



## Foresight requirements in governance for applicability of emerging technologies; With emphasis on achieving sustainable agriculture in Iran

**Akbar Faruzesh** 


Department of Technology Transfer Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
fooroozesh@gmail.com

**Ahmad Reza Kasraei** \* 

Department of Technology Transfer Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.  
Kasraee1349@gmail.com

**Reza Din Panah** 

Department of Agricultural Extension and Education, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran  
dinpanah57@yahoo.com

**Mehdi Chermchian Langroudi** 

Department of Agricultural Extension and Education, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran.  
mchermchian2004@yahoo.com

### Abstract

**Purpose:** Foresight deals with giving shape to the desirable world of tomorrow for a society; therefore, the main purpose of the research is to identify the requirements of foresight in governance for the applicability of emerging technologies with an emphasis on achieving sustainable agriculture in Iran

**method:** This research was conducted as part of quantitative research and survey method. Its statistical population was 641 agricultural technology experts, 314 of whom were studied by stratified random sampling method with appropriate attribution. The data collection tool was a questionnaire whose form validity was confirmed using experts' opinions and its reliability was confirmed by calculating the Cronbach's alpha coefficient (0.931)

**Findings:** Findings: The use of technologies plays an important role in the optimal use of basic production resources, and changing the perspective of agricultural users is the first priority of the foresight requirements in governance for the applicability of emerging technologies to achieve sustainable agriculture. The results of exploratory factor analysis showed; 5 factors of realizing sustainable agriculture, increasing efficiency and productivity in agricultural production, technologicalizing production in agricultural sub-sectors, developing the culture of technology and innovation in society, and developing the infrastructure required for emerging technologies, totaling 75.57% of the desired variance.


**Conclusion:** Foresight in governance is effective for the applicability of emerging technologies in Iran's agriculture: therefore, in order to develop technological agricultural units in agricultural sub-sectors and achieve sustainable agriculture, it is necessary with national determination and will based on a plan. A comprehensive and forward-looking operation, appropriate supports and incentives should be considered by the statesmen.

**Keywords:** Governance, foresight, emerging technology, technology development, sustainable agriculture

**Cite this article:** Faruzesh, Akbar, Kasraei, Ahmad Reza, Din Panah, Reza & Chermchian Langroudi, Mehdi. (2024) Foresight requirements in governance for applicability of emerging technologies; With emphasis on achieving sustainable agriculture in Iran, Vol.9, NO.1 Spring & Summer 2024, 212-237

**DOI:** 10.30479/jfs.2024.20826.1571

**Received on:** 14 September 2024 **Accepted on:** 22 October 2024

**Copyright** © 2023, The Author(s). 

**Publisher:** Imam Khomeini International University

**Corresponding Author/ E-mail:** Ahmad Reza Kasraei /Kasraee1349@gmail.com

## Introduction

The development of technologies, while contributing to economic growth and increasing the production of agricultural products, has adverse effects on the environment and is accompanied by the destruction of basic resources and has created concerns in meeting the needs of the future generation and the sustainability of agricultural production, especially in developing countries. (Iskandari Nesab et al., 1400). Several factors play a role in the development of technologies, one of the most important of which is technology governance with a foresight approach. According to Namdarian (2016), technology foresight is a relatively new and innovative tool that is expanding worldwide to help technology policymaking and can provide the necessary data for policymaking in the field of technology. Secondly, to identify the weak but important signs that will lead to the evaluation and readjustment of the desired policies. In this regard, technology governance is also a way that involves stakeholders in decision-making groups and allows them to participate along with all levels of government officials and other members related to the issue (Luciano, 2021). According to David (2021), it is conventional to some extent through governance to support the scientific, entrepreneurship and policy communities that seek to manage the risks and benefits of technology, and foresight of basic technology to identify threats and opportunities. Technology is in today's ever-changing environment. Prioritizing the requirements of foresight helps different variables to be considered as the main factors in the implementation of the foresight process and their importance is determined; Therefore, the basic issue of the research is that the governance of emerging technologies has what needs and future-looking components for the realization of sustainable agriculture? In this regard, the general purpose of the research; It consists of recognizing and explaining the requirements and needs of foresight in governance for the applicability of emerging technologies with an emphasis on achieving sustainable agriculture by stimulating attention to the environmental needs of the target community and the needs to pay attention to the contribution of generations. The future can keep them dynamic and active (figure 1).

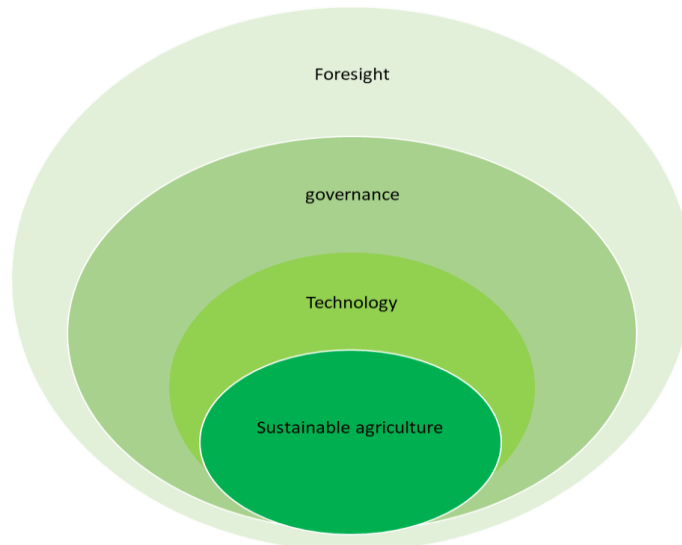


Figure-1: The conceptual relationship between futurism and governance, technology and sustainable agriculture

## Methodology

From our point of view, the research is one of the quantitative researches, based on how to collect the required data, it is a survey, and from the point of view of the goal, it is one of the applied researches that was carried out in the descriptive-survey method in 1402. The statistical population includes 641 experts in the field of studies, policy making, planning, supply, production and supply of modern agricultural technologies and equipment as well as users of emerging technologies in Iran based on Krejcie and Morgan table. (1970), 314 of them were studied as a sample. The data were collected using a structured research questionnaire, the validity of which was confirmed by using the opinion poll of experts in the field of research and the reliability of the measurement tool by calculating the internal consistency of the questions using Cronbach's alpha coefficient (0.931). becameTo analyze the data, in descriptive statistics, percentage, average, minimum, maximum, standard deviation and coefficient of variation statistics were used, and in inferential statistics, exploratory factor analysis technique was used in order to identify the influential requirements in governance foresight. For the applicability of emerging agricultural technologies in achieving sustainable agriculture, 30 variables were used and included

in the analysis. The amount of variance in the data that can be explained by the factors was measured by the KMO test and its value was 0.769. Also, Bartlett's test was significant and shows that the data are confirmed for factor analysis (Table 1).

**Table 1 - Bartlett and KMO test results**

0/769	Sampling adequacy size	
5	Approximate chi-square	Bartlett's test
253	degree of freedom	
0/000	meaningful	

## Results

According to the obtained data, the average age of the studied sample is 43 years, 71.3% of them are male and 28.7% are female. Examining the coefficient of change of factors influencing foresight in the governance of the applicability of emerging technologies to achieve sustainable agriculture also showed that the change in the vision of agricultural users, the development of export-oriented agriculture, the improvement of the quality of agricultural products, the increase in the quantitative performance of agriculture and development Health-oriented agriculture has the most importance and priority. The results of the factor analysis showed that five factors in total explain 75.57% of the variance of foresight requirements in governing the applicability of emerging technologies to achieve sustainable agriculture (Table 2).

