

基于农业标准化的山东省节水灌溉分区研究

韦梅¹,刘福胜^{1*},赵井辉¹,刘栋梁¹,刘波¹,乔田玲²

1. 山东农业大学 水利土木工程学院, 山东 泰安 271018

2. 山东省泰安市岱岳区水务局, 山东 泰安 271000

摘要: 山东省是严重缺水的农业大省, 为了贯彻农业标准化政策的实施, 保证农产品的产量和质量, 探究如何减少农业用水浪费, 以提高山东省各地市灌溉保证率, 满足农作物用水需求十分重要。以山东省 17 地市作为分区基本单元, 选取了缺水程度、干燥度等 13 项分区指标, 收集了山东省各地市最近 7 年的数据, 运用 DPS 数据处理系统对指标数据进行了分析处理, 采用主成分分析法与系统聚类法, 把山东省分为 5 个节水灌区, 并结合各分区特点探讨了适宜的节水灌溉模式, 以期为山东省节水灌溉规划提供依据。

关键词: 农业标准化; 节水灌溉; 分区

中图分类号: S274

文献标识码: A

文章编号: 1000-2324(2016)04-0560-05

Research on the Dividing Areas of Water Saving Irrigation in Shandong Province Based on Agricultural Standardization

WEI Mei¹, LIU Fu-sheng^{1*}, ZHAO Jing-hui¹, LIU Dong-liang¹, LIU Bo¹, QIAO Tian-ling²

1. College of Water Conservancy and Civil Engineering/Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

2. Water Affairs Bureau of Daiyue District Tai'an City Shandong Province, Tai'an 271000, China

Abstract: Shandong Province is a major agricultural province with serious water shortage. In order to carry out the agricultural standardization policy and ensure the yield and quality of agricultural products, it's quite important to explore the way of reducing the water waste in agriculture to improve the irrigation guarantee rate of Shandong various prefectures and meet the crop's water demand. It made the Shandong 17 prefectures as partition basic units, selected the 13 partition indexes such as the water shortage degree and aridity index, collected the last 7 years' data of Shandong various prefectures, analyzed the index data using the Data Processing System (DPS). It divided the Shandong Province into 5 water-saving irrigation districts by using the principal component analysis (PCA) and systemic clustering method, and explored the suitable water-saving irrigation mode combining with the characteristics of each district in order to provide the basis for water-saving irrigation plan of Shandong Province.

Keywords: Agricultural standardization; water-saving irrigation; dividing areas

农业标准化是指以农业为对象的对农业经济、技术、科学、管理活动中需要统一、协调的对象制订标准使之实现合理统一的标准化活动^[1,2], 主要包括农林牧副渔及水利、机械等行业, 其目的是生产出优质、量多的农产品。自从进入 21 世纪, 农业国际化日益增强, 农业标准化在提高农产品产量和质量及市场竞争力方面的作用越来越突出^[3]。

农业标准化涵盖农业生产的产前、产中、产后全过程, 包括化工、水利、机械、环保和农村能源等各方面的标准。由于农田水利工程是农业生产的命脉, 因此农田水利标准化是农业标准化的重要组成部分。农田水利标准化建设以发展高标准旱涝保收农田和高效节水灌溉为核心, 通过建立和推行科学、统一的建设标准, 来规范农田水利建设工作, 有利于推进农田水利建设现代化进程, 对于全面提升农田水利设施建设质量和管理水平、增强农业生产能力具有重要的意义, 为现代农业发展和粮食稳产、高产提供有力的水利支撑和保障。

山东省是水资源严重缺乏的农业大省, 全省多年平均淡水资源总量为 303 亿 m³, 仅占全国的 1.1%, 人均占有量甚至不到全国人均占有量的 1/6^[4]。山东省不仅水资源匮乏, 而且各地市可利用的水资源量也很不平衡, 人多水少、水资源时空分布不均、经济社会发展与水资源分布不协调^[5,6]。为

收稿日期: 2016-04-06

修回日期: 2016-04-19

基金项目: 山东省 2014 年度农业重大应用技术创新课题; 山东省省级水利科研与技术推广项目(SDSLKY201401)

作者简介: 韦梅(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向为水利水电工程设计理论与管理运行. E-mail: 347817745@qq.com

