分布差异显著，热点区域空间分布规律与种植面积呈现出较高的一致性，总体表现为鲁西南和鲁西北区域为热点区，热点区沿着滨州市、德州市、聊城市、菏泽市、济宁市、枣庄市、泰安市、淄博市、潍坊市等地市呈现出了近似环状分布特征，冷点区域主要分布在鲁中山区和鲁东沿海地区。

结合基于不同粮食产能区分析结果发现，冬小麦热点空间分布与山东省粮食产能区分布有着密切联系。滨州市、德州市、聊城市和菏泽市为冬小麦分布热点区域，也是粮食产能核心区集中分布的区域，是华北大平原的一部分，适宜冬小麦种植。其次是济宁市、枣庄市、泰安市、青岛市、济南市、淄博市、潍坊市的局部平原区域为冬小麦种植密集区。剩余的烟台市、威海市、莱芜市、东营市、日照市、临沂市为冬小麦分布相对稀少区域。其中，临沂地区大面积种植果树和蔬菜，莱芜农业以蔬菜、果树为特色，日照市以绿茶种植闻名全国。通过以上分析可以看出，冬小麦的热点分布与山东省地形地貌的空间分布相吻合，同时也受种植结构影响。

5.2. 破碎度分析结果

利用 2017~2018 年全省冬小麦种植空间分布及面积数据，进行全省及各市(县、区)冬小麦破碎度分析，并探索整体及各个区域冬小麦种植空间分布差异特征。当单个冬小麦种植区域面积越小、多个冬小麦种植区域空间连接性越弱，空间破碎度则越高；当单个冬小麦种植区域面积越大、多个冬小麦种植区域空间连接性越强，空间破碎度则越低。低破碎度冬小麦种植相对集中连片，更有利于冬小麦的播种、灌溉、管理和收割等农业活动，高破碎度区域则反之。同时，针对全省小于一亩的冬小麦种植地块按照地市进行统计，得到地块总面积和占该市冬小麦种植面积的比例。

总体情况如图 3 所示，山东省冬小麦地块破碎度不均衡，总体表现为鲁西和鲁西北部相对较低、鲁东和鲁中相对较高，泰山山脉以西相对较低、以东则相对较高，半岛地区相对较高、内陆地区相对较低，地级市内部破碎度高低分布不均的空间分布特征。



