

## “粮食产业新质生产力发展及其供应链建设” 专栏文章之三

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2024.06.003

韩光鹤, 潘鑫, 张欣, 等. 粮食供应链韧性影响因素及提升策略研究[J]. 粮油食品科技, 2024, 32(6): 19-27.

HAN G H, PAN X, ZHANG X, et al. Research on the influencing factors and promotion strategies of food supply chain resilience[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2024, 32(6): 19-27.

# 粮食供应链韧性影响因素 及提升策略研究

韩光鹤<sup>1</sup>, 潘鑫<sup>1</sup>, 张欣<sup>1</sup>, 孙伟仁<sup>2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学 经济管理学院, 黑龙江 大庆 163319;

2. 大庆师范学院 经济管理学院, 黑龙江 大庆 163319)

**摘要:** 粮食供应链韧性关乎粮食安全, 探究粮食供应链韧性的影响因素具有现实意义。基于文献研究法和专家访谈法, 从预测能力、抵抗能力、恢复能力、成长能力 4 个维度确定影响粮食供应链韧性的 20 个重要因素, 构建 DEMATEL-ISM 综合模型并绘制 ISM 层级结构图。在探究各因素对粮食供应链韧性的重要程度和影响力大小的基础上, 识别其关键影响因素, 并利用 ISM 将各因素划分层级, 明晰各要素之间的相互作用关系。结果表明: 政策支持、政策与市场变动、信息共享能力、数字技术应用与创新 4 个因素是粮食供应链韧性的关键影响因素, 也是最深层的根本因素。预测能力和成长能力会对粮食供应链韧性的抵抗能力和恢复能力产生影响, 是韧性能力的基础, 对粮食供应链韧性起直接作用。该研究结论为我国粮食供应链韧性提升提供了针对性建议。

**关键词:** 粮食供应链; 韧性; 粮食安全; DEMATEL-ISM 模型

中图分类号: TS201.1; F323 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2024)06-0019-09

网络首发时间: 2024-11-06 17:05:10

网络首发地址: <https://link.cnki.net/urlid/11.3863.TS.20241106.1417.002>

## Research on the Influencing Factors and Promotion Strategies of Food Supply Chain Resilience

HAN Guang-he<sup>1</sup>, PAN Xin<sup>1</sup>, ZHANG Xin<sup>1</sup>, SUN Wei-ren<sup>2</sup>

(1. College of Economics and Management, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319, China; 2. College of Economics and Management, Daqing Normal University, Daqing, Heilongjiang 163319, China)

**Abstract:** The resilience of food supply chain is related to food security. It is of practical significance to explore the influencing factors of the resilience of food supply chain. Based on the literature research method and expert interview method, 20 important factors affecting the resilience of food supply chain were

收稿日期: 2024-04-23

基金项目: 国家社会科学基金 (23BJY195)

Supported by: National Social Science Foundation of China (No. 23BJY195)

第一作者: 韩光鹤, 男, 1976 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为农业经济管理、企业战略管理等, E-mail: [hanguanghe1006@163.com](mailto:hanguanghe1006@163.com).

本专栏及作者介绍详见 PC8-10

identified from four dimensions, including prediction ability, resistance ability, recovery ability and growth ability. The comprehensive DEMATEL-ISM model was constructed and the ISM hierarchical structure diagram is drawn. On the basis of exploring the importance and influence of each factor on the resilience of food supply chain, the key influencing factors were identified, and the ISM was used to divide each factor into levels and clarify the interaction between each factor. The results showed that the four factors of policy support, policy and market changes, information sharing ability, digital technology application and innovation were the key influencing factors of food supply chain resilience, and they were also the deepest fundamental factors. Predictive capability and growth capability affect the resistance and recovery capabilities of the grain supply chain resilience, and serve as the foundation of resilience capability, directly influencing the resilience of the grain supply chain. Based on the research conclusions, targeted suggestions are provided for enhancing the resilience of China's grain supply chain.

**Key words:** food supply chain; resilience; food security; DEMATEL-ISM model

党的二十大报告强调,“要全方位夯实粮食安全根基,确保粮食、能源资源、重要产业链供应链安全”。确保粮食供应链的稳定是保障国家粮食安全的关键因素之一,近年来地缘政治冲突、自然灾害、战争、疫情、贸易冲突等因素对粮食供应链的韧性和稳定性造成了严重影响。加之我国面临的农业基础设施滞后、种业不强、部分粮食进口结构不优等问题,进一步加大了粮食供应链的风险,对国家粮食安全产生一定影响。因此,探究粮食供应链韧性的影响因素,有助于发现粮食供应链中潜在的瓶颈和脆弱环节,从而更好地预测和应对可能出现的风险和问题。并基于此,采取有效的措施来提高粮食供应链韧性,进一步保障国家粮食安全。

