

# 农业农村信息化发展水平测度及发展策略

## ——以山东省肥城市为例

沈剑波<sup>1,2,3</sup>, 王应宽<sup>1,2\*</sup>, 王恳<sup>4</sup>

1. 农业农村部规划设计研究院, 北京 100125

2. 中国农业工程学会, 北京 100125

3. 中国公路工程咨询集团有限公司 空间信息应用与防灾减灾技术交通运输行业研发中心, 北京 100097

4. 山东省肥城市农业高新技术产业发展服务中心, 泰安 271600

**摘要** 在国家推动乡村振兴和建设农业农村现代化的时代背景下, 农业农村部等部门提出了建立农业农村信息化发展水平监测评价机制, 开展定期监测。为了对农业农村信息化发展水平进行测度, 需要建立农业农村信息化发展水平评价模型。基于组合赋权法对农业农村信息化发展水平评价指标的权重进行确定, 并建立数学模型对农业农村信息化发展水平指数进行计算。以山东省肥城市的10个乡镇2019年数据为研究对象, 经农业农村信息化发展水平评价模型测算, 山东省肥城市2019年10个乡镇的农业农村信息化发展水平指数从高到低依次为: 石横镇(0.5711)、安驾庄镇(0.5635)、边院镇(0.5609)、汶阳镇(0.5542)、桃园镇(0.5498)、王庄镇(0.5483)、湖屯镇(0.5390)、安临店镇(0.5314)、孙伯镇(0.5244)、潮泉镇(0.5109)。根据研究结果与实地调查提出, 肥城市的10个乡镇农业农村信息化发展水平指数具有较大提升的空间, 要将精准农业与数字农业的相关技术应用在传统粮食作物种植业; 在目前中央倡导的“一村一品”“一县一业”的政策指导下, 要因地制宜, 发展特色产业, 推进肥城桃种植数字化, 并将人工智能、大数据等现代技术应用在肥城桃种植、投入品管理、质量溯源及销售等各个环节中。针对“谁来种地”的问题, 提出将信息技术应用于农业农村社会化服务, 建立农业农村社会化服务终端平台, 主要通过手机终端搭建农户与农业农村社会化服务组织的桥梁, 对接农业社会化服务, 全面提升农业农村信息化水平。另外, 要努力提高畜禽养殖业信息化水平并加强农民的手机培训力度。

**关键词** 农业农村信息化; 发展水平; 发展策略; 共同富裕

收稿日期: 2022-02-08; 修回日期: 2022-09-29

基金项目: 中国科协“科创中国”科技服务团示范项目(2021KJFWT02-1); 农业农村部农业农村信息化宣传推广项目(A150101)

作者简介: 沈剑波, 博士, 研究方向为信息技术与数据挖掘, 电子邮箱: lyshenjianbo@163.com; 王应宽(通信作者), 研究员, 研究方向为农业机械化、自动化与信息化, 电子邮箱: wangyingkuan@163.com

引用格式: 沈剑波, 王应宽, 王恳. 农业农村信息化发展水平测度及发展策略——以山东省肥城市为例[J]. 科技导报, 2023, 41(19): 177-188; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.19.021

为贯彻落实《中共中央国务院关于实施乡村振兴战略的意见》《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》和《数字乡村发展战略纲要》,加快推进农业农村生产经营精准化、管理服务智能化、乡村治理数字化,农业农村部、中央网络安全和信息化委员会办公室于2020年初制定了《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》<sup>[1]</sup>。实施乡村振兴战略,是解决新时代中国社会主要矛盾,实现“两个一百年”奋斗目标和中华民族伟大复兴中国梦的必然要求,具有重大现实意义和深远历史意义<sup>[2]</sup>。数字经济时代以数据资源为重要生产要素,以现代信息网络为主要载体,以信息通信技术融合应用、全要素数字化转型为重要推动力,正在深刻改变农业生产经营方式和管理方式和农民的思维方式,引领和驱动农业农村经济发展,也为解决农业农村可持续发展问题提供了新的可能和更好的方案。一般来说,农业农村信息化的发展水平可以表征一个地区农业现代化的发展水平<sup>[3]</sup>。随着信息时代的到来,建立农业农村信息化发展水平监测评价机制对于促进农业现代化具有重要的现实意义,在全球气候变化、水资源短缺、生态环境脆弱、世界粮食供应不足、农业劳动力减少以及新冠肺炎影响的情况下,农业农村信息技术的发展建设将对推动农业农村可持续发展发挥巨大作用。信息化是农业现代化的制高点<sup>[4-5]</sup>,对于全球各个国家的现代农业发展至关重要<sup>[6]</sup>。世界各国对农业农村信息化非常重视,农业信息化起源于20世纪50年代的美国,随后在日本、德国等发达国家快速应用,2017年以来,以中国、印度、巴西等为代表的发展中国家也开始大力加快推动信息技术在农业农村领域的应用,联合国粮食及农业组织(Food and Agriculture Organization of the United Nations)与国际电信联盟(International Telecommunication Union)合作,为斯里兰卡、菲律宾、巴布亚新几内亚等国家制定了数字农业农村发展战略,帮助推动数字农业农村的发展。当前以信息技术融合为主要动力的数字经济在全球已呈燎原之势,发展数字农业、建设数字乡村已经成为全球共识<sup>[7-21]</sup>。《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》中明确提出“建立农业农村信息化发展水平监测评价机

