

基于时空维度的东北三省农业现代化水平评价研究^{*}

许晓冬, 刘金晶

(大连工业大学管理学院, 辽宁大连, 116034)

摘要:农业现代化作为“五化”协同发展的关键一环,其水平的提升有利于补齐现代化演进过程中的短板,促成统一发展步调。为深入分析区域农业现代化发展状况,构建农业现代化发展水平评价指标体系,运用熵权 TOPSIS 法,测算黑吉辽三省 2014—2018 年现代农业建设水平,并探析其动力因素及时空演化特征。结果表明:在评价指标中,经济作物占总播种面积比重、农田有效灌溉面积这两个指标的权重较大且影响程度波动上升;在评价得分中,辽宁省农业现代化水平显著优于其他两省,发展水平较高,而黑龙江省紧随其后,吉林省发展水平相对较弱。结合评价指标权重与东北三省评价结果,提出提高农业技术水平、保障农业资金供给、调整农业生产结构、加强农业生态保护等现代农业建设对策。研究可为建设现代化农业、提升农业承载力和推进乡村振兴工作提供科学依据。

关键词:时空维度;东北三省;熵权 TOPSIS 法;农业现代化;评价指标体系;动力因素

中图分类号:F327; S231 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553 (2021) 05-0129-10

许晓冬, 刘金晶. 基于时空维度的东北三省农业现代化水平评价研究[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(5): 129—138

Xu Xiaodong, Liu Jinjing. Research on the evaluation of the agricultural modernization level in northeast China based on the space-time dimensions [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(5): 129—138

0 引言

农业现代化是农业逐渐走向集约高效的体现,其进程的演进促使农民各个挑上“金扁担”,推动着乡村振兴战略目标的达成。为贯彻落实“十三五”农业现代化发展目标,党中央批复了《全国农业现代化规划(2016—2020 年)》,提出了五方面建设任务^[1]。在农业现代化建设热潮下,省域间农业现代化水平的协调发展对国民经济具有推动作用^[2]。因此,东北三省积极响应顶层设计要求,结合各省实际情况,稳步推进农业现代化,紧紧抓住农业基本盘。但农业现代化发展不仅需要政策指引与路径规划,还需要量化测算其影响因素、分析其发展水平。构建一套反应东北地区现代农业建设情况的评价体系,有利于为东北三省农业现代化增长点与堵点探讨、发展水平分析提供定量分析框架。

农业现代化是农业生产效率、经济效益、生态治理能力等方面的综合提升。农业现代化意味着农业生产手段、农业生产技术、农业生产管理等方面的现代化^[3]。而定量评价是对其动态演进水平测度的重要方

式。当前,国内学者在对现代农业评价时,所选取的指标与使用的测算方法均存在差异。在评价指标选取中,部分学者以投入水平、产出水平、可持续发展水平三个指标为基础,不断完善评价指标。其中,鲁春阳等^[4]结合科技发展形势与产业发展思路,在三个基础性指标中增添了信息化水平与产业化水平两个评价指标,弥补体系漏洞。一些学者将农业生产与农村发展相融合,添加了农村经济发展水平指标^[5-7]。而杨阿维等^[8]另辟蹊径,以农业、农民、农村为评价主体,构建评价体系的准则层指标,并从三个主体的视角出发,拓展二级指标。在现代农业的评价方法使用中,学者们采用的度量模型多种多样,使用较为频繁的方法有数据包络分析法^[9]、熵权 TOPSIS 法^[10]、灰色关联分析法^[11]、德尔菲法^[12]、层次分析法^[13]、犹豫模糊多属性决策方法^[14]、指标实现度^[15]等。

由此可见,国内学者关于农业现代化的考察内容与测算方法的研究视角日益丰富,成果不断充盈。然而,农业现代化评价指标中投入要素作为探究现代农业建设的增长点的重要维度,现有研究中该部分的涉及篇幅较为有限。技术、劳动力和资金作为产业发展

收稿日期:2020 年 10 月 1 日 修回日期:2020 年 11 月 9 日

^{*}基金项目:辽宁省社科规划基金项目(L17BJL009);辽宁省科协科技创新智库基金项目(LNKX2018—2019C24);大连市社科院智库重大调研课题立项项目(2019dlskyzz008);大连市科协产业发展报告项目(212019000120);辽宁省科学事业公益研究基金项目(2020JH4/10100028);大连市科技创新基金项目(2020JJ27FZ123);大连市社科院智库重大调研课题立项项目(2020dlsky098)

第一作者:许晓冬,女,1978 年生,辽宁大连人,博士,副教授,硕导;研究方向为区域经济与农业经济。E-mail: gjmy2046@sina.com

增长点考量的重要指标,其影响机理可以投射至农业现代化发展中。文章细化了评价体系中的增长点指标,构建了更加完善的评价体系。并采用熵权 TOPSIS 模型,对东北三省现代农业发展状况的影响要素与时空分异特征进行分析。结合指标权重与评价得分,探索提升措施,以期对东北地区现代农业建设提供理论支撑与对策指引。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 熵权法

熵权法是客观赋予指标权重并构建度量模型的一种重要方法,能够避免主观赋权的弊端以及多指标数据重叠问题。假设有矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$, x_{ij} 为 i 对象 j 指标的原始数值, m 为待评对象数目, n 为指标数目。若指标数值在各待评对象间相差较大,则熵值越小,赋予该指标的权重越大;反之,则熵值越大,权重较小。

1.1.2 TOPSIS 法

TOPSIS 法是一种基于决策的理想解相似度排序法^[16]。选择最佳的正理想解决方案、负理想解决方案,根据各待评对象实际值与正负理想解的贴进度,形成清晰的优劣排名。具有过程简便、对样本容量要求小、结果清晰等特点。