*通讯作者: Author for correspondence. E-mail: liufsh@sdau.edu.cn

了发展高效节水灌溉, 第一步就是要根据各地区的不同特点把山东省分为不同的灌溉区域, 然后根据各个区域的具体情况, 分别制定合理的节水灌溉措施, 从而达到发展高效节水灌溉的要求。

山东省灌溉分区方面的工作有前辈已经做过, 如李龙昌等曾把山东省分为八个三级区, 但是由于分区采用的是经验法分区, 容易受主观因素影响; 张艳妮等曾把山东省分为六个区, 但没有针对各分区提出适宜的节水灌溉措施。本次分区采用主成分分析与系统聚类法把山东省分为五个区, 并深入探讨了各分区适宜的节水灌溉措施, 为山东省节水灌溉提供了科学依据。

1 分区基本单元的选取

山东省辖济南(1)、青岛(2)、淄博(3)、枣庄(4)、东营(5)、烟台(6)、潍坊(7)、济宁(8)、泰安(9)、威海(10)、日照(11)、莱芜(12)、临沂(13)、德州(14)、聊城(15)、滨州(16)和菏泽(17)共 17 个地市。在本次节水灌溉分区中, 以山东省十七地市作为分区基本单元, 这样不仅减少了工作量, 还照顾了行政边界, 为以后的管理工作提供了便利。

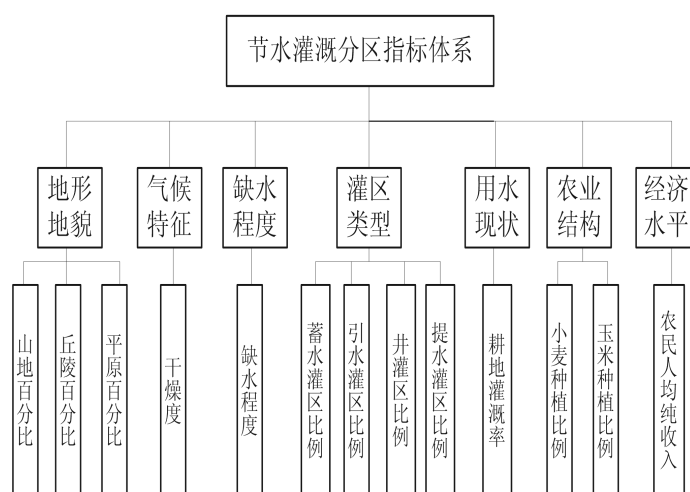


图 1 分区指标体系

Fig.1 The index system in dividing areas

2 分区指标体系的建立

分区指标的设置须满足全面性、概括性和易于获取的要求^[7]。通过大量文献阅读和对比分析, 制定出了适合山东省的节水灌溉分区指标体系。包括地貌形态、气候特征、缺水程度、灌区类型、用水现状、农业结构和经济指标 7 大模块共 13 项指标。这 13 项指标为: 山地百分比 (x_1)、丘陵百分比 (x_2)、平原百分比 (x_3)、干燥度 (x_4)、缺水程度 (x_5)、蓄水灌区比例 (x_6)、引水灌区比例 (x_7)、井灌区比例 (x_8)、提水灌区比例 (x_9)、耕地灌溉率 (x_{10})、小麦种植比例 (x_{11})、玉米种植比例 (x_{12}) 和农民人均纯收入 (x_{13})。通过查阅资料、实地调研、相关单位咨询及网上查阅等方式获取了 13 项指标 2008~2014 年 7 年的数据, 并进行了分类整理, 用于灌溉分区分析计算。

3 分区方法及基本原理

聚类分析是一种重要的数据分析工具, 在很多领域都得到重要应用^[8]。聚类分析中以系统聚类分析应用最为广泛, 只要有数值特征的变量都可以通过选择不同的距离和系统聚类方法而获得满意的分类效果^[9-12]。本文选用 13 项分区指标近 7 年的数据, 采用系统聚类法对指标数据进行分析计算, 避免了传统经验法分区缺少数据支撑、容易受主观因素影响等问题, 增加了灌溉分区的可信程度。

由于此次灌溉分区选取的指标数据较多, 工作量较大, 而指标间又有一定的相关性, 因此有可能影响数据的精度与范围。而主成分分析法可以将原来多个指标变为少数几个综合指标, 可很好地解决这一问题^[13,14]。因此此次灌溉分区采用主成分分析和系统聚类法相结合的分区方法, 这种做法不仅可有效地减轻了工作量, 且指标彼此间的相关性也得以弱化^[15]。