**Table 2 - Factors related to the needs of foresight in the governance of emerging technologies for the realization of sustainable agriculture**

row	Name of the factor (forecasting requirements in....)	special value	Percentage of explained variance	Cumulative percentage of explained variance
1	Sustainable and optimal use of natural resources	2/593	16/83	16/83
2	Increasing efficiency and productivity in future agriculture	2/309	15/63	32/46
3	Technologicalization of production in agricultural sub-sectors	3/083	15/09	47/55
4	Development of technology culture and innovation	2/785	14/34	61/89
5	Strategic management of technology development	2/831	13/68	75/57

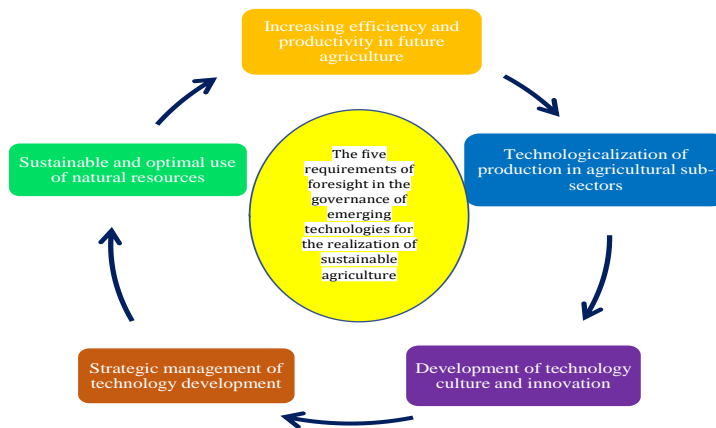


Figure 2- The five needs of foresight in the governance of emerging technologies for the realization of sustainable agriculture (source: research findings)

## Conclusions

The results of this research, which was carried out with the aim of explaining the requirements of foresight in the governance of emerging technologies in achieving sustainable agriculture, showed that emerging technologies protect natural resources, pay attention to their contribution to future generations, and contribute to water sustainability. soil and improving food security help to realize sustainable agriculture. Also, five factors requiring sustainable and optimal use of natural resources, increasing efficiency and productivity in agricultural units, technologicalizing production in agricultural sub-sectors, developing technology and innovation culture and strategic management of technology development - 15.75% of the variance, The needs of foresight in governance explain the applicability of emerging technologies to achieve sustainable agriculture in Iran. These results, earlier in the research of Santiteerakul et al., 2020; 2021 Othmane Friha et, al., and Wreglesworth, 2023 2021 Jerotich; 2020 et al, Mustashkina; Boehlje and Langemeier, 2020 and 2022 Farooq et al., Matthew, 2022; Khoshkhai et al., 2023. 2020 et al., Morara and Etamadi, 2021 have been confirmed. Based on the obtained results, it can be said that there are suitable conditions for foresight in the governance of emerging technologies in the context of the development of technological agriculture in Iran. The development of emerging technologies in the field of technological agricultural activities, in addition to helping to protect basic agricultural resources, lays the groundwork for the entry of

educated youth into the agricultural production sector; Therefore, it is suggested.

-The development of technological agricultural units, with the benefit of emerging technologies, should be considered and supported.

-The field of innovation, development, localization and application of emerging technologies in agriculture should be provided.

-Informing the target community about the capabilities and capacities of emerging technologies should be considered.

-Attention to the contribution of the future generation in the environment and natural resources should be institutionalized in the general culture of the society.- By replacing foresight with foresight, the realization of sustainable agriculture and a favorable future should be accelerated by using emerging technologies.

-To support prospective applied research to make emerging technologies applicable in agricultural sub-sectors

## **Reference**

- Ansarian, M. 2019. New technologies, environmental challenges, risks and opportunities, two specialized quarterly journals of contract law and new technologies, 1(2): 203-226, (In Farsi).
- Amiri, H., Damghanian, H. and Ebrahimi, S.A. 2018. Strategic foresight in order to improve the integration of human resources processes of defense organizations, Scientific-Research Quarterly of Command and Control, 3(2):55-71, (In Farsi).
- Behzadi, S., Rahnama, M.R. Young, J. and Anabistani, A.A. 2017. Identification of key factors affecting the development of tourism with a prospective case study approach: Yazd Province, Geographical Studies of Dry Areas, 9(33):37-52, (In Farsi).
- Boehlje, M. and Langemeier, M. 2021. "Importance of New Technologies for Crop Farming." farmdoc daily (11):32, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana Champaign, March5,.Permalink :<https://farmdocdaily>.

- Dadkhah, S., Bayat, R.A., Fazli, S., Keshavarz Turk, A.A. and Ebrahimi, A. (2017). Designing the ideal corporate foresight model, a case study: export management companies, *Management Future Research Quarterly*, 29 (111):31-48, (In Farsi).
- David, Guston. 2021. "Technology governance -OECD", <https://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/technology-governance>.
- Eskandari Nesab, A., Zare Mehrjardi, M. R. and Jalai, S. A. A. 2022. The impact of technology spillovers on environmental pollution with a degradation model approach, <https://doi.org/10.22055/jqe.2022.38476.2402>, (In Farsi).
- Etamadi, M., Mousavi S.N., and Amini Fard, A. 2021. Evaluating the factors influencing the acceptance of smart agricultural solutions to the climate with an emphasis on the characteristics of social and psychological capital, *Journal of Agricultural Economics*,16(1), pp:1–33,
- Farooq, M. Sh., Shamyala Riaz, A. A., Tariq, U., and Yousaf B. Z. 2020. Role of IoT Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review" *Electronics* 9 (2). <https://doi.org/10.3390/electronics>.
- Golka, Paula.2023. 5 Sustainable Farming Technologies That Make an Impact,[www.transformationholdings.com](http://www.transformationholdings.com).
- Georghiou.L, J. C.Harper, M.Keenan, , I.Miles, , & R .Popper. 2008. *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*: Edward Elgar Publishing Limited
- Jiang, H., Zhao, S., Zhang, S., Xu, X.2017."The adaptive mechanism between technology standardization and technology development: An empirical study", *Technological Forecasting & Social Change*, <https://doi.org/10.1016/j.tech.2017.11.015>.
- Jerotich, R. 2021. Impacts of Technology on Agriculture (AgriTechPreneur) , <https://mundash.blogspot.com> .
- Karim Mian, Z. and Falahati, N. 2022. Examining the governance structure in technology and innovation policy of the country based on the analysis of political networks, *Innovation Management Scientific Quarterly*, 11(2):1-26, (In Farsi).
- Khoshkhai, M., Vahdati, M., Salehi, K., Azizi, H., Eshghi, M., Haghghi, S., Grigorian V., and Tafzali, M. L. 2023. Solutions for localization of new technologies in Iran's horticulture industry, *Journal of Strategic Researches in Agricultural Sciences and Natural Resources* 8(1), pp 17 – 28, (In Farsi).
- Kristian B.2007. Emerging technologies in favour of sustainable agriculture, *Futures* 39(9):1045-1066,DOI:10.1016/j.futures.2007.03.016