1.1.3 熵权 TOPSIS 法

熵权 TOPSIS 法利用熵权法对指标客观赋权,并采用 TOPSIS 法进行优劣分层,从而避免了单纯使用熵权法的评价结果优劣分层困难、样本需求量大以及单一使用 TOPSIS 法的主观随意性等弱点,增强了研究结果的对比性、客观性等优点^[17]。熵权 TOPSIS 法的具体计算步骤如下。

1) 指标矩阵构建。构建指标矩阵 X 。

$$X = (x_{ij})_{m \times n} \quad (1)$$

2) 无量纲化处理。常用的无量纲化处理手段有两类:线性的和非线性的。常用的线性方法包括极值化和均值化,而非线性方法有标准化和向量规范化,如式(2)~式(5)所示。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} \quad (3)$$

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}} \quad (4)$$

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (5)$$

式中: $\min(x_j)$ —— j 指标的最小值;

$\max(x_j)$ —— j 指标的最大值;

\bar{x}_j —— j 指标的平均值;

y_{ij} —— i 对象 j 指标的无量纲化值。

由于极值化和标准化等处理方式可能会削弱数据的差异,甚至造成熵权法不成立的情况。为保证数值间差异的最大化,确保熵权法成立,此处采用了线性方法中的均值化处理,计算公式如式(6)所示。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\bar{x}_j} \quad (6)$$

3) 归一化处理。计算第 j 个指标中 i 对象所占比重 p_{ij} 。

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}} \quad (7)$$

4) 理想值确定。选择归一化处理后的矩阵中所有待评对象关于 26 个评价指标的最大值,将其作为正理想值 S^+ 。同时,找出最小值,作为负理想值 S^- 。

$$S^+ = (\max p_{i1}, \max p_{i2}, \max p_{i3}, \dots, \max p_{i26}) \quad (8)$$

$$S^- = (\min p_{i1}, \min p_{i2}, \min p_{i3}, \dots, \min p_{i26}) \quad (9)$$

5) 熵值计算。各项指标的熵值为 e_j , 计算公式如式(10)、式(11)所示。

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad 0 \leq e_j \leq 1 \quad (10)$$

$$K = \frac{1}{\ln m} \quad (11)$$

式中: K —— $-\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}$ 的乘数。

6) 差异系数计算。第 j 项指标的差异系数为 h_j , 计算公式如式(12)所示。

$$h_j = 1 - e_j \quad (12)$$

7) 权重确定。第 j 项指标的权重为 w_j , 计算公式如式(13)所示。

$$w_j = \frac{h_j}{\sum_{j=1}^n h_j} \quad (13)$$

8) 欧氏距离计算。所有待评对象的各项指标与正负理想值的接近程度,计算公式如式(14)、式(15)所示。

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j (p_{ij} - \max p_j)^2} \quad (14)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j (p_{ij} - \min p_j)^2} \quad (15)$$

式中: $\max p_j$ ——式(8)确定的评价指标的正理想值;

$\min p_j$ ——式(9)确定的评价指标的负理想值;

d_i^+ —— i 对象与正理想值的距离;

d_i^- —— i 对象与负理想值的距离。

9) 贴进度计算。各待评对象靠近最佳解决方案的程度为 T_i , 计算公式如式(16)所示。 T_i 越大, 说明发展水平越高。

$$T_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}$$

(16)

1.2 数据来源

文章选取了黑龙江省、吉林省、辽宁省为研究对象, 收集了 2014—2018 年这 5 年东北三省的农业现代化水平的数据。统计数据主要来自于《黑龙江省统计年鉴(2015—2019)》《吉林省统计年鉴(2015—2019)》《辽宁省统计年鉴(2015—2019)》《中国统计年鉴(2015—2019)》及 2014—2018 年东北三省统计公

报等。

2 评价指标构建

在指标构建中, 需遵循以下原则: 第一, 指标的系统性。即各个指标既是独立的个体, 又存在内在联系。第二, 指标的代表性。即评价指标能够客观、公正地代表发展水平。第三, 指标的可获得性。即评价指标的数据能够通过一定媒介收集获得。第四, 指标的可比性。即评价指标不仅揭示了地区农业现代化水平变化情况, 而且能够在各个待评对象之间进行比较。

根据以上原则, 借鉴了姚成胜、陈强强等国内学者相关评价研究, 构建了由 6 个准则层和 26 个具体考察指标构成的评价体系(表 1)。

表 1 东北三省农业现代化发展水平评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of agricultural modernization development level in Northeast China

目标层	准则层	指标层
农业现代化	农业技术水平 X_1	单位播种面积农业机械动力 $X_{11}/(\text{kW} \cdot \text{hm}^{-2})$ 单位播种面积农用塑料薄膜使用量 $X_{12}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ 单位播种面积化肥使用量 $X_{13}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ 单位播种面积农药使用量 $X_{14}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ 农田有效灌溉面积 $X_{15}/\text{万 hm}^2$
	农业劳动力水平 X_2	农林牧渔业从业人员数量 $X_{21}/\text{万人}$ 农林牧渔业从业人员平均工资 $X_{22}/(\text{万元} \cdot \text{人}^{-1})$ 农林牧渔业从业人员平均工资增幅 $X_{23}/\%$ 农村居民家庭恩格尔系数 $X_{24}/\%$
	农业资金水平 X_3	农民生产经营费用支出 $X_{31}/(\text{元} \cdot \text{人}^{-1})$ 农林水事务财政支出 $X_{32}/\text{亿元}$ 涉农贷款余额 $X_{33}/\text{亿元}$
	农业产出水平 X_4	农林牧渔业总产值 $X_{41}/\text{亿元}$ 农林牧渔业总产值占 GDP 比重 $X_{42}/\%$ 粮食作物单位面积产量 $X_{43}/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$ 人均粮食产量 $X_{44}/(\text{kg} \cdot \text{人}^{-1})$
	农业结构水平 X_5	粮食作物占总播种面积比重 $X_{51}/\%$ 经济作物占总播种面积比重 $X_{52}/\%$ 其他作物占总播种面积比重 $X_{53}/\%$ 种植业产值占农业总产值比重 $X_{54}/\%$ 林业产值占农业总产值比重 $X_{55}/\%$ 牧业产值占农业总产值比重 $X_{56}/\%$ 渔业产值占农业总产值比重 $X_{57}/\%$
	农业可持续发展水平 X_6	耕地保有量 X_{61}/km^2 森林覆盖率 $X_{62}/\%$ 水土流失治理面积 X_{63}/km^2