制,开展定期监测”等目标任务<sup>[22]</sup>。

目前,对于农业农村信息化发展水平评价指标研究较多,但存在农业农村信息化发展水平评价指标不统一、过多过泛、异名同义等特征,部分评价指标存在可测性差、内涵过于笼统与宽泛,有些指标已过时、没有考虑到反映新技术应用的新指标等<sup>[23]</sup>。对于权重的确定,此前的研究人员多采用层次分析法、变异系数法等对农业农村信息化发展水平评价指标权重进行确定<sup>[24-31]</sup>。众多研究者采用层次分析法等单一方法对各评价指标的权重进行确定,即采用层次分析法确定各评价指标的权重<sup>[24-29]</sup>。由于层次分析法带有一定的主观性,为了消除主观性带来的影响,更加客观地确立各评价指标的权重,本研究选择山东省肥城市为研究对象。山东肥城市是国家经济百强县(市),近年来不断加快信息化技术在传统农业领域的应用,取得了一定的成效。研究拟采用层次分析法与熵权法相结合的方法对各评价指标的权重进行确定,对评价指标进行无量纲化处理,采用线性加权求和的综合评价法建立评价模型,测度肥城市10个乡镇的农业农村信息化发展水平,并根据评价结果提出改进的策略与建议。研究对于为实现共同富裕目标充分调动科技力量,尤其是将互联网、人工智能等技术应用到农业生产实际,充分提高农业生产效率具有重要的现实意义,并希望加快“十四五”农业农村现代化建设目标的早日实现具有重要促进作用。

## 1 数据来源与评价方法

### 1.1 数据来源

目前,研究的尺度多以县级以上的行政区为基本单元及研究对象<sup>[24-31]</sup>,缩小分析单元的空间尺度能有效降低农业农村信息化发展水平在空间上的平均化趋向,更精细地表现农业农村信息化发展水平的空间分布。本研究以一个县级市的乡镇为研究对象,数据来源于山东省肥城市2019年统计年鉴及《2019年肥城市人民政府工作报告》及相关各级部门的统计数据。

## 1.2 评价方法

### 1.2.1 评价指标及权重确定

#### 1) 评价指标的选取。

农业农村信息化发展水平评价指标的选取不仅关系到整个评价体系构建的合理性,更关系到最终评价结果的准确性,本研究在文献[23]研究的基础上,结合实际从农业农村信息化资源、农业农村信息化基础设施、农业农村产业信息化水平及信息技术应用、农业农村信息化人才、农业农村信息化政策与环境5个方面制定了农业农村信息化发展水平评价指标。其中,在农业农村信息化资源的指

标中,考虑了传统纸媒以及利用互联网的使用情况,由于“每万人拥有公共图书馆藏书量”依然是各级政府统计年鉴中重要的统计指标,故纳入评价指标体系;由于人们生活方式的变化,该指标的权重相对较小。朱昭萍等<sup>[24]</sup>、任香洁等<sup>[31]</sup>、沈艳<sup>[32]</sup>等在对农业农村信息化发展水平进行评价时均考虑了图书馆藏书量方面的评价指标。农业农村信息化产业指标则考虑了农作物种植、设施栽培、畜禽养殖以及水产养殖等信息化水平等评价指标。

根据农业农村信息化技术专家咨询意见及文献[23],提出农业农村信息化评价指标体系(图1)。

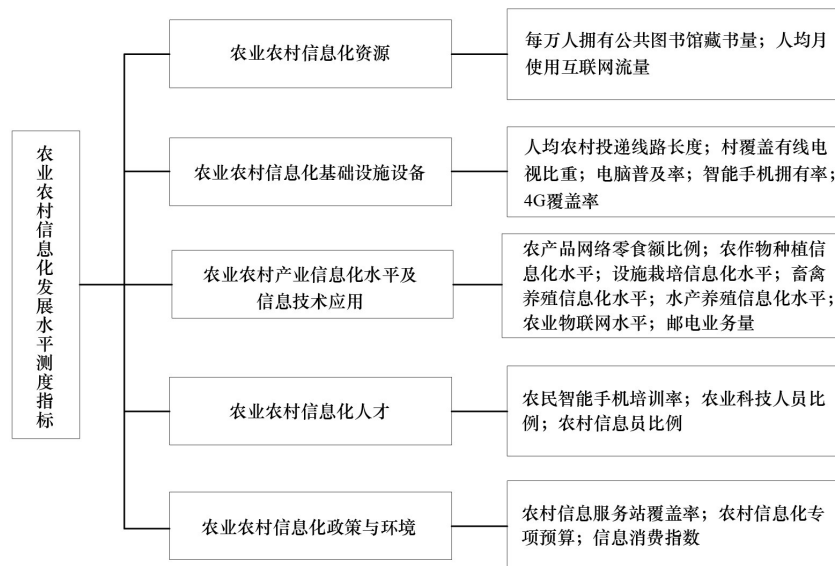


图1 农业农村信息化发展水平测度指标

#### 2) 测度指标权重的确定。

由于层次分析法(AHP)具有较大的主观性,而熵权法能够弥补层次分析法在此方面的缺陷,综合考虑层次分析法与熵权法所确定的权重,能够弥补单一方法对权重的缺陷。故本研究采用基于层次分析法与熵权法的组合赋权法,对农业农村信息化发展水平各测度指标的权重进行确定。

(1) 层次分析法确定的权重。利用层次分析法确定各个指标的权重,AHP构权法是利用运筹学的层次分析法的原理,确定各评价指标的相对重要性系数。运用层次分析法进行构权是将复杂的评价对象表示为一个有序的递阶层次结构的整体,

通过人们在各个评价项目间进行两两比较、判断,进而计算各个评价项目的相对重要性系数,即权数。AHP构权法有单准则构权法和多准则构权法之分。单准则构权法是每个准则都支配下一层若干个因素,这样对于每一个准则及它所支配的因素都可以得到一个比较判断矩阵,因此,根据比较判断矩阵如何求出各因素对于准则的相对排序权重的过程称为单准则下的排序。本研究采用单准则构权法<sup>[33-34]</sup>。