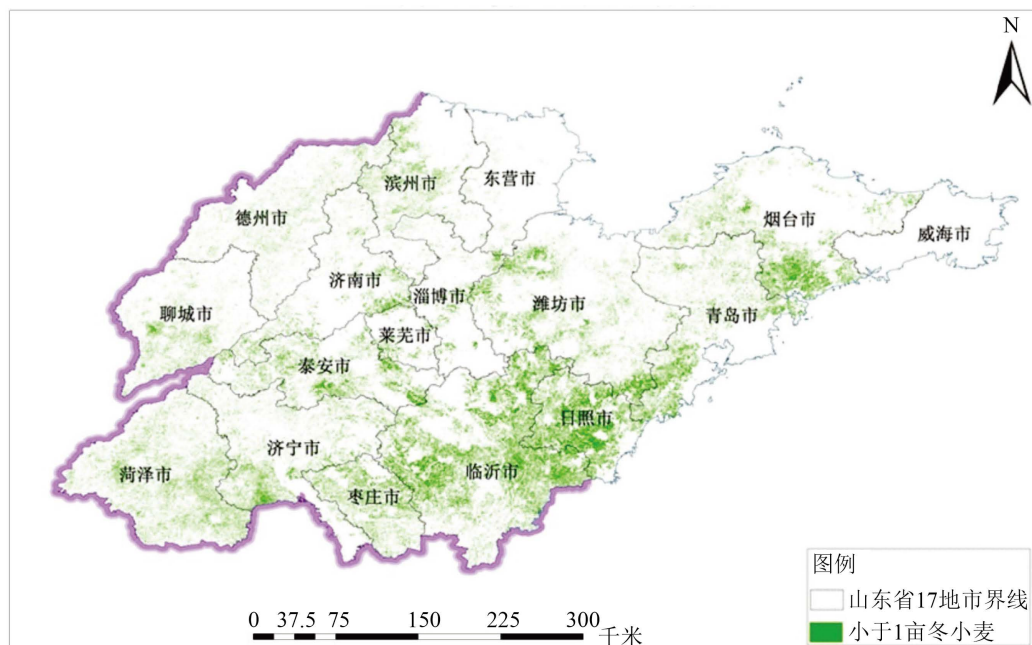


Figure 4. Distribution map of winter wheat less than 1 acre in Shandong Province

图 4. 山东省冬小麦小于 1 亩图斑分布图

如图 5 所示, 山东省冬小麦小于一亩图斑面积共有 57.39 万亩(382.59 km^2), 占全省冬小麦种植面积的 1.02%, 与破碎度分布特征相符, 主要分布在东南和东部地区。其中临沂市小于一亩种植面积最多, 达 15.42 万亩(102.82 km^2), 占全市冬小麦种植面积为 4.61%, 其次是日照市、潍坊市和烟台市等地市面积较大, 日照面积达 7.15 万亩(47.63 km^2)。此外, 各地市冬小麦小于一亩图斑面积占当地冬小麦种植总面积的比例最高的是日照市和莱芜市, 分别为 11.93% 和 10.08%。

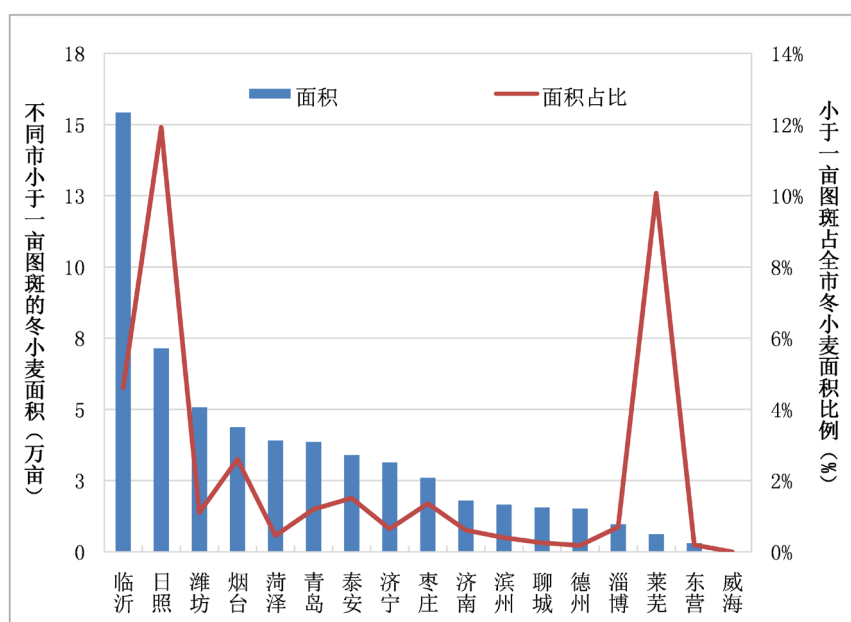


Figure 5. Statistical results of map area and proportion of winter wheat less than 1 acre

图 5. 冬小麦小于 1 亩图斑面积和占比统计结果

5.3. 冬小麦与水利设施及水资源条件的相关性分析结果

如图 6 所示, 山东省的河渠分布情况呈现出鲁西北、鲁西南平原地区较多, 中东部较少的特征, 与山东省冬小麦空间分布图(图 7)进行对比发现, 河渠较多的地区也是冬小麦分布密集的地区。