3 东北三省农业现代化发展水平评价

3.1 评价指标权重分析

由于各指标作用程度随着时间变更, 而有所差异。为详细分析各年份各影响因素的关键程度, 根据熵权法运算步骤, 对 2014—2018 年东北三省现代农业建设

情况的原始数据进行相关处理, 计算出 5 年间各指标权重(表 2)。

从 2014—2018 年东北三省农业现代化发展水平评价指标权重可知, 准则层影响权重顺序虽稍有变动, 但总体排序基本保持不变。

2014—2018 年间, 除了 2017 年农业资金水平的

影响力暂时反超农业劳动力水平的权重, 准则层指标排序基本保持着: $X_5 > X_1 > X_2 > X_4 > X_6 > X_3$ 。为考

察现代农业的制约因素与发展动力, 接下来将对各个指标进行详细陈述。

表 2 2014—2018 年东北三省农业现代化发展水平评价指标权重

Tab. 2 2014—2018 evaluation index weights for the development level of agricultural modernization in Northeast China

准则层	指标层	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年
X_1	X_{11}	0.013 647	0.014 535	0.005 791	0.006 046	0.004 228
	X_{12}	0.107 726	0.121 179	0.127 813	0.117 285	0.111 836
	X_{13}	0.020 467	0.024 195	0.026 238	0.025 745	0.025 285
	X_{14}	0.022 407	0.028 241	0.028 171	0.030 485	0.033 640
	X_{15}	0.067 827	0.077 226	0.088 113	0.086 558	0.085 668
X_2	X_{21}	0.001 035	0.001 314	0.003 105	0.001 319	0.001 464
	X_{22}	0.001 886	0.003 250	0.003 157	0.003 957	0.002 659
	X_{23}	0.170 821	0.046 578	0.030 843	0.014 090	0.025 087
	X_{24}	0.000 000	0.000 109	0.000 155	0.000 192	0.000 132
X_3	X_{31}	0.004 682	0.004 328	0.006 134	0.001 712	0.000 288
	X_{32}	0.006 977	0.012 412	0.012 167	0.014 610	0.015 999
	X_{33}	0.004 578	0.004 183	0.003 260	0.004 903	0.007 781
X_4	X_{41}	0.017 044	0.021 952	0.028 557	0.036 134	0.031 770
	X_{42}	0.028 383	0.035 551	0.035 166	0.043 777	0.049 525
	X_{43}	0.003 619	0.003 482	0.005 268	0.005 272	0.001 888
	X_{44}	0.055 914	0.057 986	0.055 937	0.055 538	0.059 671
X_5	X_{51}	0.000 814	0.000 871	0.000 892	0.000 848	0.001 006
	X_{52}	0.095 023	0.116 343	0.112 579	0.113 558	0.128 581
	X_{53}	0.059 222	0.074 458	0.087 333	0.086 273	0.081 153
	X_{54}	0.009 253	0.005 255	0.007 398	0.008 251	0.008 272
	X_{55}	0.001 073	0.002 093	0.000 625	0.000 924	0.000 537
	X_{56}	0.006 543	0.006 174	0.008 703	0.009 630	0.011 083
	X_{57}	0.219 937	0.246 059	0.230 891	0.229 990	0.228 978
X_6	X_{61}	0.049 788	0.058 074	0.059 259	0.062 505	0.057 440
	X_{62}	0.000 500	0.000 589	0.000 626	0.000 626	0.000 491
	X_{63}	0.030 737	0.033 563	0.031 823	0.028 761	0.025 538

从各指标权重对比可知, 影响作用最强的农业结构水平这个准则层中, 渔业产值占农业总产值比重 X_{57} 与经济作物占总播种面积比重 X_{52} 这两个评价指标在所有影响因素中权重始终比较大, 年均权重分别为 0.231 171、0.113 217, 影响力排名分别为第一和第四。在农业技术水平这一准则层中, 单位播种面积塑料农膜使用量 X_{12} 、农田有效灌溉面积 X_{15} 这两个指标的影响力最强, 在所有评价指标中, 影响权重保持着第三和第五的次序。此外, 评价指标影响力排名第二的农林牧渔业从业人员平均工资增幅 X_{23} 也是农业现代化建设的重要影响因素。因此, 应更加关注渔业发展、农民增收渠道探索、塑料农膜合理使用、经济作物播种面积调整、农田有效灌溉率提升, 进而推动现代农业建设。

从权重年际变化可知, 东北三省农业现代化评价指标权重变动可大致分为波动上升、波动中保持平稳、波动下降三种趋势。其中, 随着农业科学技术的推广普及和农业政策性金融支持力度的加强, 单位播种面

积农业机械动力 X_{11} 等 11 个指标权重均呈现波动上升态势。同时, 一些指标权重处于停摆状。波动中保持平稳的指标不仅包括单位播种面积塑料农膜使用量 X_{12} 、化肥使用量 X_{13} 等约束型指标, 而且包括人均粮食产量 X_{44} 、渔业产值占农业总产值比重 X_{57} 等效益型指标。此外, 还有部分指标权重呈现波动下降趋势。农林牧渔业从业人员平均工资增幅 X_{23} 、农民生产经营费用支出 X_{31} 、粮食作物单位面积产量 X_{43} 、水土流失治理面积 X_{63} 等指标影响力均呈现波动下滑。据此, 应该更加注重影响程度不断提高指标的发展水平, 挖掘影响力停滞甚至下降的正向指标的发展潜力, 以此提高现代农业建设的工作成效。