主成分分析法的基本原理为, 假设有 N 个样品, 且每个样品有 p 个指标, 经过主成分分析的过

程，将原有指标变成 p 个综合指标，即：

$$\begin{cases} y_1 = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1p}x_p \\ y_2 = c_{21}x_1 + c_{22}x_2 + \dots + c_{2p}x_p \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ y_p = c_{p1}x_1 + c_{p2}x_2 + \dots + c_{pp}x_p \end{cases}$$

经过变换而得到的综合指标 y_1, y_2, \dots, y_p 被称为原指标的主分量。

4 分区过程及结果

4.1 主成分分析

(1) 首先对 13 个分区指标进行规格化处理，以消除各指标量纲不同和量级差异的影响。(2) 计算相关系数矩阵 R ，通过计算可以看出 13 个指标之间有一定的相关性，因此这 13 项指标反映的信息有部分重叠。(3) 根据特征方程计算特征值和特征向量。(4) 计算贡献率和累计贡献率(如表 1)，从表 1 可以看出前 5 个主分量的累计贡献率为 88%，例接近于 1，这 5 个主分量保留了原来指标因子 85% 以上的信息，完全满足分区需要，因此选取前 5 个因子作为主分量进行节水灌溉分区计算。其中主分量 1 主要包含了 x_1, x_2, x_3, x_6, x_7 及 x_{10} 等指标的信息；主分量 2 主要包含了 x_4, x_8, x_9, x_{12} 四个指标的信息；主分量 3 主要由 x_5, x_8, x_9 三个指标决定；主分量 4 主要由 x_5, x_{13} 决定；主分量 5 主要由 x_1, x_{11} 决定。

表 1 各主分量的特征值、贡献率及累计贡献率

Table 1 The characteristic value, contribution rate and accumulative contribution rate of each principal component

主分量 Principal component	特征值 Characteristics	贡献率% Contribution rate	累计贡献率% Accumulative contribution rate
1	5.7789	44.4533	44.4533
2	2.1949	16.8836	61.3368
3	1.6430	12.6384	73.9752
4	1.0512	8.0865	82.0617
5	0.8470	6.5154	88.5771
6	0.6979	5.3684	93.9455
7	0.3372	2.5938	96.5393
8	0.1724	1.3263	97.8656
9	0.1335	1.0267	98.8923
10	0.0771	0.5928	99.4851
11	0.0409	0.3145	99.7996
12	0.0259	0.1996	99.9992
13	0.0001	0.0008	100.0000

4.2 系统聚类分析

选择一个不正确的聚类方法和距离系数可能会显著影响分析结果^[16]。此次节水灌溉分区采用规格化变换对数据进行变换处理。样本间亲疏程度的数量指标有两种，一种是相似系数^[17]，一种是距离。节水灌溉分区过程中，分别采用六种距离系数对数据进行聚类分析，结果表明卡方距离聚类效果最好(如图 2)。

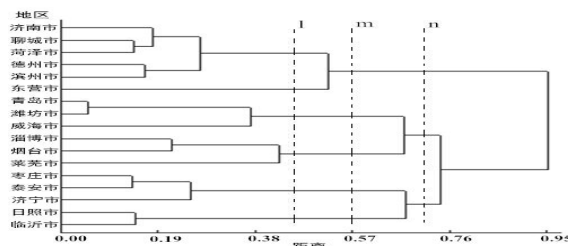


图 2 系统聚类图

Fig.2 The figure of systemic clustering

聚类结果如图2,图中竖坐标1~17分别代表山东省17个地市,横坐标表示各地市之间的距离系数。此次分区采用的是离差平方和法,较为合理的分区结果应该表现为同一个区内的地市之间离差平方和较小,不同的区之间离差平方和较大。

当阈值 $0.4 < \lambda < 0.5$ 时,也就是上图中直线 l 所表示的一种情况,可将山东省分为6个区,即: {济南、聊城、菏泽、德州、滨州}、{东营}、{青岛、潍坊、威海}、{淄博、烟台、莱芜}、{枣庄、泰安、济宁}、{日照、临沂};