- Linly, K., and Isabel, S. 2023. New Agriculture Technology in Modern Farming, <https://www.plugandplaytechcenter.com>
- Luciano, Edimara Mezzomo 2021. "Going the Extra Mile: Impact of Individuals' Behavior on Information Technology Governance". *Revista de Administração Contemporânea*. 25 (5). doi:10.1590/1982-7849rac2021190237.en. ISSN 1982 7849. S2CID 238049866
- Labs, c. 2023. Understanding Agritech: The Future of Agriculture Technology, <https://www.xcubelabs.com>.
- Martin, B, Nightingale, P, Yegros, A. 2012. "Science and technology studies: Exploring the knowledge base", *Research Policy*, Vol. 41, P. 211-264
- Matthew, N.O.S. 2022. *Emerging Green Technologies*, <https://www.routledge.com/Emerging-Green-Technologies/Sadiku/p/book/DOI> <https://doi.org/10.1201/9780429344213>
- Morara, N., Mark, N. and Russell, A. 2020 . Attitudes and Perceptions of Smallholder Farmers Towards Agricultural Technologies in Western Kenya. Department of Agricultural Sciences Education and Communication West Lafayette, Indiana May 2020 URL: <https://doi.org/10.25394/pgs.12268901.v1>
- Mustashkina, D. A., Karpova, N., Makarov, V. A. S., and Khannanov, M. M. 2020. Agricultural development using digital technologies, International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" FIES, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700042>
- Namdarian, L. 2016. Presenting a comprehensive general framework for technology foresight, the first national conference on the future of engineering and technology, University of Science and Culture, Tehran, Iran, (In Farsi).
- Neranjan, N. T, Hayati, Y., Saifullah, M, Abu, B., & Pg Emerolyariffion, A. (2021). Internet of Things in Smart Agriculture: Challenges, Opportunities and Future Directions, <https://www.researchgate.net>, DOI: 10.1109/CSDE53843.2021.9718402
- Othmane Friha, M., Amine F., and Lei, Sh. 2021. Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies Iee/Caa *Journal Of Automatica Sinica*, 8(4).
- Prakash Sharma, I., and Kanta, Ch. 2021. *Green Technology in Relation to Sustainable Agriculture: A Methodological Approach*, Book Renewable Energy and Green Technology, eBook ISBN 9781003175926, <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003175926-3>
- Rajab-zadeh, A & Heydari-yekta, H. 2022. Productivity of agricultural industry with the application of good governance components in management, accounting and computer, The fifth national conference on



- the development of science and new technologies in management, accounting and computers. (In Farsi).
- Santiteerakul, S., Sopadang, A., Yaibuathet, K. T., and Tamvimol, K. 2020. The Role of Smart Technology in Sustainability Agricultural, 2020, 12, 4640; doi:10.3390/su12114640 www.mdpi.com.
- Salo, A., Cuhls, K. 2003. Technology Foresight-post and Future, *Journal of Forecasting*, 22(2), pp79-82
- Slaughter, R. A., 2002, From Forecasting and Scenarios to Social Construction: Changing Methodological Paradigms in Futures Studies, *Foresight*, Vol. 4, No. 3, PP. 26-31.  
<https://www.bcs.org/articles-opinion-and-research>.
- Sajjadpour, M. 2006. The place of values, moral principles and technological foresight, *Andishe Sadeq Quarterly*, Research Center of Imam Sadeq University, No.: 24-4, (In Farsi).
- Taylor, P. 2020. Why is governance so important to running and supporting technology?
- Reglesworth, R. 2023. 11 Green Technologies and Techniques In Agriculture , <https://innovate-eco.com/11-green-technologies-and-techniques-in-agriculture/>





## فصلنامه آینده پژوهی ایران

شاپای چاپی: ۲۴۲۳-۶۳۶۳

شاپای الکترونیکی: ۶۱۸۳-۷۶۲۶



### بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور؛

#### با تأکید بر دستیابی به کشاورزی پایدار در ایران

اکبر فروزش<sup>✉</sup>

دانشجوی دکتری مدیریت انتقال تکنولوژی و مالکیت معنوی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

fooroozesh@gmail.com

احمدرضا کسرائی<sup>✉</sup>

استادیار، گروه مدیریت صنعتی، فناوری اطلاعات و تکنولوژی، دانشکده مدیریت، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)

Kasraee1349@gmail.com

رضا دین پناه<sup>✉</sup>

دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.

dinpanah57@yahoo.com

مهدی چرمچیان لنگرودی<sup>✉</sup>

دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.

mcharmchian2004@yahoo.com

#### چکیده

هدف: آینده‌نگاری با شکل بخشیدن به دنیای مطلوب فردای یک جامعه سروکار دارد. هدف اصلی پژوهش، شناسایی بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور با تأکید بر دستیابی به کشاورزی پایدار در ایران است.

روش: این پژوهش جزو پژوهش‌های کمی است که به روش پیمایشی اجرا شده‌است. جامعه آماری آن ۶۴۱ نفر از کنشگران فناوری‌های نوین کشاورزی بودند که ۳۱۴ نفر از آن‌ها به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای با انتساب متناسب مطالعه شدند. ابزار جمع‌آوری داده‌ها، پرسش‌نامه‌ای بود که روایی شکلی آن با استفاده از نظرات متخصصان و پایایی آن از طریق محاسبه ضریب کرونباخ آلفا (۰/۹۳۱) تأیید شد. یافته‌ها: فناوری‌ها، نقش مهمی در استفاده بهینه از منابع پایه تولید دارند و تغییر بینش بهره‌برداران کشاورزی، توسعه کشاورزی صادرات محور، ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی و افزایش عملکرد کمی کشاورزی از مهمترین بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار هستند. نتایج تحلیل عاملی اکتشافی نشان داد: پنج عامل "استفاده پایدار و بهینه از منابع طبیعی، افزایش کارآیی و بهره‌وری در تولید کشاورزی، فناوری‌ها، فناوری‌های نوین تولید در زیربخش‌های کشاورزی، توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری و مدیریت راهبردی توسعه فناوری" در مجموع ۷۵/۵۷ درصد واریانس مورد نظر را تبیین می‌کنند.

نتیجه‌گیری: آینده‌نگاری در حکمرانی برای توسعه کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور در کشاورزی ایران مؤثر است؛ بنابراین برای توسعه واحدهای کشاورزی فناوری‌ها در زیربخش‌های کشاورزی و دستیابی به کشاورزی پایدار، ضرورت دارد با عزمی ملی و بر اساس یک برنامه عملیاتی جامع و آینده‌نگر، حمایت‌ها و مشوق‌های مناسب مدنظر دولتمردان باشد.

کلید واژگان: حکمرانی، آینده‌نگاری، فناوری نوظهور، توسعه فناوری، کشاورزی پایدار.