综上所述, 2014—2018 年间经济作物占总播种面积比重、农田有效灌溉面积这两个指标权重始终位列这 26 个指标的前五位, 而且影响程度在波动中上升。因此, 在现代农业建设中, 扩大经济作物播种规模、增加农田有效灌溉面积是农业现代化发展水平提升的两

大有效途径。

3.2 评价结果分析

3.2.1 总体水平的时空维度评价

本部分根据 2014—2018 年东北三省农业现代化发展水平相关数据的归一化处理结果,筛选出各个年份这 26 个评价指标的正理想值与负理想值。随后,结合归一化处理后的数据、正负理想值、各指标在各个年份所占的权重这三部分,利用欧氏距离计

算公式,计算出三个省份在各个年份农业现代化发展水平逼近正理想值的程度与逼近负理想值的程度。最后,根据贴进度计算公式,计算出辽宁省、吉林省、黑龙江省 2014—2018 年农业现代化发展水平的评价得分(表 3)。为详细分析东北三省农业现代化发展水平的时空演化情况,接下来,将结合运算结果,分别从时序维度与空间维度对东北三省农业现代化发展水平展开系统论述。

表 3 2014—2018 年东北三省农业现代化发展水平的欧氏距离与评价得分

		黑龙江	吉林	辽宁
2014	d^+	0.450 79	0.447 51	0.321 35
	d^-	0.324 87	0.264 70	0.456 79
	T_i	0.418 83	0.371 65	0.587 02
2015	d^+	0.474 08	0.474 57	0.186 89
	d^-	0.195 07	0.125 52	0.489 59
	T_i	0.291 52	0.209 17	0.723 73
2016	d^+	0.446 80	0.444 64	0.195 01
	d^-	0.203 97	0.144 40	0.457 35
	T_i	0.313 43	0.245 15	0.701 07
2017	d^+	0.439 76	0.440 44	0.196 94
	d^-	0.212 36	0.142 66	0.453 12
	T_i	0.325 64	0.244 66	0.697 05
2018	d^+	0.454 18	0.448 78	0.206 35
	d^-	0.214 63	0.128 39	0.458 36
	T_i	0.320 92	0.222 45	0.689 56
5 年均值		0.334 07	0.258 62	0.679 69
均值排名		2	3	1

1) 时序维度分析。2014—2018 年黑吉辽三省评价得分的变化态势各不相同。2014—2018 年黑龙江省农业现代化的评价得分呈现波动上升趋势,并且 5 年均值保持在 0.334 07。其中,2014—2015 年黑龙江农业现代化水平由于农民工工资涨幅下降、农业从业人员数量的下滑等因素的综合作用,评价得分下降了 30.29%。2016—2018 年,由于农田有效灌溉面积扩大、农民工工资上升、农民工工资增幅提升、农林水事务财政支出增加等良好发展势头,黑龙江现代农业建设水平稳步提升。而辽宁省在 2015 年现代农业建设率先发力,全面提高农业资金保障水平,大幅提升涉农贷款、农业财政支出,使其评价得分增长 23 个百分点。但 2015 年以后,辽宁省由于农业生产结构调整缓慢,使得现代农业评价得分逐年小幅下降。吉林省在 2014—2018 年间,除了 2016 年农业基础设施技术水平上升促使农业现代化水平评价得分出现 17.20% 的增长,其余年份均呈现下降趋势。

2) 空间维度分析。依据 T_i 值大小,采用聚类分析

法,参考学者们的分类标准^[18-19],将东北三省农业现代化发展水平依次分为高水平($T_i > 0.6$)、中等水平($0.3 \leq T_i \leq 0.6$)和低水平($T_i < 0.3$)3 个等级。

从东北三省农业现代化发展水平评价得分的变化情况可知,2014—2018 年东北三省评价值均高于 0.2,意味着三个省份的现代农业建设有一定的基础。但三个省份的评价层级各不相同。其中,吉林省评价值由中等水平下降至低水平,并且绝对值始终排名最后。2015 年吉林省评价值出现下跌,发展水平下降至低水平层级。虽然 2015 年后评价值有小幅回升,但始终位于 0.3 以下。而辽宁省 2015 年晋升至更高层级,并且 2015—2018 年持续保持着高水平。2015 年辽宁省农业现代化水平由中等水平跃至高水平后,评价值变动逐渐趋缓,数值在 0.679 69 附近小幅波动。黑龙江省除了 2015 年评价值下降至 0.3 以下,归入低水平阶段,其余年份均高于 0.3,维持在中等水平。通过三个省份评价值对比可知,虽然黑龙江省与吉林省耕地保有量、人均粮食产量、粮食作物单位面积产量始终高于

辽宁省,但需要注意的是,该评价结果与农业省份核算结果有所不同,其主要原因为该评价体系运用熵权 TOPSIS 模型考察了农业现代化发展水平的诸多指标,考察的方面也更加细致,因此考察结果与农业产区排名有所差异。

3.2.2 内部结构的时空维度评价

东北三省农业技术水平均呈现上升趋势,2014—2018 年黑龙江、吉林、辽宁农业技术水平累计增长幅度分别为 42.35%、33.45%、22.15%。而东北三省劳动力资源保障水平与资金支持水平处于相对平稳状态,变化并不显著。伴随农业技术水平的大幅上升,三个省份的农业产出水平也提质增效。辽宁省产出水平在三个省份中的增长幅度最大,5 年间累计增长 54.62%,其次为黑龙江省产出水平增幅,累计涨幅为 46.67%,而吉林省增长幅度最小,累计增长 14.24%。在技术、劳动力、资金这三个增长要素中,生产技术的提升是现阶段农业现代化发展的关键增长点。此外,三个省份农业生产结构水平与农业可持续发展水平均呈现小幅提升。