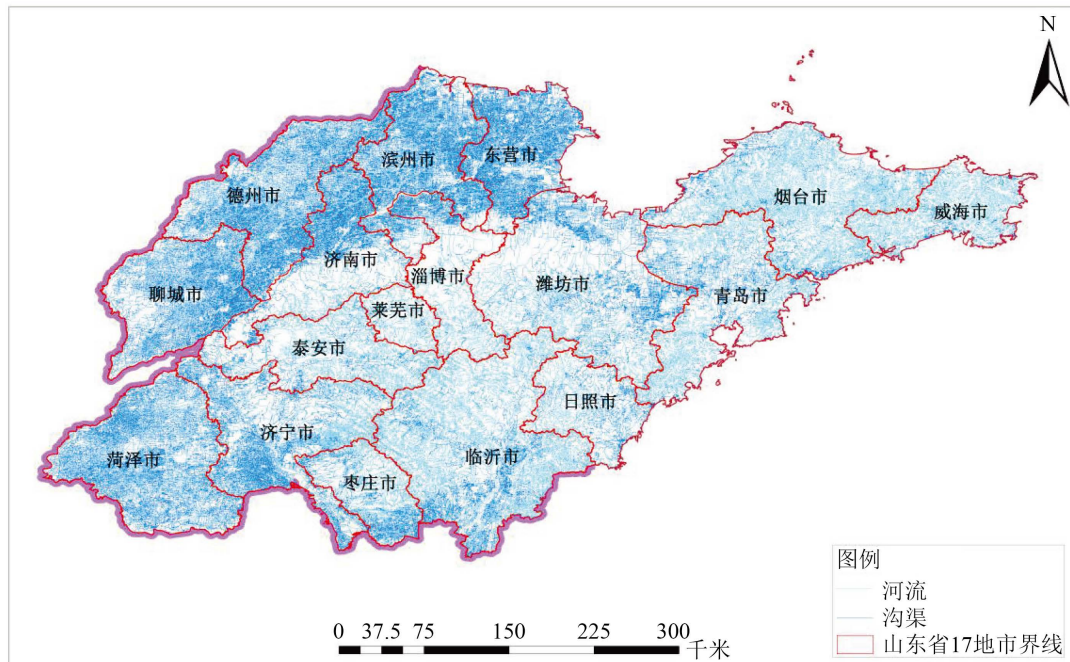


Figure 6. Distribution map of rivers and ditches in Shandong Province

图 6. 山东省河流沟渠分布图

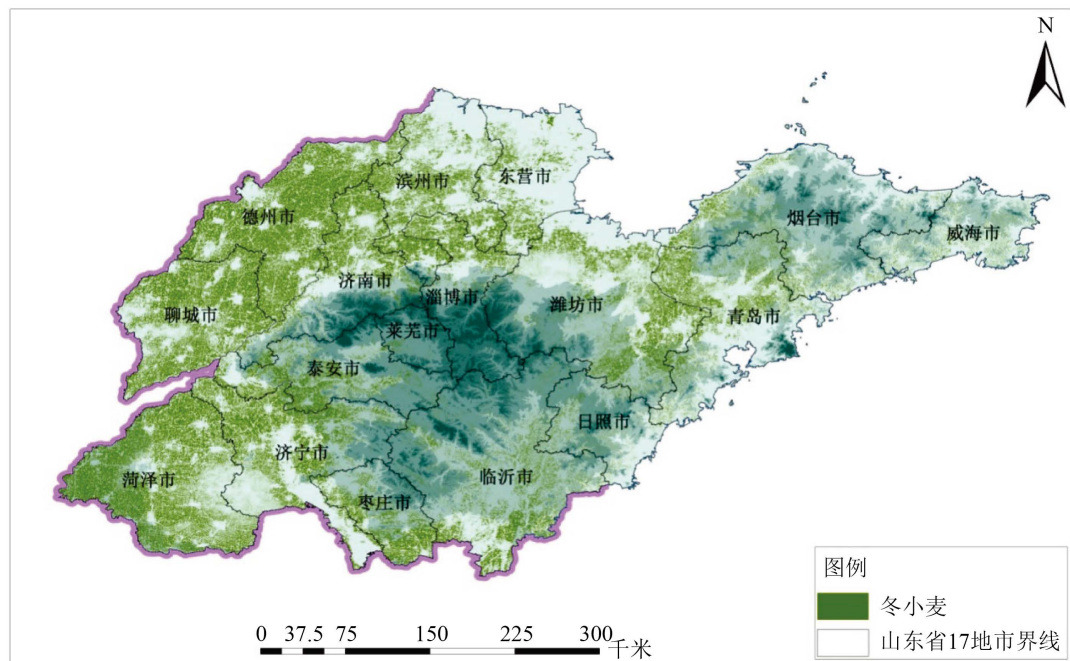


Figure 7. Spatial distribution map of winter wheat planting in Shandong Province

图 7. 山东省冬小麦种植空间分布图

基于山东省各市的河渠数据计算出的每平方千米内河渠的修建长度,与对应区域冬小麦种植面积占耕地面积的比例进行相关性分析结果表明(图 8):河渠密度与冬小麦种植面积占耕地面积比的相关系数为 0.4703,两者之间有一定的相关性。观察图 8 发现,当河渠密度超过 2500 m/km²时,相关性明显下降。在去除大于 2500 的两个市进行相关性分析后发现,其相关系数达到 0.78,所以当河渠密度较小时,河渠密度的大小对冬小麦的种植面积有较大的影响。因此水利灌溉设施的加强对冬小麦种植面积的提升具有积极影响。