国内外学者针对供应链韧性的影响因素进行了相关研究,研究分析的影响因素主要集中在供应链面临的外部政治经济环境、供应链内部各环节业务能力和韧性能力与属性特征等方面。首先是在供应链面临的外部政治经济环境方面,供应链发展态势及韧性提升受到国内外经济社会发展的复杂形势的影响。增强国际国内双循环有利于我国供应链韧性建设的提升<sup>[1]</sup>。数字时代催生了供应链数字化发展,数字科技平台对于构筑供应链韧性新优势具有不可替代的关键作用<sup>[2]</sup>。Janina 等<sup>[3]</sup>和 Ioannis 等<sup>[4]</sup>分别从区块链技术角度和大数据分析视角探究了敏捷性、协作性和供应链再造对供应链韧性的影响,提出利用供应链主体间的

协作能力和供应链平台的运营能力,可以有效强化供应链韧性<sup>[5-6]</sup>。陶亚萍认为,我国粮食供应链韧性的创新途径应在基础维稳、技术融合、金融支持、安全屏障等层面上取得<sup>[7]</sup>。其次是在供应链内部各环节业务能力方面,供应链各环节相互影响,需要不断进行动态管理<sup>[8-9]</sup>。信息的共享与交换作为供应链协同创新的基石,对提高整个供应链韧性具有重要影响<sup>[10-12]</sup>。优化流通价值链、完善配套服务等措施,能够增强农产品供应链的韧性<sup>[13]</sup>。最后是在韧性能力与属性特征方面,吸收、适应以及恢复能力被定为供应链韧性的衡量指标<sup>[14]</sup>。在此基础上,汽车企业供应链韧性的影响因素得到了深入研究,具体涵盖了预测、适应、反应、恢复、学习 5 个能力维度<sup>[15]</sup>。同时,供应链韧性的 3 个前因变量,即可见性、响应性和灵活性<sup>[16]</sup>,会对供应链韧性管理产生影响。通过系统地探究,发现供应链灵活性、敏捷性、重塑性、可视性以及供应链合作对供应链韧性具有显著影响<sup>[17]</sup>。尤其是鲁棒性和适应性在供应链韧性的众多影响因素中处于关键地位<sup>[18-19]</sup>。

综上,关于供应链韧性的研究大多集中于工业制造业,较少关注易受到自然天气影响、地缘政治威胁等的粮食供应链韧性。目前直接研究粮食供应链韧性的文献较少,且均侧重于机制理论和宏观政策的定性研究,缺乏对粮食供应链韧性影响因素的研究。粮食供应链韧性是由众多影响因素共同决定的,采用决策实验与评价实验室法<sup>[20]</sup>

(DEMATEL) 和解释结构模型<sup>[21]</sup> (ISM) 相结合的方法, 对探究影响因素之间的系统性和层次性具有较好效果。因此, 本文以粮食供应链韧性为研究对象, 基于文献研究、专家访谈识别出粮食供应链韧性的影响因素, 通过构建 DEMATEL-ISM 模型量化各因素的重要程度, 将各因素间的作用逻辑可视化, 并提出强化粮食供应链韧性的实践建议, 保障粮食供应链稳定运作。

## 1 粮食供应链韧性影响因素识别及模型构建

### 1.1 因素识别

在中国知网检索主题“粮食供应链韧性”, 发现相关研究主要集中于国家宏观政策解读层面。鉴于粮食供应链韧性相关研究处于起步阶段, 尤其对于粮食供应链韧性的影响因素分析, 并没有展开系统的讨论。本文在学者 Chang<sup>[22]</sup>和王娟娟<sup>[23]</sup>构建的粮食供应链韧性体系基础上, 从风险管理和韧性能力两个视角, 梳理了粮食供应链韧性的影响因素。主要通过中外文数据库检索“粮食供应链”“农产品供应链”“韧性”及“grain supply chain”“food supply chain”“agricultural product

supply chain”“resilience”等关键词, 以及从粮食供应链的内部核心环节、供应链节点衔接、供应链外围环境角度识别关键风险点并对应分析风险抵抗能力, 整理出粮食供应链韧性的影响因素。此外, 为保证因素的合理性和准确性, 本研究邀请了相关专家对初步识别的因素进行修订, 最终得到粮食供应链韧性影响因素指标体系。其中, 指标体系主要包括 4 个一级因素, 即预测能力、抵抗能力、恢复能力、成长能力, 以及 20 个二级因素, 如表 1 所示。

### 1.2 模型构建

#### 1.2.1 构建 DEMATEL 模型

确定直接影响矩阵。将已筛选出的粮食供应链韧性影响因素记为  $F_i(i=1,2,\dots,20)$ , 邀请 15 位从事粮食供应链相关研究的专家 (10 名来自各高校专家, 5 名为粮油企业高层管理者) 填写问卷, 采用 3 标度法 (其中 0、1、2、3 依次表示无、弱、中、强影响) 对因素间作用关系进行打分。回收汇总全部专家意见, 为有效消除个体的主观影响, 采用平均法综合 15 位专家的评分结果, 计算出各