当阈值 $0.5 < \lambda < 0.65$ 时,也就是上图中直线 m 所表示的一种情况,可将山东省分为5个区,即: {济南、聊城、菏泽、德州、滨州、东营}、{青岛、潍坊、威海}、{淄博、烟台、莱芜}、{枣庄、泰安、济宁}、{日照、临沂};

当阈值 $0.7 < \lambda < 0.75$ 时,也就是上图中直线 n 所表示的一种情况,可将山东省分为3个区,即: {济南、聊城、菏泽、德州、滨州、东营}、{青岛、潍坊、威海、淄博、烟台、莱芜}、{枣庄、泰安、济宁、日照、临沂};

当阈值 $\lambda > 0.95$ 时,全省合并为一个区。

由于当阈值 $0.7 < \lambda < 0.75$ 时,同一个区内的地市之间离差平方和较大,且分区结果较为粗略,不利于各分区节水灌溉措施的制定;而当阈值 $0.4 < \lambda < 0.5$ 时,个别分区之间的离差平方和较小,且东营被单独列了出来,这给各分区的统一管理带来了不便,且与山东省的实际情况不符。因此选取当阈值取 $0.5 < \lambda < 0.65$ 时的结果作为最后的分区结果,将山东省分为5个区,见表2。

表2 山东省节水灌溉分区
Table 2 Water saving irrigation districts in Shandong Province

分区编号 NO.	分区命名 Districts	所含地市 Cities
I	黄泛平原区	济南、聊城、菏泽、德州、滨州、东营
II	胶东丘陵区	青岛、潍坊、威海
III	鲁中鲁东丘陵区	淄博、烟台、莱芜
V	鲁西南山区	枣庄、泰安、济宁
VI	鲁东南山区	日照、临沂

4.3 各分区节水灌溉适宜模式探讨

水是生活、生产、生态的必需品,并且已经成为我国经济发展的重要制约因素^[18]。为了节约灌溉用水,有必要对山东省各个分区进行分析讨论,找出各分区适宜的节水灌溉措施。选择节水灌溉的主要途径必须充分考虑各分区的自然条件、经济条件、灌溉方式以及水资源状况等各项因素^[19]。

(1) 黄泛区地形以平原为主,以引黄河水灌溉为主,大部分地市引水比例超50%,有些地区甚至接近80%,也有少量的井灌区。经过调研发现大部分地区仍是沿用的土渠引水,沿途损失严重,灌溉水利用系数低。节水措施应从输水渠道入手,对引水渠道进行衬砌,减少渗漏损失,同时经济条件允许的地区可以发展管道输水,进一步提高灌溉用水的利用率。由于黄河近些年时有断流情况发生,建议该区适当建设调蓄水利工程,以保证灌溉用水。

(2) 胶东丘陵区,该区以水库塘坝蓄水灌溉为主,有少量的井灌区。但该区的经济基础较好,农民人均收入较高,有条件发展良好的节水措施。输水渠道应注意修缮和维护,水工建筑物应继续完善配套,大力推行低压管道输水灌溉,田间输水可以采用小型混凝土渠道,提高灌溉水的利用率。水库灌区如今还面临部分水库由农业供水转为工业供水、城市供水,使农业供水吃紧的问题,部分农田因此得不到灌溉,在这个问题上需要国家出台相应的政策保证农业灌溉用水。

(3) 鲁中鲁东丘陵区,主要包括淄博、烟台、莱芜三地市。该区地形多为山地和丘陵,以提水灌溉为主,提灌比例都在60%以上。应大面积推广低压管道灌溉,管材可采用砼管、水泥石屑管,近郊经济条件好的地段可采用PVC管材,适当发展喷灌。同时,由于提水灌溉消耗能源较高,使该区的灌溉成本增加,农民收入降低。应注重清洁能源节水灌溉模式探索,如风能提水、太阳能提水等,利用自然资源进行提水灌溉,降低提灌成本且减少因能源燃烧带来的环境污染。

(4) 鲁西南山区, 主要包括枣庄、泰安、济宁三地市。该区位于山东西南部, 多年平均降雨量在 630~750 mm 之间, 属湿润气候区, 灌溉以提灌为主。应加强渠道管理, 包括渠道配套完善、养护、维修, 管道代替小型渠道或井灌, 以减少输水损失, 提高水的利用率^[20]。由于灌溉以井灌为主, 灌溉水利用系数较高, 但缺乏对地下水的集中统一管理, 地下水超采严重, 应加强对地下水的监管。