① 建立层次结构模型。将决策的目标、考虑的因素和决策对象按它们之间的相互关系分为最高层、中间层和最底层,绘出层次结构图。最高层

是指决策的目标、要解决的问题。最底层是指决策时的备选方案。中间层是指考虑的因素、决策的准则。对于相邻的两层,称高层为目标层,底层为因素层。

② 确定指标的量化标准。AHP构权法的关键是建立一个构造合理且一致的判断矩阵,判断矩阵的合理性受到标度合理性的影响。标度是指人们对各个评价指标(项目)重要性的等级差异进行量化的概念。确定指标重要性量化标准常用的方法有比例标度法和指数标度法。以比例标度法为例,它是以前人们对事物质的区别的评判标准为基础,一般地,以5种判别就可以很好地表示事物之间重要程度的等级差别。当评判需要更高精度时,可以在相邻判别之间做出比较,形成9种判别,对判别等级量化,用数值表示就是9个标度,如表1所示。

表1 比例标度值体系(重要性分数 $x_{ij}$ )

1~9标度	取值含义
1	$i$ 与 $j$ 同等重要
3	$i$ 比 $j$ 稍微重要
5	$i$ 比 $j$ 明显重要
7	$i$ 比 $j$ 强烈重要
9	$i$ 比 $j$ 极端重要
2,4,6,8	介于上述相邻两级之间重要程度的比较
上述各数的倒数	$j$ 与 $i$ 的比较

③ 初始权数的形成。在综合评价中,确定初始权数采用定性分析与定量分析相结合的方法,往往能取得较好的成果。一般地是先通过组织专家评审,再综合专家的意见,最终形成初始权数。具体操作的步骤如下。

首先,将统计分析目的、已建立指标体系和第一步确定的指标重要性量化标准分发给各个专家,让专家根据上述比例标度值体系所提供的等级重要性系数,请他们独立地给出各指标重要性权数。

其次,根据专家所给各个指标的权数,分别计算各指标权重的均值和标准差。

再次,将所得的均值和方差的资料反馈给专家,要求专家再次提出修改意见或更改指标的建议,并在此基础上重新确定权数。

最后,重复以上步骤,直至获得与实际重要性程度基本一致且合理的结果(或各专家对各个评价项目所确定的权数趋于一致)为止,便得到初始权数。

比较同一层次不同指标的重要性;并将重要性赋值,最终建立比较矩阵,如式(1)所示。

$$A = [B_{st}] = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{21} & \cdots & B_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ B_{n1} & B_{n2} & \cdots & B_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, $B_{st}$ 为矩阵 $A$ 的 $s$ 行 $t$ 列的数值,表示 $B_s$ 相对于 $B_t$ 的重要性, $B_{ts}$ 则表示 $B_t$ 相对于 $B_s$ 的重要性, $B_{st} > 0$ 且 $B_{st} = \frac{1}{B_{ts}}$ 。

④ 层次单排序及一致性检验。判断矩阵的一致性检验是指当需要赋权的指标较多时,矩阵内的初始权数可能出现相互矛盾的现象,对于阶数较高的判断矩阵,难以直观地对其一致性进行判断,这就必须进行一致性检验。当一致性比率 $CR < 0.1$ 时,判定比较矩阵具有良好的 consistency,否则,需要调整比较矩阵,直到满意一致性为止。

⑤ 对比较矩阵进行归一化处理。依据公式(2)、(3)、(4),对比较矩阵进行处理,并计算各指标的权重。

$$W_{st} = \frac{B_{st}}{\sum_{s=1}^n B_{st}} \quad (2)$$

$$W_s = \sum_{t=1}^n W_{st} \quad (3)$$

$$\bar{W}_s = \frac{W_s}{n} \quad (4)$$

式中, $n$ 为方阵阶数; $W_{st}$ 为列向量归一化后的权重; $W_s$ 为每行向量之和; $\bar{W}_s$ 为每行向量的平均值,即各指标权重。

⑥ 层次总排序及一致性检验。计算某一层次对于最高层相对重要性的权值,称为层次总排序。这一过程是从最高层次到最底层依次进行的。

采用层次分析法计算的农业农村信息化发展水平各评价指标的权重如表2所示。

(2) 熵权法确定的权重。熵权法是一种客观赋权法,避免了人为因素带来的偏差,但忽略了指

表2 层次分析法确定的权重

指标类	一级权重	指标名称	二级权重	最终权重
农业农村信息化资源	0.097	每万人拥有公共图书馆藏书量(册)	0.167	0.0162
		人均月使用互联网流量(GB)	0.833	0.0808
农业农村信息化基础设施设备	0.160	人均农村投递线路长度(千米/万人)	0.062	0.0099
		村覆盖有线电视比重(%)	0.097	0.0155
		电脑普及率(%)	0.160	0.0256
		智能手机拥有率(%)	0.417	0.0667
		4G覆盖率(%)	0.263	0.0421
农业农村产业信息化水平及信息技术应用	0.417	农产品网络零售额比例(%)	0.045	0.0188
		农作物种植信息化水平(%)	0.352	0.1468
		设施栽培信息化水平(%)	0.104	0.0434
		畜禽养殖信息化水平(%)	0.241	0.1005
		水产养殖信息化水平(%)	0.160	0.0667
		农业物联网水平(%)	0.068	0.0284
		邮电业务量(万元)	0.031	0.0129
农业农村信息化人才	0.263	农民智能手机培训率(%)	0.540	0.1420
		农业科技人员比例(%)	0.163	0.0429
		农村信息员比例(%)	0.297	0.0781
农业农村信息化政策与环境	0.062	农村信息服务站覆盖率(%)	0.547	0.0339
		农业信息化专项预算(万元)	0.263	0.0163
		信息消费指数(%)	0.190	0.0118

标本身的重要程度<sup>[35-36]</sup>。通过对“熵”的计算确定权重,就是根据各监测评价指标的差异程度,确定各评价指标的权重。当各评价对象的某项指标相差较大时,熵值较小,说明该指标提供的有效信息量较大,其权重也应较大;反之,若某项指标值相差较小,熵值较大,说明该指标提供的信息量较小,其权重也应较小。当各评价对象的某项指标完全相同时,熵值达到最大,权重最小。