表 1 粮食供应链韧性影响因素

Table 1 Influencing factors of food supply resilience

一级因素	编号	二级因素	解释说明
预测能力	F <sub>1</sub>	政策与市场变动	政府政策调整和市场波动带来的不确定性
	F <sub>2</sub>	需求变化	消费者需求的波动和结构的变化
	F <sub>3</sub>	粮食生产计划	科学规划粮食的种植结构、生产规模和布局
	F <sub>4</sub>	风险管理	对潜在风险的准确识别及有效应对策略的制定
	F <sub>5</sub>	供应链可见性	通过信息透明度实时监控供应链各环节的能力
	F <sub>6</sub>	风险预测能力	通过建立风险预测系统提前识别潜在风险的能力
抵抗能力	F <sub>7</sub>	自然因素	气候变化、极端天气、地理环境和自然灾害等带来的影响
	F <sub>8</sub>	供应商稳定性	与可靠供应商建立长期合作关系
	F <sub>9</sub>	应急保障能力	应对突发状况及时采取措施保障粮食供应的能力
	F <sub>10</sub>	粮食储备与调控	调整储备量以保持市场的稳定
恢复能力	F <sub>11</sub>	上下游之间的协作	上下游企业之间的长期合作关系及协同行动的速度
	F <sub>12</sub>	财务实力	拥有恢复和维持正常运营的财务资源能力
	F <sub>13</sub>	物流网络	确保粮食运输安全的高效物流网络
	F <sub>14</sub>	故障恢复速度	供应链某环节出现故障时恢复正常运行状态的速度
	F <sub>15</sub>	供应链结构	供应链结构的多样性和多元化
	F <sub>16</sub>	政府支持	政府提供的政策支持及基础设施建设
成长能力	F <sub>17</sub>	信息共享能力	供应链中各环节间的信息共享及相互学习的能力
	F <sub>18</sub>	信息更新速度	供应链各主体获取市场动态、政策变化等信息的速度
	F <sub>19</sub>	知识获取能力	供应链各主体快速学习新知识、掌握新技术的创新力
	F <sub>20</sub>	数字技术应用与创新	数据分析、区块链、人工智能等数字技术的应用及创新能力

均值  $\alpha_{ij}$ 。当均值  $\alpha_{ij} \in [0, 0.75)$  时,  $A_{ij}=0$ ; 当均值  $\alpha_{ij} \in [0.75, 1.5)$  时,  $A_{ij}=1$ ; 当均值  $\alpha_{ij} \in [1.5, 2.25)$  时,  $A_{ij}=2$ ; 当均值  $\alpha_{ij} \in [2.25, 3)$  时,  $A_{ij}=3$ 。得到初始直接影响矩阵  $A$ 。

计算规范化直接影响矩阵。采用最大值归一化的方式对初始直接影响矩阵中的数据进行处理, 即矩阵  $A$  中的每一个数值除以各行之和的最大值, 得到规范直接影响矩阵  $B$ 。

计算综合影响矩阵。综合影响矩阵  $T=B(I-B)^{-1}$ ,

其中,  $I$  为单位矩阵。综合影响矩阵  $T$  中第  $i$  行元素之和为  $F_i$  因素的影响度  $D_i$ ; 矩阵  $T$  中第  $j$  列元素之和为  $F_j$  因素的被影响度  $E_j$ 。中心度  $M_i$  是因素的影响度与被影响度之和, 反映各因素对系统的重要程度; 原因度  $R_i$  是因素的影响度与被影响度之差, 揭示各因素之间的影响力大小。原因度大于 0 代表该因素为原因因素; 反之, 代表该因素为结果因素, 其更多受其他因素的影响。计算得出相关指标如表 2 所示。

表 2 粮食供应链韧性影响因素的 DEMATEL 分析表

Table 2 DEMATEL analysis table of influencing factors of grain supply chain resilience

因素	影响度 D	被影响度 E	中心度 M	M 排名	原因度 R	因素属性
F <sub>1</sub>	5.969	3.668	9.637	16	2.301	原因因素
F <sub>2</sub>	5.149	3.947	9.096	19	1.203	原因因素
F <sub>3</sub>	4.961	5.588	10.549	14	-0.627	结果因素
F <sub>4</sub>	6.209	7.976	14.186	2	-1.767	结果因素
F <sub>5</sub>	6.197	6.887	13.084	6	-0.690	结果因素
F <sub>6</sub>	6.023	7.634	13.657	4	-1.611	结果因素
F <sub>7</sub>	5.419	0.000	5.419	20	5.419	原因因素
F <sub>8</sub>	5.723	6.726	12.449	12	-1.002	结果因素
F <sub>9</sub>	5.473	8.624	14.097	3	-3.151	结果因素
F <sub>10</sub>	5.432	6.806	12.237	13	-1.374	结果因素
F <sub>11</sub>	5.744	7.196	12.940	7	-1.452	结果因素
F <sub>12</sub>	5.318	3.934	9.252	18	1.385	原因因素
F <sub>13</sub>	6.210	6.667	12.877	9	-0.457	结果因素
F <sub>14</sub>	5.580	7.950	13.530	5	-2.370	结果因素
F <sub>15</sub>	6.858	7.380	14.238	1	-0.522	结果因素
F <sub>16</sub>	6.302	3.334	9.635	17	2.968	原因因素
F <sub>17</sub>	6.750	6.174	12.924	8	0.575	原因因素
F <sub>18</sub>	6.402	6.286	12.688	10	0.116	原因因素
F <sub>19</sub>	5.275	4.518	9.792	15	0.757	原因因素
F <sub>20</sub>	6.409	6.108	12.517	11	0.301	原因因素