✉ استناد: فروزش، اکبر. کسرائی، احمدرضا. دین پناه، رضا. چرمچیان لنگرودی، مهدی. (۱۴۰۳) بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور؛ با تأکید بر

دستیابی به کشاورزی پایدار در ایران (۱۴۰۳). دو فصلنامه علمی آینده پژوهی ایران، مقاله پژوهشی، دوره ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳، ۲۱۲-۲۳۷

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۶/۲۴ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۸/۱۹

ناشر: دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

## مقدمه

فناوری بعد از حیات، بزرگ‌ترین نعمتی است که خداوند به انسان عطا کرده است چرا که منبعی است برای افزایش ثروت، ابزاری است برای کنترل محیط و کلیدی برای توسعه است (Taylor, 2020). تجربه کشورهای توسعه‌یافته نشان می‌دهد برنامه‌های توسعه آن‌ها، اغلب بر پایه علم و فناوری طراحی شده و توسعه تکنولوژی همواره جایگاه مهم و کلیدی در برنامه‌های توسعه‌ای آن‌ها دارد. در بخش کشاورزی نیز استفاده از انواع فناوری‌ها اجتناب‌ناپذیر بوده و روزبه‌روز بر دامنه کاربرد و البته اثربخشی فناوری‌ها در فعالیت‌های کشاورزی افزوده می‌شود (انصاریان، ۱۳۹۹). در همین راستا با بروز بحران‌های موجود در زمینه کم‌آبی و کمبود غذا و توسعه اشکال مختلف کشاورزی پیشرفته، امیدواری روزافزونی برای کاربرد فناوری در کشاورزی به وجود آمده است. Othmane Friha et al (2021) تحقیق پایداری در تولیدات کشاورزی را در گرو استفاده از انواع فناوری‌های نوظهور دانستند. Neranjan et al (2021) هم تاثیر فناوری‌های نوظهور را در افزایش کلی کارایی و عملکرد بهتر تولید در فعالیت‌های کشاورزی تأیید کردند. خوشحوی و همکاران (۱۴۰۲) فناوری‌های نوین را در کاهش هزینه تولید، مدیریت چالش‌های تغییر اقلیم، آلودگی آب، محیط‌زیست و پسماند سم‌های دفع آفت موثر دانستند. رجب‌زاده و حیدری یکتا (۱۴۰۱) نیز در تحقیقی نشان دادند رابطه بین حکمرانی خوب و بهره‌وری صنعت کشاورزی، رابطه معنی داری است. از نظر تاریخی نیز، رشد و توسعه فناوری‌ها باعث ایجاد تغییرات اساسی در جهان شده و تهدیدها و فرصت‌های جدیدی را برای اقتصاد، محیط‌زیست و کشاورزی جوامع مختلف ایجاد کرده است. بررسی‌های علمی نیز نشان می‌دهند که توسعه فناوری‌ها منجر به پیشرفت‌های تکنولوژیکی بخش کشاورزی همراه با افزایش تولید محصولات کشاورزی و مواد غذایی و رشد اقتصادی در جهان شده است. اما واقعیت امر این است که این نوع رشد اقتصادی و افزایش تولید محصولات کشاورزی دارای اثرات سوء بر محیط‌زیست بوده و عمدتاً با افزایش تخریب منابع پایه در اغلب کشورهای جهان همراه بوده است (اسکندری نسب و همکاران، ۱۴۰۰). این پیامد به‌ویژه طی سه دهه‌ی اخیر با خودخواهی هر چه تمامتر انسان، و در پرتو تفکری تقلیل‌گرا و با هدف تامین نیازهای خود در زمانی کوتاه در بخش‌هایی مانند کشاورزی، اکوسیستم طبیعت را از مدار اصلی خود خارج و مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی مختلفی را بوجود آورده و در برخی از

مناطق محیط‌زیست را به نابودی کشانده است. در این راستا، Prakash & Kanta (2021) معتقدند استفاده از برخی تکنیک‌ها و مواد شیمیایی، در بسیاری از موارد علی‌رغم ارتقای بهره‌وری و افزایش تولید کشاورزی، باعث کاهش حاصلخیزی خاک، بهره‌وری نامناسب در استفاده از آب و آلودگی آب‌های زیرزمینی، گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی، تخریب محیط‌زیست، جنگل‌زدایی و ازدست‌دادن تنوع زیستی شده و نگرانی‌هایی را در تامین نیازهای نسل آینده، حفاظت از محیط‌زیست و پایداری تولید کشاورزی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، ایجاد کرده است؛ بنابراین کشاورزی مبتنی بر اصول اکولوژیک و داشتن محیط زیست سالم، حفاظت از منابع طبیعی یک ضرورت برای اطمینان از به‌خطر نیافتادن حیات نسل‌های آینده در قالب کشاورزی پایدار محسوب می‌شود. تعاریف گوناگونی از کشاورزی پایدار ارائه شده است. اما به‌طور کلی نظام‌های کشاورزی پایدار نظام‌هایی هستند که برای دستیابی به تولید مطمئن در دراز مدت و سازگاری محیطی، بر نهاده‌های کم انرژی و مقادیر پائین مواد شیمیایی متکی هستند. در همین راستا، Golka (2023) کشاورزی پایدار را نوعی فرایند بهینه‌سازی می‌داند که اثرات منفی زیست‌محیطی بر زمین، آب، هوا و تنوع زیستی را به حداقل می‌رساند. در این شرایط، پرداختن به دو عامل؛ بهبود بهره‌وری در فرآیند تولید محصولات کشاورزی با استفاده مناسب از فناوری‌های نوظهور، روش‌ها و فنون جدید و جلب مشارکت تمام ذی‌نفعان و بهره‌برداران در برنامه‌ریزی‌ها و بهره‌برداری از برنامه‌های توسعه‌ای فناورانه بخش کشاورزی می‌تواند، ضمن کمک به تامین غذای جمعیت روبه افزایش جهان، تا حد زیادی در کاهش تأثیرات منفی فناوری‌های کشاورزی بر محیط‌زیست و دستیابی به رشد و توسعه پایدار و آینده‌نگر بخش کشاورزی موثر باشد؛ عامل اول در سایه برنامه‌های آینده‌محور و توجه به نیازهای نسل آینده و به نوعی پرداختن به آینده‌نگاری<sup>۶۰</sup> در برنامه‌های توسعه بخش کشاورزی امکان‌پذیر است و عامل دوم با تغییر در شیوه سیاست‌گذاری برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور در حوزه بهره‌برداری‌های کشاورزی و توجه ویژه به نقش بهره‌برداران و ذی‌نفعان فناوری‌های کشاورزی در برنامه‌های تدوین شده ذیل رویکرد حکمرانی<sup>۶۱</sup> محقق می‌شود. به‌عبارت دیگر رشد مطلوب و پایدار بخش کشاورزی، نه تنها باید شامل بهبود بهره‌وری از طریق ارتقای سطح آگاهی و مهارت بهره‌برداران، در به‌کارگیری انواع فناوری‌های

نوظهور با تاکید بر استفاده بهینه از منابع پایه کشاورزی در فرآیند تولید باشد، بلکه باید با جلب مشارکت بهره‌برداران، در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها همراه باشد تا آن‌ها با شناخت اهمیت برنامه‌ها و طرح‌ها و پروژه‌های توسعه‌ای در بخش کشاورزی و احساس مالکیت نسبت به نتایج آن‌ها، در تحقق آن‌ها بکوشند. این نوع رشد مستلزم زمینه‌سازی برای استقرار فناوری‌ها، فرآیندها و دانش جدید و پیشرفته همراه با حضور و مشارکت تمام ذی‌نفعان و نقش‌آفرینان دولتی، خصوصی و عمومی برای بهره‌مندی از فناوری‌های نوظهور بوده و در پرتو توجه به چارچوب‌ها و الزاماتی به‌دست می‌آید که از تکنیک‌های آینده‌نگاری و حکمرانی در حوزه فناوری‌های نوظهور نشأت می‌گیرد.