使用熵权法确定权重主要有以下3个步骤。

① 标准化处理。设  $m$  个评价指标,  $n$  个评价对象的原始数据矩阵为  $A = (a_{ij})_{m \times n}$ , 对其归一化后得到  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ , 正向指标的归一化公式为

$$r_{ij} = \frac{a_{ij} - \min_j \{a_{ij}\}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \quad (5)$$

逆向指标的归一化为

$$r_{ij} = \frac{\max_j \{a_{ij}\} - a_{ij}}{\max_j \{a_{ij}\} - \min_j \{a_{ij}\}} \quad (6)$$

② 定义熵。在有  $m$  个指标、 $n$  个被评价对象,

第  $i$  个指标的熵为

$$h_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (7)$$

式(7)中,  $f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{j=1}^n r_{ij}}$ , 其中  $k = \frac{1}{\ln n}$ , 当  $f_{ij} = 0$  时, 令  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

③ 定义熵权。定义了第  $i$  个评价指标的熵之后, 可得到第  $i$  个评价指标的熵权, 即

$$w_i = \frac{1 - h_i}{m - \sum_{i=1}^m h_i} \quad (8)$$

在式(8)中,  $0 \leq w_i \leq 1, \sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

采用熵权法确定的各评价指标的权重见表3。

(3) 组合赋权法。通过层次分析法以及熵权法可以看出, 层次分析法和熵权法的权重有一定差别, 需要综合考虑2种方法的权重采用组合赋权法, 根据式(9), 对权重进行计算<sup>[37-39]</sup>。

$$W_i = \alpha W_{1i} + (1 - \alpha) W_{2i} \quad (9)$$

在式(9)中,  $W_i$ 、 $W_{1i}$  及  $W_{2i}$  分别为组合赋权法、层次分

表3 熵权法确定的权重

指标类	指标名称	熵	权重
农业农村信息化资源	每万人拥有公共图书馆藏书量(册)	0.9519	0.0279
	人均月使用互联网流量(GB)	0.9170	0.0482
农业农村信息化基础设施设备	人均农村投递线路长度(千米/万人)	0.8691	0.0760
	村覆盖有线电视比重(%)	1.0000	0.0000
	电脑普及率(%)	0.9194	0.0468
	智能手机拥有率(%)	0.8874	0.0654
	4G覆盖率(%)	1.0000	0.0000
农业农村产业信息化水平及信息技术应用	农产品网络零售额比例(%)	0.9065	0.0543
	农作物种植信息化水平(%)	0.9465	0.0311
	设施栽培信息化水平(%)	0.8878	0.0652
	畜禽养殖信息化水平(%)	0.8695	0.0758
	水产养殖信息化水平(%)	0.8546	0.0845
	农业物联网水平(%)	0.8943	0.0614
	邮电业务量(万元)	0.8460	0.0895
农业农村信息化人才	农民智能手机培训率(%)	0.9475	0.0305
	农业科技人员比例(%)	0.9205	0.0462
	农村信息员比例(%)	0.9378	0.0361
农业农村信息化政策与环境	农村信息服务站覆盖率(%)	0.9056	0.0548
	农业信息化专项预算(万元)	0.8755	0.0723
	信息消费指数(%)	0.9419	0.0338

析法以及熵权法所确定的农业农村信息化发展水平评价指标的权重。 $\alpha$ 的值介于0到1之间,综合权重随着 $\alpha$ 改变。为了确定合理的权重,本研究对比了不同 $\alpha$ 取值的评价结果,并与山东省肥城市农业农村局肥城省级农业高新技术产业开发区管委会等单位进行对接,讨论分析不同 $\alpha$ 取值对评价结果的影响,结合山东省肥城农业农村信息化实际情

况并参考前人研究的 $\alpha$ 取值<sup>[37-38]</sup>,最终确定综合权重为层次分析法与熵权法的平均值,即 $\alpha$ 的取值为0.5。

采用式(9)确定综合权重,可以修正主观权重造成的不均衡,更加客观地对农业农村信息化发展水平测度指标的权重进行确定。采用组合赋权法确定的各评价指标的权重见表4。

表4 组合赋权法权重

指标类	指标名称	最终权重
农业农村信息化资源	每万人拥有公共图书馆藏书量(册)	0.0221
	人均月使用互联网流量(GB)	0.0645
农业农村信息化基础设施设备	人均农村投递线路长度(千米/万人)	0.0430
	村覆盖有线电视比重(%)	0.0078
	电脑普及率(%)	0.0362
	智能手机拥有率(%)	0.0661
	4G覆盖率(%)	0.0211
农业农村产业信息化水平及信息技术应用	农产品网络零售额比例(%)	0.0366
	农作物种植信息化水平(%)	0.0889
	设施栽培信息化水平(%)	0.0543
	畜禽养殖信息化水平(%)	0.0882
	水产养殖信息化水平(%)	0.0756
	农业物联网水平(%)	0.0449
	邮电业务量(万元)	0.0512

表4 组合赋权法权重(续)

指标类	指标名称	最终权重
农业农村信息化人才	农民智能手机培训率(%)	0.0863
	农业科技人员比例(%)	0.0445
	农村信息员比例(%)	0.0571
农业农村信息化政策与环境	农村信息服务站覆盖率(%)	0.0444
	农业信息化专项预算(万元)	0.0443
	信息消费指数(%)	0.0228

### 1.2.2 农业农村信息化发展水平指数的计算方法

农业农村信息化发展水平指数计算模型采用线性加权和综合评价法,该方法充分考虑了各评价指标对农业农村信息化发展水平的影响。由于评价指标体系的参评因子来自不同的方面,直接用这些因子进行评价比较困难,因为各系数间的量纲不统一,没有对比性。即使对于同一指标,尽管可以根据直接获取的原始数值大小来判断他们对农业农村信息化发展水平的影响程度,但也缺乏一个可以比较的环境标准而无法确切地反映其对农业农村信息化发展水平的贡献,因此必须对参与农业农村信息化发展水平评价的因子进行量化处理,用标准化方法来解决参数间不可比性的问题。