### 1.2.2 构建 ISM 模型

确定整体影响矩阵。整体影响矩阵  $G(G=g_{ij})$  为综合影响矩阵  $T$  与  $n$  阶单位矩阵  $I$  之和。

计算可达矩阵。为简化并明确层级结构的划分, 需要引入阈值  $\lambda$ , 剔除整体影响矩阵  $G$  中影响因素关联较小的值。为了获得最佳的系统结构模型, 本文利用统计分布计算综合影响矩阵  $T$  的均值与方差之和来确定阈值  $\lambda (\lambda \in 0, 1)$ , 计算得出阈值  $\lambda=0.34$ 。当整体影响矩阵  $G$  中的元素大于 0.34 时, 则可达矩阵元素为 1, 反之为 0。其次,

自身到自身总是可达的, 即恒取  $k_{ii}=1$ 。计算得到可达矩阵  $K$ 。

划分层次结构。可达集  $R(F_i)$  是可达矩阵  $K$  中  $F_i$  所在行中所有得分为 1 的列因素的集合, 先行集  $Q(F_i)$  是可达矩阵  $K$  中  $F_i$  所在列中所有得分为 1 的行因素的集合。求二者的交集, 记为  $Z(F_i)$ , 将交集与可达集中相同的元素划分为同一层级, 将已分层的因素去除, 重复操作, 将全部因素划分为相应层级。得到具体层级结构如下表 3 所示。根据层级划分结果, 将各影响因素之间的相互关系可视化, 如图 1 所示。

表 3 粮食供应链韧性影响因素层级结构表  
Table 3 Classification results of influencing factors of grain supply chain resilience

因素	可达集 $R(F_i)$	前因集 $Q(F_i)$	交集 $Z(F_i)$	分层
F <sub>1</sub>	1,4,5,6,8,9,10,14,15	1	1	IV
F <sub>2</sub>	2,4,9	2	2	II
F <sub>3</sub>	3,9	3	3	II
F <sub>4</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15	1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15	I
F <sub>5</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15	1,4,5,6,11,13,15,16,17,18,20	4,5,6,11,13,15	III
F <sub>6</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15	1,4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	4,5,6,8,9,11,13,14,15	III
F <sub>7</sub>	4,6,7,9,10,14	7	7	IV
F <sub>8</sub>	4,6,8,9,11,14,15	1,4,5,6,8,11,13,15,16,17,18,20	4,6,8,11,15	II
F <sub>9</sub>	4,6,9,10,14,15	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	4,6,9,10,14,15	I
F <sub>10</sub>	4,9,10,14,15	1,4,5,6,7,9,10,13,15,16,17,20	4,9,10,15	II
F <sub>11</sub>	4,5,6,8,9,11,14,15	4,5,6,8,11,13,14,15,16,17,18,20	4,5,6,8,11,14,15	II
F <sub>12</sub>	4,6,9,12,14	12	12	IV
F <sub>13</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15	4,5,6,13,14,15,16,17,18,20	4,5,6,13,14,15	III
F <sub>14</sub>	4,6,9,11,13,14,15	1,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	4,6,9,11,13,14,15	I
F <sub>15</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15,17,18,20	1,4,5,6,8,9,10,11,13,14,15,16,17,18,20	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15,17,18,20	I
F <sub>16</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15,16	16	16	IV
F <sub>17</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15,17,18,20	15,17,18,20	15,17,18,20	IV
F <sub>18</sub>	4,5,6,8,9,11,13,14,15,17,18,20	15,17,18,20	15,17,18,20	IV
F <sub>19</sub>	4,6,9,14,19	19	19	IV
F <sub>20</sub>	4,5,6,8,9,10,11,13,14,15,17,18,20	15,17,18,20	15,17,18,20	IV