آینده‌نگاری به طور ذاتی بر فناوری‌های عام نوظهور یا همان فناوری‌هایی که تحقیقات آن‌ها آن‌قدر رشد نموده که به احتمال زیاد محصولات آن بازار بزرگی را در ده سال آینده به خود اختصاص خواهند داد، متمرکز است. از همین منظر، آینده‌نگاری یعنی آمادگی برای آینده، یعنی به‌کاربردن منابع به بهترین وجه ممکن برای دستیابی به مزیت رقابتی، بهبود کیفیت زندگی و توسعه پایدار (سجادپور، ۱۳۸۵)؛ بنابراین آینده‌نگاری فناوری فرآیندی نظام‌مند با نگاه به آینده بلندمدت در زمینه‌های مختلف یک جامعه است که هدف آن تعیین حوزه‌های راهبردی برای توسعه و پیشرفت فناورانه یک جامعه با حداکثر فواید اقتصادی و اجتماعی است و بر همین دیدگاه امروزه، بسیاری از دولت‌ها به اهمیت فعالیت‌های آینده‌نگاری پی برده‌اند و موج توجه به آینده در اغلب کشورها و تمام حوزه‌ها فراگیر شده و استفاده از آینده‌نگاری فناوری به‌عنوان ابزاری نسبتاً جدید و نوآورانه برای دستیابی به توسعه پایدار و جامع، در سراسر جهان در حال گسترش است. مطالعه چشم‌انداز ۲۰ ساله جمهوری اسلامی ایران نیز نشان می‌دهد که فناوری به‌عنوان عامل پیشران توسعه تلقی شده و سرمایه‌گذاری بهینه در زمینه تحقیق و توسعه فناوری در آینده کشور اهمیت زیادی دارد. ۶۲

حکمرانی فناوری رویکردی از سیاست‌گذاری است که در دهه‌های اخیر (به‌ویژه پس از انقلاب صنعتی چهارم)، هم‌زمان با بروز نوعی عدم اطمینان و عدم کارایی در اینکه دولت تنها متولی سیاست‌گذاری امور یک جامعه است، ظهور یافته و به‌طور ویژه از سوی سازمان‌های بین‌المللی مانند بانک جهانی و برنامه توسعه ملل متحد برای اغلب کشورها توصیه شده است. حکمرانی فناوری از طریق دو متغیر "تشویق" و "الزام" توسط دولت در جایگاه سنتی خود یعنی سیاست‌گذار عمومی در تدوین برنامه‌ها و پروژه‌های توسعه‌ای فناورانه آینده محور برای کاربردپذیری فناوری-های نوظهور در بخش کشاورزی محقق می‌شود. به بیانی دیگر، در حکمرانی فناوری، نسبت به زمینه‌سازی برای بهره‌مندی از نظرات و دیدگاه‌های نمایندگان بخش‌های خصوصی، نقش آفرینان و ذی‌نفعان هدف برنامه‌های توسعه فناورانه، توجه شده و از سوی حاکمیت بر استفاده از برداشت‌های آن‌ها نسبت به جوانب مختلف کاربرد فناوری‌ها تأکید می‌شود.

در این مقاله پس از آشنایی با تعاریف و اهمیت آینده‌نگاری در حوزه فناوری‌های کشاورزی، به نقش آن در ارتقای اثربخشی برنامه‌های توسعه‌ای توجه شده سپس موضوع حکمرانی فناوری و نقش آن در توسعه فناوری‌های کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه به بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی با تأکید بر دستیابی به کشاورزی پایدار توجه شده و پس از معرفی روش پژوهش، ابزار تحقیق، جامعه و نمونه آماری و روش‌های آماری استفاده شده، یافته‌های پژوهش و پیشنهاد‌های کاربردی ارائه شده است.

#### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

آینده‌نگاری آمیزه‌ای از علم و فناوری است که با کشف آینده و شکل بخشیدن به دنیای مطلوب فردای یک جامعه سروکار دارد. تفاوت دیدگاه اندیشه‌ورزان مختلف که آینده‌نگاری را از منظر تخصص و علاقه خود می‌نگرند، موجب شده است که از آینده‌نگاری تعاریف و توصیف‌های متفاوتی به دست آید. به اعتقاد نامداریان و همکاران (۱۳۹۶) آینده‌نگاری باعث ایجاد دامنه متنوعی از استراتژی‌ها تحت مفروضات و پارادایم‌های متفاوت و نگرش‌های کیفی به آینده می‌شود و در نتیجه سازمان می‌تواند با توسعه و به‌کارگیری دامنه‌ای از پاسخ‌های مناسب فرصت‌هایی را خلق کند. قبل از اینکه به تعریف آینده‌نگاری پرداخته شود، لازم به توضیح است که به‌طور کلی مفهوم

آینده‌نگاری از ضعف دانش پیش‌بینی، دانش سیاست‌گذاری و دانش مدیریت راهبردی در پاسخگویی به چالش‌های خاص پیش‌آمده برای جوامع، ظهور یافته است. در این راستا بهزادی و همکاران (۱۳۹۷) معتقدند فعالیت‌های آینده‌نگاری اغلب عدم کفایت نظام سیاست‌گذاری و مدیریت فعلی یک جامعه برای روبه‌رو شدن با چالش‌های اصلی اجتماع را روشن کرده و می‌تواند تناقض ذاتی میان مسائل بلندمدت اصلی جامعه و افق زمانی کوتاه‌مدت سیاست‌گذاران را نشان دهند.

نخستین تعریف آینده‌نگاری متعلق به Martin (2012) است که آینده‌نگاری را فرآیندی نظام‌مند، با نگاه به آینده بلندمدت در زمینه‌های علمی، فناوری، اقتصادی، زیست - محیطی و اجتماعی یک جامعه تعریف می‌کند. Georghiou (2008) نیز آینده‌نگاری فناوری را ابزاری نظام‌مند برای تشخیص و ارزیابی آن دسته از پیشرفت‌های علمی و فناورانه‌ای که بر رقابت‌پذیری صنعتی، خلق ثروت و کیفیت زندگی تأثیرات بسیاری می‌تواند داشته باشد، تعریف می‌کند. بهزادی و همکاران (۱۳۹۷) آینده‌نگاری را فرآیندی می‌دانند که به جستجوی چالش‌های آینده و شناسایی راهبردهای محتمل برای دستیابی به آنان اقدام می‌کند. امیری و همکاران (۱۳۹۸) نیز آینده‌نگاری را فرآیندی روش‌مند، مشارکتی و گردآورنده ادراکات از آینده مطلوب تعریف می‌کنند که چشم‌اندازی میان‌مدت تا بلندمدت را باهدف اتخاذ تصمیمات مناسب و بسیج اقدامات مشترک در استفاده بهینه از منابع موجود برای تحقق ارزش‌ها و اهداف موردنظر به کار می‌گیرد. آینده‌نگاری نه تنها شامل درک آینده‌های ممکن است؛ بلکه در واقع آمادگی برای اتخاذ تصمیماتی برای ساختن آینده مطلوب نیز است. Slaughter (2002) با تأکید بر اینکه آینده‌نگاری صرفاً توانایی پیش‌بینی آینده نیست، آینده‌نگاری را گشایشی به آینده با ایجاد تغییرات لازم در وضعیت کنونی، توسعه‌دادن دیدگاه‌ها نسبت به انتخاب‌های آینده و در آخر گزینش بهترین آن‌ها می‌داند از نظر او بهترین شیوه برای تسلط بر آینده عبارت از گردآوری گسترده، جامع و سیستماتیک اطلاعات، سپس تکیه بر فرایندهای شهودی و خلاقانه ذهنی است. با در نظر گرفتن تعاریف مختلف آینده‌نگاری، می‌توان گفت: آینده‌نگاری ابزاری برای اثرگذاری بر جامعه و سوق‌دادن آن در جهت مطلوب است. به بیانی دیگر آینده‌نگاری در پی شناسایی آینده‌های بدیل و در نتیجه ایجاد فرصتی برای شکل‌دهی آینده، افزایش انعطاف‌پذیری در سیاست‌گذاری و ایجاد دیدگاه‌های کلان‌نگر است و به همین دلیل در سال‌های اخیر علاقه بسیاری به کاربرد آینده‌نگاری در سیاست‌گذاری راهبردی در سطح جامعه