#### 1) 测度指标的无量纲化处理。

指标的无量纲化处理是解决这一问题的主要手段。无量纲化,也称作数据的标准化、规格化,是一种通过数学变换来消除原始变量量纲影响的方法。对于正向指标与逆向指标处理方法有所不同。

(1) 正向指标。正向指标指值越大越好的指标(如电脑普及率、农作物种植信息化水平),无量纲化公式为

$$X=C_i/C_{\text{goal}} \quad (10)$$

式中, $X$ 为标准化的指标值, $C_i$ 为指标实际值, $C_{\text{goal}}$ 为指标的目标值。

(2) 逆向指标。逆向指标指值越小越好的指标,无量纲化公式为

$$X=(C_{\text{goal}}-C_i)/C_{\text{goal}} \quad (11)$$

#### 2) 农业农村信息化发展水平综合指数。

农业农村信息化的发展水平综合指数的计算考虑了农业农村信息化资源、农业农村信息化基础设施设备、农业农村产业信息化水平及信息技术应

用、农业农村信息化人才、农业农村信息化政策与环境5个方面的20个评价指标。农业农村信息化发展水平的测度模型为

$$S_j = \sum_{i=1}^m C_{ij} \cdot U_j \quad (12)$$

式中, $S_j$ 为第 $j$ 个乡镇的农业农村信息化的综合指数, $U_j$ 为农业农村信息化指数的标准化后的数值,则表示第 $j$ 个乡镇第 $i$ 个指标的权重。

采用等距法将农业农村信息化发展水平划分为4个区间(0.75, 1]、(0.50, 0.75]、(0.25, 0.50]与(0, 0.25],与区间相对应的发展程度分别为高、较高、中、低4个等级(表5)。

表5 农业农村信息化发展水平指数等级划分

等级	水平指数	发展程度
I	(0.75, 1]	高
II	(0.50, 0.75]	较高
III	(0.25, 0.50]	中
IV	(0, 0.25]	低

## 2 结果及分析

### 2.1 农业农村信息化发展水平测度

从表4可以得出,农业农村信息化发展水平评价指标权重最大的为农作物种植信息化水平,最小的为村覆盖有线电视比重。从高到低各评价指标的排序为:农作物种植信息化水平、畜禽养殖信息化水平、农民智能手机培训率、水产养殖信息化水平、智能手机拥有率、人均月使用互联网流量、农村信息员比例、设施栽培信息化水平、邮电业务量、农业物联网水平、农业科技人员比例、农村信息服务站覆盖率、农业信息化专项预算、人均农村投递线路长度、农产品网络零售额比例、电脑普及率、信息

消费指数、每万人拥有公共图书馆藏书量、4G覆盖率、村覆盖有线电视比重。

为了验证评价模型及评价系统的可靠性,本研究以山东省肥城市为研究对象,并采集2019年山东省肥城市各乡镇的相关数据,进行实证研究。计算的山东省肥城市10个乡镇的农业农村信息化发展水平见表6。

表6 肥城市各乡镇农业农村信息化发展水平指数

次序	镇名	值	等级	说明
1	石横镇	0.5711	II	较高
2	安驾庄镇	0.5635	II	较高
3	边院镇	0.5609	II	较高
4	汶阳镇	0.5542	II	较高
5	桃园镇	0.5498	II	较高
6	王庄镇	0.5483	II	较高
7	湖屯镇	0.5390	II	较高
8	安临站镇	0.5314	II	较高
9	孙伯镇	0.5244	II	较高
10	潮泉镇	0.5109	II	较高

将山东省肥城市10个乡镇的农业农村信息化发展水平按照农业农村信息化指数从高到低进行排名,依次为石横镇、安驾庄镇、边院镇、汶阳镇、桃园镇、王庄镇、湖屯镇、安临站镇、孙伯镇、潮泉镇,从表6中可以看出肥城市的10个乡镇农业农村信息化水平均发展“较高”,处于第二等级,但总体指数偏低,均未超过0.6。通过实地调研及走访专家或领导的方式咨询各乡镇的农业农村信息化发展水平,对于各乡镇农业农村信息化实际发展水平的排名与本研究所建模型计算的排名一致,故本模型具有较高的可靠性。从评价结果看,不同乡镇的农业农村信息化发展指数差异较大,研究对于县(市)级政府平衡各地区的差异,针对信息化发展水平略低的乡镇加大人力物力进行扶持,对于缩小不同乡镇之间农业农村信息化发展水平的差距(图2),实现不同乡镇的平衡与协调发展并达到共同富裕的目标具有重要意义。

## 2.2 发展策略分析

根据本研究的模型分析,评价指标权重从大到小前3位依次是农作物种植信息化水平、畜禽养殖信息化水平、农民智能手机培训率。评价指标权重



图2 山东省肥城市农业农村信息化发展水平分布

最大的为农作物种植信息化水平,农作物种植业是利用植物的生活机能,通过人工培育以取得粮食作物、经济作物和其他作物等产品的社会生产部门,是农业中最基本的生产部门,在国民经济中占有十分重要的地位。目前,中国的农作物种植业北方以旱地为主,南方以水田为主。由于农作物种植业在传统农业中的重要地位,所以提高种植业信息化发展水平对于推动农业农村信息化发展水平具有重要的推动作用。

针对山东省肥城市的粮食作物种植业信息化发展现状,需政府加大投入,着重发展精准农业,并需积极发展信息技术在粮食作物种植业信息化方面的应用。目前,山东省肥城市的种植业还未实现全程数字化、精准化作业,需要将数字技术引入粮食作物种植各个环节中,提高农业农村信息化发展水平。政府需要投入大量的人力物力将信息技术应用于粮食作物种植业,提高粮食作物种植业信息化水平。