1) 农业技术水平。农业机械化水平的提升是转变农业发展方式、提高农村生产力的重要基础^[20]。随着技术在各个产业发展中贡献度提升,农业生产对技术的依赖性也不断增强,农业技术逐渐成为农业现代化水平提升的战略要素。在农业部门,同时实现可持续性、盈利能力和生产率,就需要开发和利用从农业研究获得的适当技术^[21]。当前,东北三省农业技术研发与推广水平既有相像的地方,也存在地域差异。近年来,黑吉辽三省植保无人机、机引农具、节水灌溉机械等机械设备拥有量与使用频率持续提升,东北三省年均农机动力均保持在 5 kW/hm^2 左右。虽然东北三省的单位面积机械动力基本一致,但其每公顷塑料农膜、化肥、农药使用量这三个约束性指标的数值差距却较大。其中,黑龙江省与吉林省化肥、农药减量增效工作成效显著优于辽宁省,辽宁省塑料农膜使用量也明显多于其他两省。可见,辽宁省节肥节药技术需要继续推广使用,农膜资源使用量亟待消减。此外,东北三省农田有效灌溉面积也各不相同,这不仅源于农业耕种面积的资源禀赋差异,还取决于水利设施和节水技术的推广普及。黑龙江省节排水技术的推广普及以及激光平地机械的使用,使得农业生产中水资源利用率大幅提升,加之其耕地资源禀赋优势,造成其农田灌溉面积是其他两省灌溉面积的三倍以上。

2) 农业劳动力水平。工业化、城镇化、农业从业人员薪酬水平、社会保障水平等要素的综合作用使得大量弱质劳动力沉积农村,造成农业劳动力资源的数

量结构和年龄结构与工业、服务业部门相比存在明显劣势。大多数弱质劳动力必须留在农业中,造成人均生活水平增长有限^[22]。

在评价量表中,农业劳动力水平准则层的影响权重绝对值偏低,并且变化幅度较小。当前,东北三省农业从业人员工资水平以及生活水平基本趋同。但从业人员数量相差较大。其中,吉林省虽然人口基数与乡村人口规模均不及其他两省,但农业从业人员数量相对较多。这是由于吉林省劳动力素质偏低、转移困难、农民工权益保障体系不健全以及乡村劳务经济兴盛等原因,造成的大量劳动力留在农村。由此可见,农业从业人员尤其是高素质人力资源作为农业现代化发展的增长点,其供给水平有待优化。

3) 农业资金水平。评价量表中的农业资金水平从不同主体出发,测算了东北三省农业现代化发展中的资金保障状况。从农业从业人员自有资金角度来看,由于东北三省农民平均工资趋于一致,农民平均生产经营费用支出也趋同。2014—2018 年黑吉辽三省农民平均生产经营支出金额总体呈现逐年扩大趋势,并且支出金额量相仿,2018 年三省农民自有资金生产经营费用支出额均在 8 500 元左右。从三个省份农林水务财政支出规模对比可知,黑龙江省财政扶持力度明显高于辽宁省和吉林省。不仅如此,黑龙江农业贷款扶助农业发展的规模也较大。这得益于黑龙江省涉农资金的高度整合、统筹分配机制,以此来保证涉农资金高效分配和备案监管。鉴于当前农业资金保障作用对农业现代化发展的驱动能力较弱,东北三省应不断扩大资金保障规模,提升资金使用效益。

4) 农业产出水平。农业产出水平是区位、气候、技术、劳动、资金等多种要素有机结合的产物,是衡量农业现代化发展水平最重要的指标之一。东北三省农林牧渔产值相差较为悬殊,其中,黑龙江省产出规模最大,其次为辽宁省,而吉林省产出规模仅为辽宁省的一半。为衡量农业在地区生产总值中的贡献程度,考察了农林牧副渔产出规模在地区总产值中的比重。黑龙江省作为农业大省并非虚名,2018 年黑龙江农业产出在地区生产总值中占比高达 43.78%,农业总产值高达 5 624.29 亿元。吉林省作为农业现代化建设的“领头羊”,2018 年吉林农业产值占比为 19.41%。而辽宁省由于地区生产总值相对较为庞大,并且其发达的制造业与丰富的旅游资源创造了大部分社会财富,2018 年其农业产值占比仅为 15.99%。农林牧渔总产值能够反应地区农业产出规模,而粮食作物单位面积产量、人均粮食产量则反映了地区农业生产能力。辽宁省与吉林省粮食作物单位面积产量不分上下,近几年产量

始终保持在 $6\,000\text{ kg/hm}^2$ 以上,而黑龙江省粮食作物产量则在 $5\,000\text{ kg/hm}^2$ 左右徘徊。虽然黑龙江省单位面积产量偏低,但其凭借充沛的耕地资源,稳居人均粮食产量第一的位置。因此,现代农业的产出水平不仅要考察产出的绝对量,而且要考虑单位规模产出能力。

5) 农业结构水平。伴随技术革新与资源条件的变化,农业结构顺应经济结构变迁,不断调整。通过支持结构调整,提高农业竞争力^[23]。从东北三省种植业结构可知,由于产区分工与供需差异,辽宁省经济作物和其他作物播种面积的比重相对较高,占比持续保持在 16% 以上。而吉林省经济作物与其他作物占比适中,并且所占比重呈现逐年上升态势,2018 年占比达到 7.92%。

黑龙江省作为中国粮仓、农业霸主,其粮食作物播种面积占比高达 95%,而粮食以外的作物占比不及 5 个百分点。从东北三省农业生产结构可知,以大豆、甜菜、小麦、水稻等农产品种植为特色的黑龙江省种植业产值占比较高,2018 年占比达 64.63%。吉林省拥有德生牧业、新亿牧业、新方圆牧业、天成牧业等一批产业化企业以及畜牧业学校,支撑吉林省牧业的发展,因此其牧业占比较高。而辽宁省以海洋产业闻名,其海洋捕捞、海水养殖业具有明显发展优势,因此辽宁省渔业产值占明显高于其他两省。虽然三个省份各展所长,发展优势产业,但东北三省的农业结构调整幅度都不明显,结构均处于较为牢固的状态,使得供需间矛盾逐渐突显。