(5) 鲁东南山区, 该区大部分为蓄水灌区, 水库蓄水, 渠道输水, 同时有部分井灌区。由于部分水库塘坝年久失修, 渗漏严重, 应对其进行检修维护, 并做好管理工作, 科学用水。节水灌溉措施应对输水渠道进行衬砌, 适当发展低压管道输水。同时, 在田间灌水技术上, 应改进沟灌、畦灌技术, 在精细、平整土地的基础上大畦改小畦, 长沟改短沟, 使沟畦规格合理化, 在灌溉方式上采用隔沟灌溉、波涌流灌溉等先进灌溉技术, 通过减少田间水的渗漏达到节水灌溉的效果。

5 结论

本次灌溉分区以农业标准化为前提, 为山东省节水灌溉分区提出了目标, 提供了政策依据; 收集了 13 项指标 7 年的数据, 避免了传统经验法分区的主观性, 提高了分区精度; 把分区指标简化为几个综合指标, 减少了工作量及指标间的相关性; 分区结果精确合理, 并针对每个分区做了深入总结和分析, 为每个分区量身定做了各自适宜的节水灌溉方式, 为全省灌溉评价和灌区管理提供了科学依据, 也为山东省未来节水灌溉道路指明了方向。

参考文献

- [1] 郑 锋,程建勋.论农产品信息档案在农业标准化体系中的作用[J].农村经济与科技,2013,24(7):96-97
- [2] 李岳峰,刘 汶.论我国农业现代化与农业机械化的内涵及基本特征[J].农业现代化研究,2008,29(5):518-521
- [3] 姚於康.浅析中国农业标准化体系建设现状、关键控制点及对策[J].江苏农业学报,2010,26(4):865-869
- [4] 李忠梅,张 军.山东省水资源合理配置方案研究[J].人民黄河,2009,31(8):46-47,49
- [5] 王 薇,冯永军,李其光,等.山东省农业灌溉发展态势及分区节水模式探析[J].中国农村水利水电,2012(12):1-4,8
- [6] 左其亭,李可任.最严格水资源管理制度理论体系探讨[J].南水北调与水利科技,2013(1):34-38,65
- [7] 许 一,王振龙,徐得潜.安徽节水灌溉分区研究[J].中国农村水利水电,2013(9):44-47
- [8] 王 骏,王士同,邓赵红.聚类分析研究中的若干问题[J].控制与决策,2012,27(3):321-328
- [9] 李 婧.一种基于概率的快速聚类算法[J].重庆工商大学学报:自然科学版,2014,31(2):61-65
- [10] 要尉鹏.支持视频直播与点播统一建模的 Coop Streaming 系统设计与实现[D].杭州:浙江大学,2006
- [11] 曹敏格,杨海玲,张 文,等.苹果砧木矮化性评价指标的研究[J].中国农业大学学报,2008,13(5):11-18
- [12] 张 燕,张振华,姚付启,等.主成分分析与系统聚类法在农业用地优先度评价中的应用[J].农业系统科学与综合研究,2009,25(1):23-26
- [13] 李 静.东北国有森工企业改制分析与评价研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2012
- [14] 刘海斌.黄土高原已治理小流域土地利用现状解析与评价[D].西安:西北农林科技大学,2007
- [15] 吴景社,康绍忠,王景雷,等.基于主成分分析和模糊聚类方法的全国节水灌溉分区研究[J].农业工程学报,2004,20(4):64-68
- [16] Saraçlı S. Performance of Rand's C Statistics in Clustering Analysis: an Application to Clustering the Regions of Turkey[J/OL]. Journal of Inequalities and Applications, 2013:142. Doi:10.1186/1029-242X-2013-142
- [17] 吕全伟,王 东,何 鹏,等.宝珠寺水电站坝基析出物的聚类分析[J].中国农村水利水电,2013(8):155-157,165
- [18] 郭 唯,左其亭,靳润芳,等.郑州市最严格水资源管理绩效评估体系及应用[J].南水北调与水利科技,2014,12(4):86-91
- [19] 李龙昌,吕宁江,于国平,等.山东省节水灌溉分区与节水途径浅见[J].灌溉排水,1997,16(3):18-22
- [20] 张淑云,张洪玉.浅议节水灌溉的方法及主要技术措施[J].水利科技与经济,2008,14(3):241-242