对于特色果品种植,肥城桃是中国著名特产,因产于肥城而得名,因其果实肥大、外形美观、肉质细嫩、味美甘甜、营养丰富而闻名于世,被誉为“群桃之冠”,迄今已有1100多年栽培历史,为历代皇室贡品。早在20世纪90年代初,肥城就被农业部

命名为“中国佛桃之乡”,曾获国际博览会金奖,也是国家工商局注册的地理标志产品,荣获“中国地理标志名优产品奖”称号。在目前中央倡导的“一村一品”“一县一业”的政策下,尤其要结合当地实际情况,因地制宜,发展特色产业,推进肥城桃种植数字化,并将大数据、人工智能等技术应用在肥城桃种植各个环节中。

另外,2019年,在全国百强县的排行榜当中,山东省肥城市位列第52位。从农业农村信息化发展水平的测度结果看,山东省肥城市农业农村信息化发展水平指数值较低,还有较大提升空间,政府还需要投入更多物力财力才能实现农业农村现代化。根据肥城市实际,努力提高农作物种植信息化水平、畜禽养殖信息化水平、农民智能手机培训率等,相关建议如下。

1) 重视粮食生产,肥城市粮食生产以小麦和玉米为主,紧紧围绕“智慧肥城”建设,大力发展“数字农业”,全面提升粮食种植的信息化水平。近年来,基于北斗导航的精准农业可以通过提高土地生产力与降低成本达到增产目的。建议将北斗导航与无人机等信息技术应用于该市粮食生产的耕、种、管、收等环节,提高田间管理质量,从而带动提高粮食等农作物产量。另外,大力发展以物联网为基础的土壤墒情监控系统,通过监测,实时掌握土壤中的水分、营养等状况,从而根据实际情况进行田间管理与作业,确保农田作物生长拥有适宜水分和养分,实现增产目标。在作物生长过程中进行实时监控,能够减少水及化肥等资源的浪费,并提高灌溉与施肥的合理性,从而实现农业的可持续发展。

2) 对桃园进行标准化管理和生产。通过实施肥城桃智慧农业产业园项目,充分整合基础地理信息数据、种植相关数据,构建肥城桃种植综合信息服务平台。采用物联网技术实时监控果树生长情况,利用无人机遥感技术对果园病虫害进行监测与预警。通过智能选果设备的数字化应用,定制开发肥城桃质量追溯系统,构建桃产业生产管理系统和大数据平台,针对肥城桃销售商品过程,可面向用户群体,在生产企业信息、生产环境信息、农资投入信息、加工过程信息、贮藏信息、销售信息、生产履

历信息基础上,进行定制化采集,并通过统一资源定位系统(URL)链接、二维码等实用手段进行展现。为肥城桃销售、质量检测和品牌打造奠定基础。这些策略的实施将会对肥城桃产业的提质增效与转型升级发挥重要作用,并对肥城的乡村振兴有积极促进作用。

3) 针对目前肥城农村“谁来种地”问题,大力发展农业社会化服务,解决小农户不想干、干不了、干了不划算的问题。将信息技术应用于农业社会化服务,建立农业社会化服务软件信息平台,小农户在手机端就可以向农业服务组织快速下单,解决小农户实际需求。另外,农业社会化服务组织在为小农户提供服务的同时,引进先进技术,如无人机智能作业,提高种植的生产效率。这样才能解决目前农业存在的劳动力缺乏与农业农村现代化实现之间矛盾,乡村振兴才能加速实现。

4) 提高畜禽养殖信息化水平。畜牧业是关系国计民生的重要产业,是农业农村经济的支柱产业,是保障食物安全和居民生活的战略产业,是农业现代化的标志性产业。目前,肥城市畜禽养殖信息化水平平均值为0.2222,信息化发展水平较低,畜禽养殖主体急需投资引进物联网、射频识别技术(RFID)、视频监控等技术,实现养殖生产过程的环境调控、精准饲喂、疫病监测、产品追溯,做到数字化精细管理。通过畜牧业经营主体的信息化水平的提升,做到产业数据的自动采集分析,监测指导生产状况,推进畜禽养殖产业的智能生态化转型。探索组建适于县域畜牧产业发展的综合数据服务中心,通过建设信息化的良种繁育基地、规模化的智慧牧场,奠定引进双汇、雨润、得利斯等知名畜禽产业加工企业的畜牧产业基础。

5) 加大农民智能手机培训与继续教育力度。针对目前肥城农民手机培训率较低的问题,根据测算肥城市当前农户手机普及率可达99.6%,但通过手机平台,实现农业技术推广应用率仅为26.8%。自2019年开始,肥城市就将农户手机应用培训作为农技推广和新型职业农民培训的主要课程,主推的“中国农技推广”“慧种田”等农业农村信息服务APP软件逐步普及,内容涉及作物种植信息、病虫

害防治、水肥管理、政策法规、农村生态保护、乡村振兴战略等多方面内容。在政策扶持下,近年通过在农业生产基地内建设物联网、遥感等设施,由山东农大肥业、鸣迅智能科技等公司市场化运作的数字农业农村服务,农业经营主体可通过手机端实时查看基地内温湿度、土壤墒情、病虫害等种植环境,分析监测作物长势,监控化肥、农药等农业投入品使用信息。随着国家农业农村信息化的逐步推进,智能手机将成为不可或缺的有利助手。针对目前肥城市的现状,需要肥城市政府相关部门加大农民手机培训力度,对从事农事活动的农民进行培训。农民是从事农事活动的主要参与者,加强农民的智能手机培训及继续教育,将给农民生产生活带来诸多好处,促进农业农村经济转型升级。

### 3 结论及启示

本研究对农业农村信息化发展水平评价指标进行了筛选,利用主观与客观相结合的赋权法对各测度指标进行研究,即采用熵权法与层次分析法的组合赋权法确立了农业农村信息化发展水平各测度指标的权重,采用线性加权法的综合评价法对农业农村信息化发展水平进行计算,并以山东省肥城市的10个乡镇为研究对象进行实证研究,得出以下主要结论。