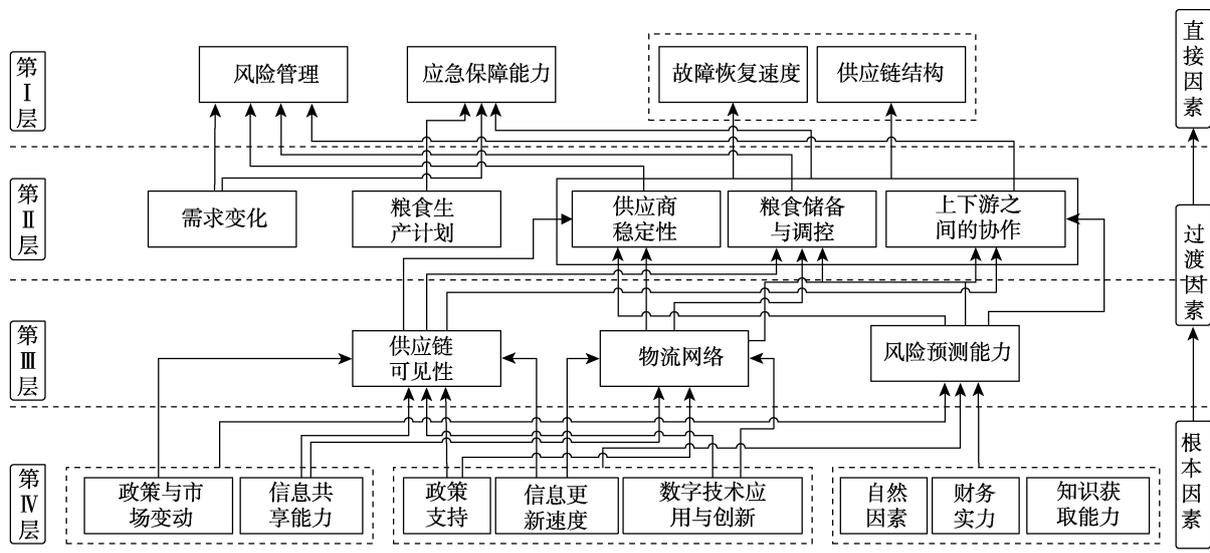


图 1 粮食供应链韧性影响因素的多级递阶结构模型图

Fig. 1 Multi-level hierarchical structure model of influencing factors of grain supply chain resilience

## 2 粮食供应链韧性影响因素结果分析

### 2.1 DEMATEL 模型结果分析

#### 2.1.1 中心度分析

根据表 2，供应链结构这一因素的中心度居首位，其次，风险管理和应急保障能力的中心度排名靠前，其值均超过 14，表明这 3 个因素对粮

食供应链韧性的影响程度最为显著。在韧性能力方面，风险管理属于预测能力，应急保障能力属于抵抗能力。有效的风险管理可以识别及评估潜在风险，减少供应链中的不确定性，而应急保障能力能够使供应链参与者在面对紧急情况时快速响应，保障供应链的稳定运行，二者通过影响韧性的预测和抵抗能力进而提升供应链韧性。近年

来, 尽管我国粮食供应链体系在不断地发展和完善, 也加强了粮食仓储和物流基础设施建设, 一定程度上提高了粮食流通的效率和安全性。但由于我国地域辽阔, 粮食主产区和消费区分布不均, 加上物流体系仍存在一些瓶颈和短板, 导致部分地区和时段的粮食流通不畅。因此, 需要在优化粮食供应链结构的基础上, 加强供应链的应急保障能力, 通过建立全面的风险管理机制, 提升供应链韧性, 实现粮食产业的可持续发展。

### 2.1.2 原因度分析

原因度可以反映影响因素的类别, 正值为原因因素, 负值为结果因素。表 2 中, 原因因素按影响强度大小排列, 前 3 位为: 自然因素、政策支持、政策与市场变动。其中, 自然因素原因度最大, 对其他因素的影响力最大, 改变难度也最大。因此, 提升粮食供应链韧性需要政府的政策支持作为重点手段, 通过财政补贴、税收优惠、贷款支持、创新政策等措施提高粮食供应链韧性的稳定性。同时, 要重点关注政策与市场变动对其他因素产生的影响。价格波动、供需关系变化、市场竞争压力等都会对粮食供应链韧性产生影响。应急保障能力作为结果因素且原因度最小, 易受到其他因素的影响。因此, 在粮食供应链韧性能力塑造的过程中, 要积极探索影响应急保障能力的原因因素, 通过控制这些因素来提高整个供应链的应急保障能力。此外, 从韧性能力的角度来看, 结果因素集中于预测能力、抵抗能力和恢复能力 3 个维度, 说明成长能力可以影响韧性的预测、抵抗和恢复能力。成长能力维度的因素能够使粮食供应链升级优化至更理想的状态, 对粮食供应链韧性有着重要的影响和制约作用, 是粮食供应链韧性提升的基础。

### 2.1.3 关键影响因素分析

根据表 2 的测算结果, 从中心度的角度来看, 排名靠前的因素, 如供应链结构、风险管理、应急保障能力、风险预测能力均属于结果因素, 其因素本身对粮食供应链的韧性产生较强影响, 但属于较难控制的因素, 且驱动力较弱, 因此不属于关键影响因素。从影响度和被影响度的角度来看, 除结果因素外, 政策支持、政策与市场变动

的被影响度较低, 影响度较高的为信息更新速度、信息共享能力、数字技术应用与创新。故政策支持、政策与市场变动、信息更新速度、信息共享能力、数字技术应用与创新是影响我国粮食供应链韧性的关键因素。