6) 农业可持续发展水平。农业可持续发展水平反应了地区响应顶层设计号召,施行生态保护修复工作的成果。评价量表中的农业可持续发展水平选取了耕地保有量、森林覆盖率、水土流失治理面积三个指标,衡量了东北三省农业生态环境保护的能力。通过东北三省耕地保有量对比可知,黑龙江省耕地占有量位于全国第一,明显高于辽宁省与吉林省。三个省份虽然行政区划面积与耕地保有量各不相同,但森林覆盖率基本一致,均保持在 40% 左右。而水土流失治理面积作为农业生态治理能力的衡量指标,三个省份间存在的差距悬殊。

辽宁省水土治理面积最大并且保持着缓慢增长态势,2018 年治理面积达 $5\,394.54\text{ km}^2$ 。黑龙江省水土流失治理面积虽然不及辽宁省,但在三个省份增长速度最快,2014—2018 年累计增长 32.01%。吉林省水土治理面积较小并且增长较慢,2018 年仅达 $2\,385.81\text{ km}^2$ 。在现代农业建设中,不仅要关注农业投入与产出,还需要关注农业生态可持续发展水平,做好农业生态修复工作^[24]。

4 东北三省农业现代化发展对策

4.1 提高农业技术水平

在农业初级要素市场中,为减缓劳动力、资金等稀缺要素对农产品相对价格的影响,提高农业技术水平是关键路径。东北三省提高农业技术水平应从政府、农业经营主体、研发机构这三个角色出发。首先,政府应从政策与财政两方面,推进农业技术创新与普及。颁布现代农业建设的技术驱动政策,制定详细的单位耕地面积机械动力、塑料农膜使用量、化肥农药水资源使用量等技术标准。同时,细化地方农技部门的职责,促使其落实农业生产技术引导、培训、监管工作,从而促使农业生产机械动力增长、塑料薄膜高效利用、化肥农药减量、水资源利用率提高。政策的扶持应与资金保障相结合,才能更好发挥技术驱动战略的成效。政府应构建技术创新与普及的激励机制,根据研发人员科技成果的实用性、创新性、可推广性以及农技推广人员技术普及劳绩进行评估与奖励,从而促进农业技术研发与推广。其次,农业经营主体应提高农技知识学习意愿,并且积极参与学习过程,提升自身农技能力。其主要表现为基层组织及时释解政策条例与技术动向,激励经营主体主动参与农技部门技术培训,提升自身能力,提高农业生产的技术水平。第三,研发机构在农业技术研发过程中,应积极与农户进行对接,开展立项、研制、试验等环节的沟通与反馈,从而提高技术的实用性。同时,鼓励人工智能与农业栽培等领域的研发人员联合参与农业技术研发项目,加速智慧农业技术的集成。

4.2 保障农业资金供给

农业资金作为现代农业建设的支撑要素,其保障机制尚需优化。首先,明确农业直接补贴的资金比例。根据东北三省各地区情况,测算良种补贴、技术补贴、保费补贴规模,实现高效配置补贴资金,提高现代农业资金水平,扩大资金保障的深度与密度。其次,加强审查、备案、监管等系列工作,切实提高资金利用水平。在对涉农项目进行实时性的审核以及资金审批工作时,涉农扶贫资金主管部门应该提高效率,修正资金拨发以及项目审批的滞后状况。同时,在结算以及使用方面都要有部门进行审查,全方位跟踪项目,以避免虚假项目。此外,要对所有的涉农扶贫资金的拨发以及项目进行备案,各个备案要极尽详细,从项目名称到资金流向每一个流程都要记录在案,以保证日后的审核以及监督工作能够良好进行。第三,积极探索配套的信贷保险品种,转移农业投资风险,促使商业性金融加大对农业的扶持力度。同时,还需完善农业贷款的抵

押机制,落实农户物权登记,颁发土地权、房屋权等资产的物权证书,从而拓宽担保物范围,使农户有资格进行商业信贷。此外,针对不可抗力因素,商业性金融机构应通过临时贷款贴息、偿还期限适当延长等具体措施,保障农业经营所需资金。第四,引导农户进行自有资金的积累。由于积累与支出存在密不可分的关系,应该教育和引导农户形成适度消费、勤俭节约、注重积累、自力更生等消费观与金钱观,为农业经营积累资金。

4.3 调整农业生产结构

首先,需要增强农业生产和市场的联动机制。农业部门应及时分析、公布市场行情与走势,为农业生产布局提供科学指引,引导农户优化农业生产结构。其次,农业机械化水平上升推动粮食产量提高,降低粮食作物对耕地的需求,从而扩大经济作物的种植面积,使得农业结构调整成为可能。第三,建设高标准农田,优化耕地资源配置,提高耕地使用效率,推动农业结构调整。搭建资金整合媒介,按照市级、区级、县级不同标准配置高标准农田的建设资金。还需要加强项目监管工作,实行“谁收益,谁负责”的责任追溯机制,从而保障高标准农田的合理利用,推进优质高效的农业生产,促进农业结构调整。第四,渔业对农业总产值贡献度的提升要求东北三省加快渔业产业化建设步伐。培育并扶持渔业企业,延长产业链条,实现水产品精深加工,扩大对渔业资源需求,从而实现渔民生产与消费市场有机衔接。此外,东北三省应结合自身优势,把握好渔业发展重点。其中,黑龙江与吉林省应大力发展水库渔业,而辽宁省则以海洋捕捞业、海水养殖业为渔业发展的主要方向。