1) 肥城市10个乡镇的农业农村信息化水平发展指数为石横镇(0.5711)、安驾庄镇(0.5635)、边院镇(0.5609)、汶阳镇(0.5542)、桃园镇(0.5498)、王庄镇(0.5483)、湖屯镇(0.5390)、安临站镇(0.5314)、孙伯镇(0.5244)、潮泉镇(0.5109)。石横镇、安驾庄镇以及边院镇农业农村信息化发展水平较高,安临站镇、孙伯镇与潮泉镇的农业农村信息化发展水平略低于其他乡镇。从测度结果来看,需政府主导,投入大量人力物力发展数字农业,提升各乡镇的农业农村信息化发展水平。

2) 针对目前困扰农村的“谁来种地”问题,建议大力发展农业农村社会化服务,通过农业托管方式解决小农户种植过程中耕、种、管、收等实际问题。将信息技术应用于农业农村社会化服务,建立农业农村社会化服务软件平台,通过手机平台对接农业

农村社会化服务,全面提升农业农村信息化水平。

3) 在发展传统种植业过程中,要积极引进信息技术,建议将北斗导航与无人机等信息技术应用于肥城市农业生产的耕、种、管、收等环节,提高田间管理的质量,从而带动提高粮食等农作物的产量。

4) 目前在中央倡导“一村一品”“一县一业”的政策下,尤其要结合当地实际情况,因地制宜,发展特色产业,推进肥城桃种植数字化,并将物联网、人工智能、大数据等现代农业技术应用在肥城桃种植、病虫害防治、质量追溯及销售等方面的各个环节。

5) 努力提高畜禽养殖信息化水平。畜牧业信息化是农业农村信息化的重要组成部分,需要加大对畜禽养殖业信息化的资金和人力投入,引入先进的物联网、RFID、大数据等技术,加速畜禽养殖业信息化的进程。

6) 加强农民手机培训与继续教育。目前手机已成为重要的农事活动终端和农业农村信息获取的主要载体,加大农民手机培训及继续教育力度,将给农民生产生活带来诸多好处,对促进农业农村经济转型升级、加快实现农业农村现代化具有重要意义。

只有充分发挥从事农事活动人员的信息化水平,才能真正提高中国农业农村信息化水平。中国目前陆续出台了数字农业发展的相关政策,从政策上支持人工智能等先进的信息技术在传统农业上的应用,推动农业农村信息化发展水平的提高。

农业农村信息化发展水平的测度对数字农业以及数字乡村的建设具有重要的推动作用,在国家落实乡村振兴战略以及推进农业农村现代化的时代背景下,建立农业农村信息化发展水平测度评价体系,该研究对于缩小城乡差距,为实现共同富裕目标充分发挥农业农村信息化技术的作用,以及“十四五”加快农业农村现代化建设目标的早日实现具有重要现实意义。

#### 参考文献(References)

- [1] 《数字农业农村发展规划(2019—2025年)》出台[N]. 人民日报, 2020-01-21(7).
- [2] 蒋永穆. 实施乡村振兴战略须关注的三个重点[N]. 四川日报, 2018-05-16(6).