و سازمان‌های دولتی و غیردولتی ایجاد شده است. در چنین شرایطی و با اتکا بر تعاریف ارائه شده، آینده‌نگاری فناوری<sup>۶۳</sup> یکی از مهم‌ترین عناصر فرایند توسعه فناوری در نظر گرفته می‌شود که به شناسایی فرصت‌ها و نیازهای آینده کمک می‌کند و سازمان‌ها را در اتخاذ تصمیمات بلندمدت یاری می‌رساند و هر سازمانی با توجه به شرایط محیطی و به‌منظور تضمین و اثربخشی آینده‌نگاری فناوری نیازمند توجه به شرایط بومی و ویژگی‌های جامعه‌شناختی خود است؛ بنابراین فعالیت‌های آینده‌نگاری فناوری، فرایندهایی هستند که طی آن توسعه علم و فناوری به‌واسطه تعامل پویای بین سیاست‌گذاران، خبرگان، فعالان و ذی‌نفعان کلیدی فناوری‌ها صورت می‌گیرد (Salo & cuhls, 2003). به‌زعم نامداریان (۱۳۹۶) آینده‌نگاری فناوری ابزار نسبتاً جدید و نوآورانه‌ای است که برای کمک به سیاست‌گذاری علم و فناوری در سراسر جهان در حال گسترش است و می‌تواند اولاً داده‌های ضروری را برای سیاست‌گذاری در زمینه علم و فناوری ارائه نماید، ثانیاً نشانه‌های ضعیف اما مهمی که منجر به ارزیابی و تنظیم مجدد سیاست‌های موردنظر خواهد شد، را شناسایی کند. با توجه به تأثیر سیاست‌گذاری (به معنای عام) در توسعه فناوری، در طول سه دهه گذشته آینده-نگاری فناوری غالباً برای پشتیبانی از فرایند سیاست‌گذاری در مسائل فناوری مورد استفاده قرار گرفته است و لایه‌های مختلف نظام سیاست‌گذاری کشورها، تلاش کرده‌اند مسیر رشد، توسعه و کاربردپذیری فناوری‌ها را در قالب حکمرانی تبیین و تفسیر نمایند. حکمرانی فناوری رویکردی در مفهوم سیاست عمومی بوده و حوزه عملیاتی آن مستلزم تصمیم‌گیری و اعمال اقتدار برای توسعه و انتشار و به‌کارگیری فناوری‌ها در آینده‌های پیشرو است؛ بنابراین می‌توان گفت: حکمرانی فناوری، یکی از موضوعات محوری در مطالعات سیاست‌گذاری فناوری محسوب می‌شود که به‌صورت شناسایی انواع نقش‌آفرینان در فرایند سیاست‌گذاری و قدرت هر کدام از آن‌ها برای تأثیرگذاری بر این فرایند و تحلیل ساختار و قدرت روابط میان آنها تعریف می‌شود. از نظر Jiang (2017) توسعه فناوری و حکمرانی به‌طور پویا و اجتناب‌ناپذیری درهم‌تنیده شده‌اند و فناوری‌های نوظهور بدون فراهم نمودن شرایط لازم، امکان توسعه در یک جامعه را ندارند. حکمرانی فناوری راهی است که ذی‌نفعان را در گروه‌های تصمیم‌گیری مشارکت می‌دهد و اجازه می‌دهد آنها همراه با تمام سطوح مقامات دولتی و سایر اعضای مرتبط با موضوع، مشارکت کنند. حکمرانی فناوری در واقع به‌عنوان رابطی بین نوآوری‌های فناورانه و مناقشات پیرامون آن عمل کرده و تعادلی بین

پیامدهای گوناگون سیاسی و اجتماعی ناشی از نوآوری‌های فناوری جدید در جامعه ایجاد می‌کند (Luciano, 2021). از نظر کریم‌میان و فلاحتی (۱۴۰۱) آنچه اهمیت مسئله حکمرانی را در حوزه فناوری بیش از پیش نمایان می‌سازد، تعدد نقش‌آفرینان، اهداف، اولویت‌ها و منافع آنان در حوزه‌های مختلف فناوری و همچنین گستردگی این حوزه‌ها است. به همین دلیل، حکمرانی فناوری، اغلب شامل ایجاد برنامه‌های تشویقی، قوانین، مقررات و اقدامات نظارتی توسط مقامات دولتی است. فرض یا پرسشی که پژوهشگران خط مشی‌گذاری در بدو ورود فناوری‌های جدید با آن مواجه‌اند، این است که اولاً برای توسعه این فناوری‌ها چه چالش‌هایی پیش روی حاکمیت وجود دارد؟ و ثانیاً برای خط مشی‌گذاری بهتر باید چه پشتوانه‌های نظری و علمی فراهم شود؟ پاسخ به این مفروضات در قالب شناسایی بایسته‌ها و چارچوب‌های آینده‌نگاری در حکمرانی مناسب جهت زمینه‌سازی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور محقق می‌شود. در واقع، تعیین الزامات برای آینده‌نگاری فناوری، می‌تواند زمینه استفاده از فرصت‌های پیش‌رو را فراهم و فعالیت‌های ساختاریافته را به یک فعالیت سیستماتیک تبدیل کند. به عبارتی، تدوین الزامات برای آینده‌نگاری فناوری می‌تواند راهنمای عملی برای تدوین چارچوب‌ها و برنامه‌های آینده در حوزه توسعه و کاربردپذیری فناوری‌ها بوده و در کنار حکمرانی فناوری و تحقق مشارکت و نقش‌آفرینی ذینفعان فناوری‌ها در برنامه‌های مربوط به توسعه کاربرد فناوری‌های نوظهور در جامعه هدف، موثر باشد. به‌زعم David (2021) بطور متعارف تا حدودی از طریق حکمرانی می‌توان جوامع علمی، کارآفرینی و سیاست‌گذاری را که به دنبال مدیریت خطرات و مزایای فناوری هستند، مورد حمایت قرار داد. به همین دلیل David (2021) "حکمرانی" را فراتر از موضوع تدوین مقررات می‌داند و معتقد است حکمرانی انبوهی از مکانیسم‌های نهادی و هنجاری و دستورالعمل‌های مورد نیاز از جمله؛ دستور کار تحقیق و توسعه و مکانیسم‌های پاسخگویی عمومی، ارزیابی فناوری، آینده‌نگری و مشاوره علمی، مشارکت عمومی و ارتباطات علمی برای هدایت و توسعه فناوری و خودتنظیمی بخش خصوصی را مورد توجه قرار می‌دهد.