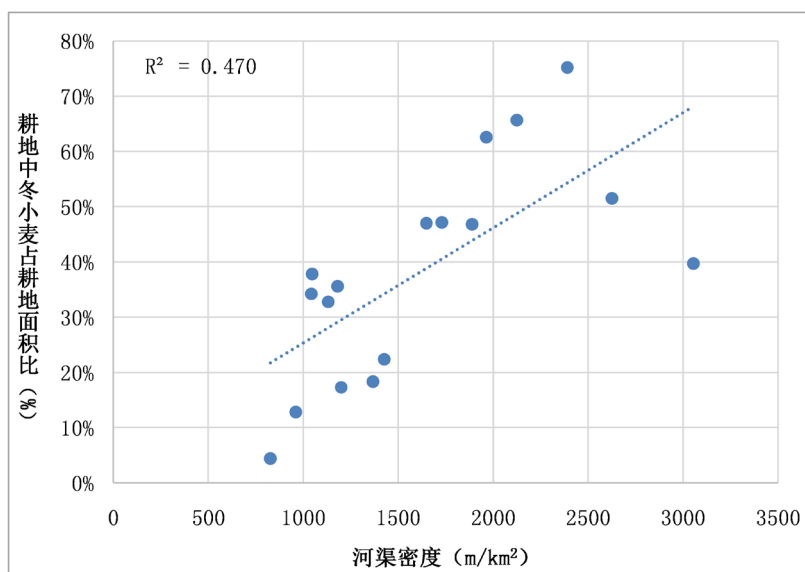


Figure 8. The relationship between the density of river channels and the proportion of wheat planting area to cultivated land

图 8. 河渠密度与小麦种植面积占耕地比例的关系

此外,通过统计各市水浇地面积数据,开展水浇地占耕地面积比例和耕地中冬小麦种植面积占耕地面积比例的相关性分析(图 9),得到两者之间的相关系数为 0.8084,说明冬小麦主要种植在水资源条件较好的水浇地中。

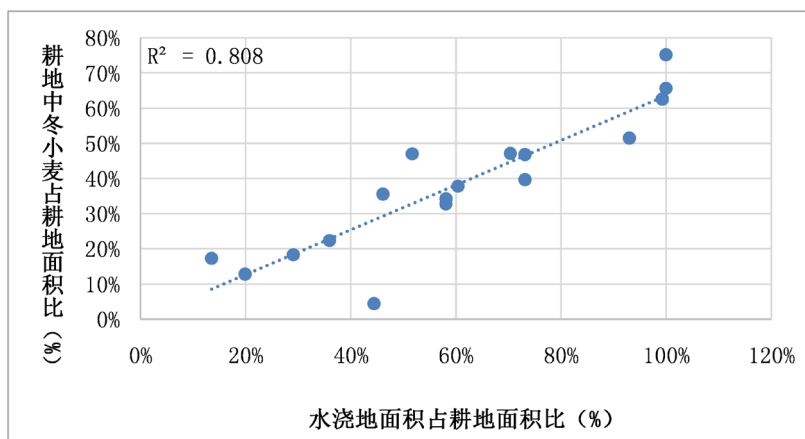


Figure 9. The relationship between the ratio of irrigated land area to arable land and the ratio of winter wheat area to arable land