- [3] 钱亮. 农业信息化是农业现代化的重要标志和手段[J]. 四川农业与农机, 2016(5): 1.
- [4] 农业部. 关于印发《“十三五”全国农业农村信息化发展规划》的通知[EB/OL]. (2016-08-30)[2022-02-01]. [http://www.moa.gov.cn/gk/ghjh\\_1/201609/t20160901\\_5260726.htm](http://www.moa.gov.cn/gk/ghjh_1/201609/t20160901_5260726.htm).
- [5] 余欣荣. 加快推进农业农村信息化[J]. 电子技术与软件工程, 2015(9): 2.
- [6] 贺立源. 农业信息化进展[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2013.
- [7] Robert P C. Precision agriculture: A challenge for crop nutrition management[J]. Plant & Soil, 2002, 247(1): 143-149.
- [8] Castle M H. Has the usage of precision agriculture technologies actually led to increased profits for Nebraska producers?[D]. Lincoln: University of Nebraska-Lincoln Department of Agricultural Economics, 2016.
- [9] Liu Y S, Li Y H. Revitalize the world's countryside[J]. Nature, 2017, 548(7667): 275-277.
- [10] Bruce E, Jess L, Bradford J. 2017 precision agriculture dealership survey[R]. West Lafayette: Departments of Agricultural Economics and Agronomy, Purdue University, 2017.
- [11] 沈剑波, 王应宽. 北斗导航与精准农业在新疆棉花种植中的典型应用[J]. 农业工程技术, 2019, 39(36): 31-33.
- [12] 王媛, 严琳. 精准农业各项技术在美国应用现状[J]. 农业机械, 2016(4): 66-68.
- [13] 吴才聪. 美国精准农业技术应用概况及北斗农业应用思考[J]. 卫星应用, 2015(6): 14-18.
- [14] 薛新宇, 兰玉彬. 美国农业航空技术现状和发展趋势分析[J]. 农业机械学报, 2013, 44(5): 194-201.
- [15] 王文生. 德国农业信息技术研究进展与发展趋势[J]. 农业展望, 2011(9): 48-51.
- [16] 李国英. 大互联网背景下农业信息化发展空间及趋势——借鉴美国的经验[J]. 世界农业, 2015(10): 15-20.
- [17] 顾君, 邹远辉, 王吉凤. 现代信息技术在我国农业科技成果转化中的应用现状与发展对策[J]. 南方农业学报, 2013, 44(10): 1746-1750.
- [18] 赵春江, 杨信廷, 李斌, 等. 中国农业信息技术发展回顾及展望[J]. 农学学报, 2018, 8(1): 172-178.
- [19] 赵春江, 李瑾, 冯献, 等. “互联网+”现代农业国内外应用现状与发展趋势[J]. 中国工程科学, 2018, 20(2): 58-64.
- [20] 李道亮. 农业4.0——即将到来的智能农业时代[J]. 农学学报, 2018, 8(1): 207-214.
- [21] 许世卫. 农业监测预警中的科学与技术问题[J]. 科技导报, 2018, 36(11): 32-44.
- [22] 农业农村部. 中央网络安全和信息化委员会办公室关于印发《数字农业农村发展规划(2019-2025年)》的通知[EB/OL]. (2020-01-20)[2022-09-24]. [http://www.moa.gov.cn/govpublic/FZJHS/202001/t20200120\\_6336316.htm](http://www.moa.gov.cn/govpublic/FZJHS/202001/t20200120_6336316.htm).
- [23] 沈剑波, 王应宽. 中国农业信息化水平评价指标体系研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(24): 162-172.
- [24] 朱昭萍, 王生林, 董博. 2001—2010年甘肃省农业信息化发展水平评价及分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(22): 209-211.
- [25] 王双. 我国不同地区都市农业信息化发展水平与测度分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2015.
- [26] 袁晓庆, 李道亮, 李琳, 等. 基于综合指数法的农业信息化水平评价: 以山东省为例[J]. 广东农业科学, 2015, 42(4): 162-167.
- [27] 崔利国, 李瑾, 刘丽红. 基于聚类分析的我国各地区农业信息化发展水平评价[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 462-465.
- [28] 王淑婧. 2001—2012年山东省农业信息化发展水平评价[J]. 南方农业学报, 2014, 45(8): 1519-1522.
- [29] 丁丽, 李炳军, 田振强. 河南省地市级区域农业信息化发展水平评价及分析[J]. 河南农业大学学报, 2010, 44(3): 343-347.
- [30] 任坤. 河南省农村信息化发展水平综合评价研究[D]. 宁波: 宁波大学, 2017.
- [31] 任香洁, 马志霞. 农业信息化水平综合评价的非线性加权模型——以重庆市酉阳县为例[J]. 西南民族大学学报(自然科学版), 2019, 45(6): 631-636.
- [32] 沈艳. 江苏农业信息化水平区域差异比较研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2016.
- [33] Albayrak E, Erensal Y C. Using analytic hierarchy process(AHP) to improve human performance: An application of multiple criteria decision making problem[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2004, 15(4): 491-503.
- [34] 沈剑波, 王应宽, 朱明, 等. 乡村振兴水平评价指标体系构建及实证[J]. 农业工程学报, 2020, 36(3): 236-243.
- [35] 陆添超, 康凯. 熵值法和层次分析法在权重确定中的应用[J]. 电脑编程技巧与维护, 2009(22): 19-20.
- [36] 李志萍, 何雨江, 朱中道. 熵权法在农村安全饮水水质评价中的应用[J]. 人民黄河, 2007(5): 35-36.
- [37] 李升朝, 吴越, 白雪萌. 基于AHP和熵权法的道路危货运输风险评估研究[J]. 重庆交通大学学报(社会科学版), 2020, 20(2): 43-50.
- [38] 马砺, 刘晗, 白磊. 基于AHP和熵权法的古建筑火灾风险评估[J]. 西安科技大学学报, 2017, 37(4): 537-543.
- [39] 倪九派, 李萍, 魏朝富, 等. 基于AHP和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 202-209.

## Measurement and development strategy of agricultural informatization development level: A case study of Feicheng

SHEN Jianbo<sup>1,2,3</sup>, WANG Yingkuan<sup>1,2\*</sup>, WANG Ken<sup>4</sup>

1. Academy of Agricultural Planning and Engineering, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100125, China
2. Chinese Society of Agricultural Engineering, Beijing 100125, China
3. Research and Development Center of Transport Industry of Spatial Information Application and Disaster Prevention and Mitigation Technology, China Highway Engineering Consulting Corporation, Beijing 100097, China
4. Agricultural High Technology Industry Development Service Center of Shandong Feicheng City, Taian 271600, China

**Abstract** Previous studies on evaluating agricultural informatization development level have large differences in indicators and weights to monitor and evaluate the agricultural informatization development level. This study uses a combined weighting method to determine the weights of evaluation indicators and establishes a mathematical model to calculate the agricultural informatization development level index. Taking the 2019 data of 10 townships in Feicheng City, Shandong Province as the research object and according to the evaluation model, the agricultural informatization development levels of 10 townships in 2019 are ranked from high to low as Shiheng, Anjiazhuang, Bianyuan, Wenyang, Taoyuan, Wangzhuang, Hutun, Anlinzhan, Sunbo, and Chaoquan, with development level indexes being 0.5711, 0.5635, 0.5609, 0.5542, 0.5498, 0.5483, 0.5390, 0.5314, 0.5244, and 0.5109, respectively. The results and field surveys show that the agricultural informatization development indexes of the 10 townships have much room to improve and it is necessary to apply precision agriculture and digital agriculture related technologies to traditional crop planting. Meanwhile, under "one village, one product" and "one county, one industry" policies it is especially necessary to develop characteristic industries based on local actual conditions, adapt measures to local conditions, promote Feicheng peach planting digitalization, and integrate artificial intelligence and big data. Other modern agricultural technologies should be applied in all aspects of peach planting, input management, quality traceability and sales. In addition, applying information technology to agricultural socialized services and establishing an agricultural socialized service terminal platform may build a bridge between farmers and socialized services, docking agricultural services and comprehensively improve the level of agricultural informatization. This research has important practical significance for fully mobilizing scientific and technological forces to achieve the goal of common prosperity and for early realization of the goal of accelerating modernization of agriculture and rural areas during the "14th Five-Year Plan".

**Keywords** agricultural and rural informatization; development level; development strategy; common prosperity ●



(责任编辑 王志敏)