در توسعه و کاربردپذیری فناوری‌ها عوامل متعددی نقش دارند که یکی از کلیدی‌ترین آن‌ها حکمرانی فناوری با رویکرد آینده‌نگاری است. این نوع حکمرانی، با ایجاد فرصت مشارکت گسترده جامعه مدنی در فرایند تصمیم‌گیری زمینه حکمروایی چندلایه‌ای و چندبازگیری با نگاه به آینده را

فراهم کرده، شفافیت و مشروعیت فرایند تصمیم‌گیری و مقبولیت تصمیم‌ها را بهبود می‌بخشد. الزامات و چارچوب‌های مختلفی برای ارتباط آینده‌نگاری فناوری با حکمرانی وجود دارد که هرکدام بیان‌کننده موضوعات و زمینه‌هایی در فرایند عمومی اجرای آینده‌نگاری بوده و دستاوردهای متعددی برای تحقق حکمرانی دارند الزامات در لغت، تبدیل نیاز و خواست ذی‌نفعان به یک قابلیت کاربردی برای دستیابی به اهداف مشخص است. وقتی از الزامات سخن می‌گوییم منظور هدف و چرایی انجام یک کار و بایدهایی هستند که برای رفع یک نیاز و خواسته الزامی هستند. در نگاه سنتی آینده‌نگاری، تنها مناسب‌بودن فناوری برای انجام وظایف موردنظر و دوره بازگشت سرمایه آن موردتوجه است و در نظر داشتن تأثیرهای اجتماعی، سیاسی، فرهنگی آن در بخش‌های مختلف اقتصادی اهمیت ندارد. اما واضح است که در دنیای به‌شدت متحول و متغیر امروزی، این نگرش نمی‌تواند مسائل مربوط به توسعه یک فناوری در آینده را به طور کامل در نظر بگیرد چراکه معمولاً دامنه تغییرها گسترده بوده و بروز یک تحول و تغییر و یا توسعه یک فناوری اثرهای عمیقی در دیگر زمینه‌ها می‌گذارد از این منظر مواجهه با پیشرفت‌های فناورانه در یک جامعه نیازمند نگاه هوشمندانه بر تأثیرهای اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی است و براین اساس در مواجهه با چنین پیشرفت‌هایی بایستی به دو نکته مهم توجه شود؛

اول: هر گونه تحول تأثیرگذار و همه‌جانبه شئون اجتماعی یک جامعه در وهله اول باید به صورت یک خواست همگانی درآید.

دوم: دانش و فناوری‌های نوظهور از نظر ارزش‌های فرهنگی و اجتماعی، خنثی نیستند و به-کارگیری کارا، مفید و عاری از تنش آن‌ها در گرو دو شرط است؛

- شرط اول، جامعه هدف در خلق و توسعه فناوری سهیم باشد تا بتواند بر فناوری مسلط و در زمان بروز نارسایی چاره‌اندیشی کند.

- شرط دوم: الزام‌های فرهنگی، ارزشی فناوری‌های موردنظر را بشناسد و برای کنار آمدن با آن‌ها آماده باشد (سجادپور، ۱۳۸۵).

به اعتقاد Martin (2012) مطالعات آینده و تعیین الزامات آن در حوزه‌های مختلف در سطح ملی با کسب شناخت صحیح و منطقی از آینده و با انجام تحلیل‌های عملیاتی، راهبردهای اساسی در برنامه‌های توسعه ملی طراحی می‌شود. از نظر امیری و همکاران (۱۳۹۸) در حوزه‌هایی که فرصت‌ها اندک، مخاطرات بیشتر، رقابت‌ها سنگین‌تر و منابع کمیاب‌تر هستند، عنصر زمان اهمیت

بیشتری یافته و تلاش برای بهره‌گیری از زمان اهمیت بیشتری دارد و تعیین الزامات و چارچوب برای آینده‌نگاری فناوری ضروری‌تر می‌شود. آن‌ها همچنین حکمرانی آینده‌نگرانه، را برنامه‌ریزی بر پایه آینده‌نگاری و روشی برای به چالش کشیدن آینده مرسوم از طریق ایجاد آینده‌های متعدد و بدیل به صورت مشروح و با جزئیات کامل می‌دانند. دادخواه و همکاران (۱۳۹۷) یکی از بایسته‌های مهم آینده‌نگاری را ماهیت مشارکتی آینده‌نگاری از طریق تعامل، گفتگو، شبکه‌سازی همه‌ذی‌نفعان و وادارشدن آن‌ها به تبادل نظر و اشتراک‌گذاری دیدگاه‌ها و چشم‌اندازها می‌دانند. به همین دلیل موضوع توجه به آینده و آینده‌نگاری فناوری‌ها مورد توجه برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران و حکمرانان قرار گرفته است و حکمرانان آینده‌نگر در کشورهای توسعه‌یافته با کشف سریع‌تر «مسائل نوپدید» و «موضوعات و فناوری‌های نوظهور» و ظرفیت‌سازی برای درک تغییرات پرشتاب فناوری و کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور به دنبال ساختن آینده مطلوب هستند.

در این راستا بخش کشاورزی که به‌عنوان یکی از ارکان توسعه‌ای کشور و اصلی‌ترین زیربنای تحقق امنیت غذایی به معنای تأمین غذای کافی، در دسترس، سالم، مفید و پایدار برای جامعه کنونی و آینده کشور است، بی‌نیاز از مباحث آینده‌پژوهی و آینده‌نگاری نیست و الزامات مختلفی در حوزه‌های محیطی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، فنی و زیربنایی بخش کشاورزی وجود دارد که اهمیت و اولویت‌های آن برای برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در راستای تحقق کشاورزی پایدار مهم و اساسی است؛ بنابراین استفاده از فنون و روش‌های آینده‌پژوهی با رویکرد آینده‌نگاری در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های مربوط به توسعه فناورانه آن از اهمیت و ضرورت شایان توجهی برخوردار است. از نظر Labs (2023) فناوری‌های مدرن در کشاورزی نقش چندوجهی دارند و درحالی‌که در مدیریت و بهینه‌سازی عملیات کشاورزی، مؤثر هستند، به موضوع نظارت بر سلامت و افزایش کمیت محصول کمک کرده کیفیت محصول را بهبود می‌بخشند و درعین‌حال اثرات زیست‌محیطی را به حداقل می‌رسانند. Kristian (2007) در مقاله‌ای با عنوان فناوری‌های نوظهور در خدمت کشاورزی پایدار، آینده‌نگاری فناوری را به‌عنوان یک اقدام مؤثر در جمع‌آوری سیستماتیک اطلاعات موردنیاز برای مقابله با چالش‌های مدرن‌سازی کشاورزی با استفاده از فناوری‌های نوظهور در اروپا می‌داند و بر توصیف و ارزیابی سیستماتیک پیامدهای به‌کارگیری فناوری‌های نوظهور در فرایند آینده‌نگاری فناوری که پیش‌بینی می‌شود طی سال‌های آینده با

تقویت رقابت، پایداری و رشد در بخش کشاورزی - غذایی و اقتصاد زیستی را فراهم خواهند ساخت، تأکید می‌کند.