4.4 加强农业生态保护

农业生态环境优化应推进政策指引、职责细化、监管完善这三个方面的工作,实现农业生产与生态环境的和谐发展。首先,完善激励机制与控制机制。激励机制可以通过政府颁布农业生态保护标准、地方财政设立农田补助基金,加强农业生态保护。针对基本农田、污染区、退耕区,制定不同的保护政策。此外,基本农田应按照年度资金下达的模式进行生态补助,而污染区、退耕区则需要探索季节性或者年度性休耕方式,以此推动农田生态修复工作。同时,需要配合命令控制型条例,降低经营主体对农业资源的浪费与破坏。其次,多部门协同分工,开展农业生态治理工作。农业农村部门从项目审批、推进、资金拨付、技术投入等前端环节入手,提高农业资源的利用效率。而生态环境部门则需要通过过程监督,保证农业生态环境始终处于可控状态。第三,根据地区农业生产状况设立不同

等级的农业环境监测站,并且合理规划监测人员责任范围,落实职责分工,实现实时监测农业生态环境质量。

5 结论

文章以高度重视现代农业建设的东北三省为研究区域,构建了农业现代化发展水平评价指标体系,采用熵权法与 TOPSIS 法相结合的测评方法,对 2014—2018 年东北三省农业现代化发展水平的演化状况进行评价。随后,基于时空维度,对评价结果进行系统分析,得出以下结论。

1) 2014—2018 年间东北三省农业技术的创新与推广是现代农业建设的一大增长点,农业结构的调节能力对现代农业发展的促进作用也比较明显。而农业资金水平与农业可持续发展水平这两个准则层的权重相对较弱。因此,资金保障能力、农业生态修复能力的进步空间还很大。

2) 2014—2018 年间东北三省现代农业建设水平呈现稳中向好,具体表现为农业技术对现代农业建设的贡献率持续提升、农业产出规模逐步增长、农业产业结构小幅调整以及农业生态环境修复能力稳步增强。但三个省份现代农业发展水平的时空分异较为明显。从时序维度来看,黑龙江省发展势头相对较佳,呈现小幅波动上升态势;吉林省发展水平总体趋于平稳,但呈现出下降势头;而辽宁省发展趋势相对较差,总体呈现波动下降的情况。从空间维度出发,三个省份空间分异状况显著,辽宁省在三个省份中发展水平始终较高,5 年均值保持在 0.679 69;黑龙江省紧随其后,但与辽宁省差距较大,5 年评价得分的均值为 0.334 07;吉林省稍逊于黑龙江省,发展水平的 5 年均值得分为 0.258 62,在三省中相对较弱。

3) 鉴于指标权重与评价得分的具体变化情况,东北三省应从提高农业技术水平、保障农业资金供给、调整农业生产结构、加强农业生态保护这四个举措入手,发挥农业技术的推动作用,弥补资源要素的劣势与能力方面的不足,缩小区域间发展差距,提升东北三省农业竞争力,促成乡村振兴目标。

参 考 文 献

- [1] 刘世薇,张平宇,宋凤斌,等. 黑龙江垦区农业现代化水平评价[J]. 地理科学, 2018, 38(7): 1051—1060.
Liu Shiwei, Zhang Pingyu, Song Fengbin, et al. Measuring the agricultural modernization level of Heilongjiang reclamation areas in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(7): 1051—1060.
- [2] 杨建辉. 农业现代化对农业可持续发展的影响及空间演化