图 9. 水浇地面积占耕地面积比与耕地中冬小麦面积占耕地面积比关系

为了进一步分析水资源条件和冬小麦种植面积之间的关系,将山东省的水资源分布和冬小麦种植空间分布进行比对,定性化的分析两者之间的关系可知,山东省西南、西北地区冬小麦分布密集,中东部地区分布稀疏的空间分布格局,而山东省水资源分布是以中部水资源丰富,东部和西部相对较少的情况,说明水资源的空间分布与冬小麦的种植呈现出空间不协调,不利于提升冬小麦的产量,故应加强冬小麦主产地区的水利设施建设,保护水资源。

6. 结语

本文采用热点分析、破碎度分析、相关性分析等分析方法,采用 2017~2018 年山东省冬小麦种植面积监测成果数据为主要数据源,结合基础性地理省情监测成果数据,以山东省为例探索了冬小麦种植形态的空间分布。总结如下:

1) 山东省冬小麦空间分布差异显著,热点区域空间分布规律与冬小麦种植面积呈现出较高的一致性,总体表现为鲁西南和鲁西北区域为热点区,热点区沿着滨州市、德州市、聊城市、菏泽市、济宁市、枣庄市、泰安市、淄博市、潍坊市等地市呈现出了近似环状分布特征,冷点区域主要分布在鲁中山区和鲁东沿海地区。

2) 山东省冬小麦地块破碎度总体表现为西部平原区相对较低、东部及中部山地丘陵区较高,泰山山脉以西破碎度较低、以东则较高,半岛破碎度高、内陆破碎度低,地级市内部破碎度高低分布不均的特征。种植结构破碎是造成平原地区破碎度高的主要原因,而地形因素是造成丘陵和山地区破碎度高的主要原因。

3) 全省的河渠空间分布情况与冬小麦的种植面积呈现出较高的一致性,当河渠密度较小时,河渠密度的大小对冬小麦的种植面积有较大的影响。同时,山东省水资源分布状况与冬小麦种植存在空间矛盾,水利灌溉设施的加强对冬小麦种植面积的提升具有积极影响。

因此通过热点分析、破碎度分析、相关性分析得到的统计分析成果能直观地表明冬小麦种植的空间形态,可以为更好地为农业政策调整等政府决策提供依据。

参考文献

- [1] 周春艳. 面向对象的高分辨率遥感影像信息提取技术[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 山东科技大学, 2006.
- [2] 董金玮, 吴文斌, 黄健熙, 等. 农业土地利用遥感信息提取的研究进展与展望[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(152): 128-139.
- [3] 朱晓红, 徐布孺. 航天遥感技术在冬小麦估产中的应用[J]. 中国航天, 1991(7): 12-16.
- [4] 王云秀, 张文宗, 姚树然, 等. 利用 MODIS 数据监测河北省冬小麦种植信息[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(2): 149-153.
- [5] 吴煜心, 操震洲, 姜林燕. 基于 GF-1 卫星数据的冬小麦种植面积估算模型[J]. 现代测绘, 2018, 41(5): 16-20.
- [6] 宋拥军, 王慧敏, 等. 省域冬小麦种植面积监测分析方法与应用[J]. 地理空间信息, 2020, 18(6): 60-64.
- [7] 薛薇. SPSS 统计分析方法及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [8] 胡潭高, 张锦水, 潘耀忠, 等. 景观破碎度在冬小麦面积抽样设计中的应用研究[J]. 遥感学报, 2010(6): 1117-1138.
- [9] 李鹏山, 吕雅慧, 张超, 等. 基于核密度估计的京津冀地区耕地破碎化分析[J]. 农业机械学报, 2016, 47(5): 281-287.
- [10] 蔡雪娇, 吴志峰, 程炯. 基于核密度估算的路网格局与景观破碎化分析[J]. 生态学杂志, 2012, 31(1): 158-164.
- [11] 孙吉贵, 刘杰, 赵连宇. 聚类算法研究[J]. 软件学报, 2008, 19(1): 48-61.
- [12] 李波, 濮培民, 韩爱民. 洪泽湖水质的时空相关性分析[J]. 湖泊科学, 2002, 14(3): 259-266.
- [13] 何春雄, 龙卫江, 朱锋峰. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012: 79.