## 2.2 ISM 模型结果分析

ISM 建模所构建的多级递阶结构模型(图 1), 清晰地反映出粮食供应链韧性影响因素间的相互影响关系及结构层次。20 个粮食供应链韧性影响因素被分为 4 个层级, 不同层级间的影响因素呈现出异质性特点。

### 2.2.1 直接影响因素分析

第 I 层位于递阶结构模型的表层, 其中因素包括风险管理、应急保障能力、故障恢复速度、供应链结构, 属于粮食供应链韧性的直接影响因素。风险管理帮助粮食供应链识别和评估可能出现的风险和威胁, 有助于增强粮食供应链韧性的预测能力。例如, 粮食供应易受市场需求波动的影响, 风险管理团队可以通过市场调研和数据分析, 了解需求状况、市场趋势以及竞争态势等信息, 预测未来市场需求的波动趋势, 以此调整生产和采购计划, 确保供应链的适应性。在突发情况下, 粮食供应链可能会出现中断或受到严重影响, 此时对应急粮食资源的调配、运输和分配等方面的应急保障能力就显得尤为重要。此外, 当粮食供应链中的某个环节出现故障或中断时, 如生产设备故障、物流运输延误等, 快速恢复正常运营对于保障粮食供应的连续性至关重要。较快的故障恢复速度可以减少中断时间, 从而降低损失, 并保持供应链的稳定运作。粮食供应链的结构包括供应商、生产商、加工商、分销商和消费者等多个环节, 各环节之间的连接方式和组织关系决定了整个供应链的稳定性和可靠性, 直接影响着供应链的韧性水平。故障恢复速度和供应链结构都属于恢复能力, 应急保障能力属于抵抗能力, 在粮食供应链出现危机时, 其韧性必然会受到扰动, 此时预测能力失效, 抵抗能力和恢复能力的水平高低直接会影响韧性波动程度。

### 2.2.2 过渡影响因素分析

位于中间第 II 层、第 III 层的影响因素为连接

直接影响因素与根本影响因素的过渡因素。过渡因素是整个结构模型的中心节点，具有承上启下的作用，其既受底层因素的影响，同时也能够影响表层因素，对整个影响系统起着重要支撑作用。位于第Ⅱ层的需求变化和粮食生产计划无输入节点，不受其他因素的影响，且都属于预测能力，但会对第Ⅰ层中的应急保障能力因素造成影响。供应商稳定性、粮食储备与调控、上下游之间的协作三个因素均属于抵抗能力，对第Ⅰ层的所有因素都会产生影响，自身又受到第Ⅲ层所有因素的影响。其中，第Ⅲ层的供应链可见性、风险预测能力属于预测能力，物流网络属于恢复能力。

### 2.2.3 根本影响因素分析

随着层级不断提高，由表层逐渐向深层过渡。最底层的影响因素属于粮食供应链韧性最根本的影响因素，虽不会直接影响到粮食供应链的韧性水平，但却对其他因素有重要影响，同时对整个影响系统起到基础性作用。其中，信息共享能力、政策支持、信息更新速度、数字技术应用与创新四个底层因素共同影响着第Ⅲ层的因素，且除政策支持外，其他三个因素之间相互影响，需要重点关注。

## 2.3 DEMATEL-ISM 模型结果分析

经 DEMATEL 模型得到的关键影响因素，即政策支持、政策与市场变动、信息更新速度、信息共享能力、数字技术应用与创新，同时隶属于 ISM 模型的第Ⅳ层，是粮食供应链韧性的根本影响因素，但因其处于深层而容易被忽视。其中，政策支持和政策与市场变动两个因素的原因度居前三，信息共享能力和数字技术应用与创新两个因素的影响度居前三，且输出节点最多，这些因素在整个影响因素体系中对韧性水平的扰动较大。因此，在粮食供应链韧性塑造过程中，应重点关注这些因素。此外，ISM 模型得到的直接影响因素中，风险管理、应急保障能力、供应链结构 3 个因素与 DEMATEL 模型中心度分值位居前三的因素相对应。其中，应急保障能力是输入节点最多的因素，受到多种因素的影响，应优先考虑其对粮食供应链韧性水平提升所发挥的作用。在 ISM 模型中的过渡影响因素中，风险预测能力

和供应链可见性的中心度分值分别居整个系统的第四、第六位，这表明其在整个体系中有这较为重要的地位。根据 ISM 模型分析结果，上下游之间的协作、粮食储备与调控以及供应商稳定性是主要的输入和输出节点因素，且在 DEMATEL 模型的被影响度计算中分别居第六、八、九位，表明它们是粮食供应链韧性水平提升的重要着力点。