- 研究[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(8): 229—236.
- Yang Jianhui. Study of the impact of agricultural modernization on the sustainable development of agriculture and its spatial difference [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2020, 41(8): 229—236.
- [3] 孙国军. 绿洲农业生产条件现代化与农村经济发展灰色关联分析——以甘肃省张掖市为例[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(5): 316—319, 336.
- Sun Guojun. Grey correlation analysis between oasis agricultural production condition modernization and rural economic development in Zhangye [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2014, 35(5): 316—319, 336.
- [4] 鲁春阳, 文枫, 张宏敏, 等. 基于改进 TOPSIS 法的河南省农业现代化发展水平评价[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(1): 92—97.
- Lu Chunyang, Wen Feng, Zhang Hongmin, et al. Evaluation on agricultural modernization level based on the improved TOPSIS method in Henan Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(1): 92—97.
- [5] 马子量. 甘肃省农业现代化水平综合评价及划分研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017, 38(11): 207—212.
- Ma Ziliang. Comprehensive evaluation and classification study of agricultural modernization level in Gansu Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2017, 38(11): 207—212.
- [6] 陈强强, 孙小花, 吕剑平, 等. 甘肃省农业现代化水平测度及制约因子研究[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(3): 369—377.
- Chen Qiangqiang, Sun Xiaohua, Lü Jianping, et al. Measurement of agricultural modernization level and diagnosis of restrictive factors in Gansu Province [J]. Research of Agricultural Modernization, 2018, 39(3): 369—377.
- [7] 姚成胜, 胡宇, 黄琳. 粮食主产区农业现代化水平评价及其空间非均衡性演变[J]. 农业现代化研究, 2020, 41(1): 34—44.
- Yao Chengsheng, Hu Yu, Huang Lin. The evaluation of the agricultural modernization level in major grain producing areas and its spatial non-equilibrium evolution [J]. Research of Agricultural Modernization, 2020, 41(1): 34—44.
- [8] 杨阿维, 贾利乐. 基于乡村振兴视阈下的西藏农业现代化实证研究[J]. 西藏大学学报(社会科学版), 2019, 34(4): 147—154.
- Yang Awei, Jia Lile. An empirical study on Tibet's agricultural modernization from the perspective of rural revitalization [J]. Journal of Tibet University, 2019, 34(4): 147—154.
- [9] 夏四友, 文琦, 赵媛, 等. 榆林市农业现代化发展水平与效率的时空演变[J]. 经济地理, 2017, 37(10): 173—180.
- Xia Siyou, Wen Qi, Zhao Yuan, et al. Space-time evolution analysis of the agricultural modernization development of Yulin City [J]. Economic Geography, 2017, 37(10): 173—180.
- [10] 陈江涛, 张巧惠, 吕建秋. 中国省域农业现代化水平评价及其影响因素的空间计量分析[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(2): 205—213.
- Chen Jiangtao, Zhang Qiaohui, Lü Jianqiu. Evaluation of agricultural modernization level in China's provinces and the analysis of influencing factors based on spatial econometrics [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2018, 39(2): 205—213.
- [11] 赵文英, 付仁玲, 何佳琪, 等. 我国各省农业现代化发展水平综合评价[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(12): 94—100.
- Zhao Wenying, Fu Renling, He Jiaqi, et al. Comprehensive evaluation on development level of agricultural modernization in every province of China [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2018, 39(12): 94—100.
- [12] 钟丽娜, 李松柏. 陕西省农业现代化发展水平综合评价[J]. 农业现代化研究, 2018, 39(1): 57—64.
- Zhong Lina, Li Songbai. Comprehensive evaluation on the level of agricultural modernization in Shaanxi Province [J]. Research of Agricultural Modernization, 2018, 39(1): 57—64.
- [13] 曾梦玲, 周芳. 湖北农垦农业现代化水平及其制约因素研究[J]. 农业现代化研究, 2019, 40(1): 72—80.
- Zeng Mengling, Zhou Fang. The development level and restrictive factors of agricultural modernization of state farms in Hubei Province [J]. Research of Agricultural Modernization, 2019, 40(1): 72—80.
- [14] 崔春生, 朱向琳, 任亚丹, 等. 基于犹豫模糊多属性决策方法的农业现代化水平评价研究[J]. 管理评论, 2019, 31(11): 195—201.
- Cui Chunsheng, Zhu Xianglin, Ren Yadan, et al. Study on the evaluation of agricultural modernization level based on the method of hesitant fuzzy multi-attribute decision making [J]. Management Review, 2019, 31(11): 195—201.
- [15] 刘利, 王桂霞, 谢浩. 吉林省农业现代化发展水平评价[J]. 中国农机化学报, 2018, 39(1): 107—110, 115.
- Liu Li, Wang Guixia, Xie Hao. Analysis on the evaluation and result of agricultural modernization in Jilin Province [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2018, 39(1): 107—110, 115.
- [16] Ezhilarasan N, Vijayalakshmi C. Optimization of Fuzzy programming with TOPSIS Algorithm [J]. Procedia Computer Science, 2020, 172: 473—479.
- [17] Joshi D, Kumar S. Intuitionistic fuzzy entropy and distance measure based TOPSIS method for multi-criteria decision making [J]. Egyptian Informatics Journal, 2014, 15(2): 97—104.
- [18] Gavioli A, Souza E G, Bazzi C L, et al. Identification of management zones in precision agriculture: An evaluation of alternative cluster analysis methods [J]. Biosystems

- Engineering, 2019, 181: 86—102.
- [19] 白福臣, 周景楠. 广东省各地区农业现代化发展水平评价研究——基于因子分析法与聚类分析[J]. 广东农业科学, 2015, 42(16): 148—154.
- Bai Fuchen, Zhou Jingnan. Evaluation of development level of agricultural modernization in Guangdong province—Base on factor analysis and cluster analysis [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2015, 42(16): 148—154.
- [20] 赵润, 石研研, 金雪婷, 等. 江苏农业机械化转型升级对策研究[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(8): 217—222.
- Zhao Run, ShiYanyan, Jin Xueting, et al. Study on transformation and upgrading of agricultural mechanization in Jiangsu Province [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2020, 41(8): 217—222.
- [21] Sarcheshmeh E E, Bijani M, Sadighi H. Adoption behavior towards the use of nuclear technology in agriculture: A causal analysis [J]. Technology in Society, 2018, 55: 175—182.
- [22] Yang D T, Zhu X. Modernization of agriculture and long-term growth [J]. Journal of Monetary Economics, 2013, 60(3): 367—382.
- [23] Monsalve F, Zafrilla J E, Cadarso M A. Where have all the funds gone? Multiregional input-output analysis of the European agricultural fund for rural development [J]. Ecological Economics, 2016, 129: 62—71.
- [24] Kanter D R, Musumba M, Wood S L R, et al. Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development [J]. Agricultural Systems, 2018, 168: 73—88.

Research on the evaluation of the agricultural modernization level in northeast China based on the space-time dimensions

Xu Xiaodong, Liu Jinjing

(School of Management, Dalian Polytechnic University, Dalian, 116034, China)

Abstract: Agricultural modernization is a key part of the coordinated development of the “five modernizations”. The improvement of its level is conducive to complementing the shortcomings in the evolution of modernization and promoting a unified development pace. In order to analyze the development status of regional agricultural modernization in-depth, the article builds the evaluation index system of agricultural modernization development level. Using the entropy weight TOPSIS method, the modern agricultural construction level of Heilongjiang, Jilin and Liaoning is estimated from 2014 to 2018, and its dynamic factors and characteristics of spatial and temporal evolution are explored. The research results show that: Among the evaluation indicators, the weight of economic crops in the total sown area and the effective irrigation area of farmland have greater weight and increased fluctuation in impact; in the evaluation score, the level of agricultural modernization in Liaoning Province is significantly better than the other two Province, the development level is relatively high, while Heilongjiang Province is closely followed, and the development level of Jilin Province is relatively weak. Combining the evaluation index weights and the evaluation results of Northeast China, the countermeasures for modern agricultural construction, such as improving the level of agricultural technology, ensuring the supply of agricultural funds, adjusting the structure of agricultural production, and strengthening agricultural ecological protection, are proposed. Research can provide a scientific basis for building modern agriculture, enhancing agricultural carrying capacity, and promoting rural revitalization.

Keywords: space-time dimensions; northeast China; entropy TOPSIS method; agricultural modernization; evaluation index system; dynamic factors