## 3 粮食供应链韧性的提升策略

### 3.1 加强信息共享，优化粮食供应链流程

信息共享能力和数字技术应用与创新能力作为深层的根本影响因素，也是关键影响因素，它们共同作用于供应链可见性和风险预测能力。在整个粮食供应链中，各参与方之间的信息共享能够提高透明度，使粮食供应链中的各个环节实时获取所需的信息，如库存状况、物流进度、销售数据等，这有助于提高整个供应链的可见性，增强预测能力，及时发现问题并采取措施。对于提高信息共享能力，需要建立统一、标准化的信息平台，实现数据交换和共享。一是通过利用云计算、大数据等数字技术，建立数据仓库和数据分析系统，对供应链数据进行实时收集、存储和分析，提高信息的准确性和时效性。二是应积极探索数字技术在粮食供应链中的新应用场景，如虚拟现实、增强现实等技术可以用于粮食种植、收获和加工过程的模拟和优化。高效的数字基础设施建设是提升粮食供应链韧性的关键支撑。三是加强各参与方之间的沟通和协作，建立互信机制，促进信息共享的意愿和动力。通过建立统一的信息平台、加强信息共享与协作、推进数字化转型以及创新数字技术应用场景等措施，可以提高粮食供应链的效率和可靠性，提升其在面对外部冲击时的预测能力和抵抗能力。

### 3.2 强化粮食供应链风险评估，完善应急保障体系

风险管理、应急保障能力和供应链结构是粮食供应链韧性的直接影响因素，同时也是中心度较高的因素，应重点考虑。一是建立健全全国粮食生产、流通、储备的风险评估和预警机制，定期对粮食供应链进行风险评估，识别可能对供应链产生影响的因素，如天气变化、病虫害、政策

调整等，提高对突发事件的应对能力。二是建立国家、省、市、县四级粮食应急保障体系，确保在紧急情况下能够快速响应，保障有足够的粮食储备可供调配。三是优化粮食储备布局，确保主销区、主产区粮食储备量均衡，防止出现区域性短缺或过剩。四是优化物流网络，合理规划物流路线，提高运输效率，降低运输成本。可以在关键节点预留一定的冗余能力，以应对高峰期的需求。

### 3.3 加大粮食供应链投资，鼓励企业技术创新

政府应加大对粮食供应链基础设施的投资，如仓储设施、物流配送体系和信息技术等，以此增强供应链的稳定性，提高应对突发事件的能力。为鼓励企业提高供应链管理能力，政府可以提供税收优惠或直接补贴，如给予采用先进供应链技术的企业一定的税收减免。同时鼓励创新与技术研发，加大对粮食供应链技术创新和研发的支持力度，鼓励企业采用新技术、新模式来提高供应链的效率和韧性。此外，在面对市场波动时，政府应灵活调整相关政策，可以通过价格支持、进口限制等手段，来保持市场的稳定性和防止恐慌性购买。政府还要与粮食供应链上的利益相关者保持良好沟通，了解他们的需求和困难，共同解决问题，以增强整个供应链的稳定性。

### 3.4 拓宽多元化供应渠道，推进国际粮食供应链合作

为降低对特定地区或国家的粮食供应依赖，国际粮食供应链应致力于实现供应渠道的多元化。为此，可以加强与南美、非洲、东欧等地区的粮食合作，积极开拓新的粮食进口来源，扩大进口渠道，提高粮食供应的多样性。同时，鼓励国内粮食企业“走出去”，通过参加国际农产品展销会、建立海外仓储和分销中心等方式，提高国内粮食品牌在国际市场的知名度和竞争力，拓展国际市场。进一步加强与国际先进农业技术的合作和交流，旨在通过引进先进的粮食种植技术和粮食加工技术，提高粮食生产效率和质量，降低生产成本，增强国内粮食的竞争力。此外，各国应强化在粮食生产、贸易及储备等关键领域的国

际合作，共同面对全球粮食安全的挑战，提升全球粮食生产的整体效率和稳定性，为全球粮食安全做出积极贡献。

### 参考文献：

- [1] 刘家国, 许浩楠. 双循环视角下我国全球供应链韧性体系建设研究[J]. 中国软科学, 2023, (9): 1-12.  
LIU J G, XU H N. Construction of China's global supply chain resilience from the perspective of Dual-Circulation[J]. China Soft Science, 2023, (9): 1-12.
- [2] 杨水清, 刘伟. 依托数字科技强化供应链韧性[J]. 中国金融, 2023, (12): 76-77.  
YANG S Q, LIU W. Rely on digital technology to strengthen supply chain resilience[J]. China Finance, 2023, (12): 76-77.
- [3] JANINA B, HENDRIK B, ALEXANDER S, et al. Will the blockchain solve the supply chain resilience challenges? Insights from a systematic literature review[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 185.
- [4] IOANNIS M, BALAN S, MOHAMED S. Big data utilization and its effect on supply chain resilience in Emirati companies[J]. International Journal of Logistics Research and Applications, 2023, 26(10): 1334-1358.
- [5] XIE J, ZHU W, WEI L, et al. Platform competition with partial multi-homing: When both same-side and cross-side network effects exist[J]. International Journal of Production Economics, 2021, 233: 108016.
- [6] ZHU W, XIE J, XIA Y, et al. Getting more third-party participants on board: Optimal pricing and investment decisions in competitive platform ecosystems[J]. European Journal of Operational Research, 2023, 307(1): 177-192.
- [7] 陶亚萍. 新时期强化中国粮食供应链韧性的创新路径[J]. 宁夏社会科学, 2023, (1): 118-124.  
TAO Y P. The innovative path to strengthen the resilience of China's grain supply chain in the new era[J]. Ningxia Social Sciences, 2023, (1): 118-124.
- [8] 刘璠, 刘家国. 供应链中断应对策略研究评述[J]. 中南财经政法大学学报, 2019(3): 148-156.  
LIU F, LIU J G. A review of supply chain disruption response[J]. Journal of Zhongnan University of Economics and Law, 2019(3): 148-156.
- [9] 鄢贞, 钱文荣, 胡伟斌, 等. 我国农业食物系统包容性发展策略研究[J]. 中国工程科学, 2023, 25(4): 109-119.  
YAN Z, QIAN W R, HU W B, et al. Approaches for the inclusive development of China's agricultural and food system[J]. Strategic Study of CAE, 2023, 25(4): 109-119.
- [10] SHISHODIA A, VERMA P, DIXIT V. Supplier evaluation for resilient project driven supply chain[J]. Computers & Industrial Engineering, 2019, 129: 465-478.

- [11] 韩正涛, 张悟移. 供应链协同创新中知识转移的收益共享机制[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(16): 234-240.  
HAN Z T, ZHANG W Y. Revenue sharing mechanism of knowledge transfer in collaborative innovation of supply chain[J]. Computer Engineering and Applications, 2020, 56(16): 234-240.
- [12] 秦立公, 张勇. 协同创新: 农产品供应链韧性的影响机制及适应性研究[J]. 价格理论与实践, 2021, (12): 58-61+199.  
QIN L G, ZHANG Y. Research on the influence mechanism and adaptability of collaborative innovation on the elasticity of agricultural product supply chain[J]. Price: Theory & Practice, 2021, (12): 58-61+199.
- [13] 王玲. 电商赋能下生鲜农产品供应链优化策略研究[J]. 价格理论与实践, 2021(1): 140-143+175.  
WANG L. On supply chain optimization strategies of fresh agricultural product under e-commerce empowerment[J]. Price: Theory & Practice, 2021(1): 140-143+175.
- [14] HOSSEINI S, IVANOV D, DOLGUI A. Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis[J]. Transportation Research part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 125: 285-307.
- [15] 樊雪梅, 卢梦媛. 新冠疫情下汽车企业供应链韧性影响因素及评价[J]. 工业技术经济, 2020, 39(10): 21-28.  
FAN X M, LU M Y. Influencing factors and evaluation of auto companies' supply chain resilience under the COVID-19[J]. Journal of Industrial Technology and Economy, 2020, 39(10): 21-28.
- [16] NIKOOKAR E, YANADORI Y. Preparing supply chain for the next disruption beyond COVID-19: managerial antecedents of supply chain resilience[J]. International Journal of Operations & Production Management, 2022, 42(1): 59-90.
- [17] 马潇宇, 黄明珠, 杨朦晰. 供应链韧性影响因素研究: 基于 SEM 与 fsQCA 方法[J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(9): 2484-2501.  
MA X Y, HUANG M Z, YANG M X. Research on the influencing factors of supply chain resilience: Based on SEM and fsQCA[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2023, 43(9): 2484-2501.
- [18] LIU J G, WU J J, GONG Y. Maritime supply chain resilience: from concept to practice[J]. Computers & Industrial Engineering, 2023, 182: 109366.
- [19] 姚利, 和贵庭. 农产品物流产业链韧性识别与影响因素分析[J]. 商业经济研究, 2023, (17): 90-93.  
YAO L, HE G T. Resilience identification and influencing factors analysis of agricultural products logistics industry chain[J]. Journal of Commercial Economics, 2023, (17): 90-93.
- [20] 孙永河, 韩玮, 段万春. 复杂系统 DEMATEL 算法研究进展评述[J]. 控制与决策, 2017, 32(3): 385-392.  
SUN Y H, HAN W, DUAN W C. Review on research progress of DEMATEL algorithm for complex systems[J]. Control and Decision, 2017, 32(3): 385-392.
- [21] 朱琳, 吕本富. 解释结构模型的简便方法[J]. 系统工程与电子技术, 2004(12): 1815-1817+1891.  
ZHU L, LV B F. Simple and convenient method of ISM[J]. Systems Engineering and Electronics, 2004, (12): 1815-1817+1891.
- [22] CHANG J, JIANG H. Spatio-temporal differentiations and influence factors in China's grain supply chain resilience[J]. Sustainability, 2023, 15(10): 8074.
- [23] 王娟娟, 曲健. 数字经济赋能粮食供应链韧性的效应及区域分异研究[J]. 西北民族大学学报(哲学社会科学版), 2024, (1): 138-154.  
WANG J J, QU J. Study on the effect and regional differentiation of food supply chain resilience empowered by digital economy[J]. Journal of Northwest Minzu University (Philosophy and Social Sciences), 2024, (1): 138-154. 完