فناوری‌های نوظهور کشاورزی، فناوری‌هایی هستند که اولاً به سرعت در حال توسعه بوده، ثانیاً از قابلیت دیجیتالی شدن و اتصال اینترنتی بهره می‌برند، ثالثاً "کاربرد آن‌ها در استفاده بهینه از منابع پایه تولید مؤثر است (Linly & Isabel, 2023). در این راستا آینده‌نگاری فناوری‌های نوظهور می‌تواند به تشخیص نیازهای کلیدی جامعه هدف، پیش‌بینی ظهور و وقوع فناوری‌های نوظهور، اولویت‌گذاری آن‌ها، اطلاع‌رسانی به تصمیم‌گیران، برنامه‌ریزان، سیاست‌گذاران و مدیران بنگاه‌های اقتصادی، کمک به ایجاد همکاری بین‌بخشی و میان بخشی در حوزه‌های تحقیق و توسعه، شناسایی تهدیدها و فرصت‌ها، کمک نماید (سجادپور، ۱۳۸۵). براین اساس؛ مفاهیم کشاورزی هوشمند، کشاورزی دقیق، کشاورزی عمودی، کشاورزی صنعتی و کشاورزی فناورانه، رویکردهایی از کشاورزی مدرن در دنیای حال و آینده جهان هستند که با استفاده از فناوری‌های نوظهور برای بهبود تولید محصولات کشاورزی با تمرکز بر کاربرد بهینه منابع پایه تولید کشاورزی و حفظ منابع طبیعی برای نسل‌های آینده محقق می‌شوند. با توجه به قابلیت‌های فناوری‌های نوظهور در افزایش عملکرد و ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی و به‌ویژه در نگهداشت سهم آیندگان از منابع طبیعی و کاهش نگرانی‌های زیست‌محیطی، شناسایی الزامات آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور کشاورزی با رویکرد توسعه کشاورزی پایدار مهم است.

نگاهی اجمالی به الزامات و چارچوب‌های آینده‌نگاری فناوری، این سؤال کلی را در ذهن متبادر می‌کند که اگر بخواهیم یک برنامه آینده‌نگاری در حوزه فناوری‌های نوظهور برای استفاده از نتایج آن در فرایند سیاست‌گذاری و حکمرانی برای توسعه و کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی را انجام دهیم، مهم‌ترین الزامات با جامع‌ترین فراگیری و نظر داشت اولویت‌ها در بخش کشاورزی کدام است؟ این همان سؤالی است که این مقاله به دنبال پاسخ دادن به آن است پاسخ به سؤال مذکور می‌تواند زمینه‌ساز تحقق کشاورزی پایدار در نتیجه پرداختن به آینده‌نگاری و تدوین الزامات آن در حوزه حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور باشد. آینده‌نگاری فناوری بنیانی برای شناسایی تهدیدها و فرصت‌های فناوری در محیط پر تغییر امروز است.

با عنایت به پیچیده بودن آینده‌نگاری فناوری و نقش آن در حکمرانی کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور، اولویت‌بندی چارچوب‌ها، بایسته‌ها و الزامات آن برای استفاده از فرصت‌ها و مدیریت

تهدیدها در بخش کشاورزی یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است. اولویت‌بندی الزامات آینده‌نگاری کمک می‌کند متغیرهای مختلف به‌عنوان عوامل اصلی اجرای فرایند آینده‌نگاری در نظر گرفته شده و اهمیت آن‌ها مشخص شود؛ بنابراین مسئله اساسی پژوهش این است که حکمرانی فناوری‌های نوظهور، برای تحقق کشاورزی پایدار چه باید‌ها و مولفه‌های آینده‌نگارانه دارد؟ به بیانی دیگر آینده‌نگاری فناوری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور، با تأثیرگذاری روی چه شاخص‌ها و معیارهایی می‌تواند مسیر دستیابی به کشاورزی پایدار را از منظر تحقق کشاورزی فناوری محور و حفاظت از منابع پایه کشاورزی هموار نماید. در همین راستا هدف کلی تحقیق؛ عبارت از شناخت و تبیین الزامات و بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور با تأکید بر دستیابی به کشاورزی پایدار است تا با تحریک توجه به نیازهای زیست‌محیطی جامعه هدف و ضرورت‌های توجه به سهم نسل‌های آینده بتواند آن‌ها پویا و فعال نگه دارد. برای دستیابی به چنین هدفی، اهداف جزئی‌تری همچون: بررسی نقش و میزان اثرگذاری فناوری‌های نوظهور در تحقق توسعه کشاورزی پایدار، همچنین شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر حکمرانی فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی به‌عنوان اهداف اختصاصی تحقیق هستند. شکل مفهومی (۱) روابط مقوله‌های آینده‌نگاری، حکمرانی، فناوری و کشاورزی پایدار را نشان داده می‌شود.



شکل-۱: رابطه مفهومی میان آینده‌نگاری با حکمرانی، فناوری و کشاورزی پایدار (منبع: نگارندگان مقاله)

## روش‌شناسی پژوهش

پژوهش به لحاظ دیدمان جزو پژوهش‌های کمی، بر مبنای چگونگی گردآوری داده‌های موردنیاز، پیمایشی و از نظر هدف جزو پژوهش‌های کاربردی است که به روش توصیفی - پیمایشی در سال ۱۴۰۲ انجام شده است. جامعه آماری شامل ۶۴۱ نفر از خبرگان حوزه مطالعات، سیاست‌گذاری، برنامه‌ریزی، تأمین، تولید و عرضه فناوری‌ها و تجهیزات مدرن کشاورزی و همچنین بهره‌برداران فناوری‌های نوظهور در سراسر کشور هستند که بر پایه جدول Krejcie and Morgan (1970)، تعداد ۳۱۴ نفر از آن‌ها به‌عنوان نمونه مورد مطالعه قرار گرفتند. به‌منظور دستیابی به نمونه‌ها از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای با انتساب متناسب استفاده شد. به‌گونه‌ای که بر مبنای حجم جامعه آماری در هر یک از حوزه‌های کاری، نمونه متناسب به هر یک از حوزه‌ها اختصاص یافت (جدول ۱).

جدول ۱- جامعه و نمونه آماری تحقیق

ردیف	جامعه آماری	تعداد	نمونه (جدول کرجسی و مورگان)	تعداد پرسش‌نامه تکمیل شده
۱	کارشناسان و مدیران فناوری‌های کشاورزی در بخش دولتی (وزارت جهاد کشاورزی و واحدهای استانی و شهرستانی)	۱۶۵ نفر	۱۱۵ نفر	۹۷
۲	مدیران و کارکنان شرکت‌های عرضه‌کننده فناوری‌های نوظهور کشاورزی	۱۳۰ نفر	۹۷ نفر	۸۰
۳	تولیدکنندگان محصولات کشاورزی در واحدهای کشاورزی مجهز به فناوری نوظهور	۳۴۶ نفر	۱۸۲ نفر	۱۳۷
	جمع	۶۴۱ نفر	۳۹۴ نفر	۳۱۴

داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه محقق ساخته گردآوری شدند که برای استخراج متغیرها و تدوین آن‌ها از منبع‌های مختلفی مانند مطالعه و بررسی متون، اسناد و مدارک منتشر شده پیرامون موضوع تحقیق و همچنین گفتگو با اصحاب فناوری‌های مدرن در حوزه کشاورزی استفاده شده بود. پرسش‌نامه نهایی، افزون بر ویژگی‌های فردی و حرفه‌ای نمونه مورد بررسی در مقیاس-های اسمی و فاصله‌ای (۶ گویه)، شامل ۳۰ پرسش مربوط به عوامل و الزامات اثرگذار بر آینده‌نگاری

در حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی ایران در مقیاس رتبه‌ای بود که هر یک از پرسش‌ها با بازه لیکرت (ارزش ۵ برای گزینه خیلی زیاد و ارزش ۱ برای گزینه خیلی کم) سنجش شدند. روایی شکلی پرسش‌نامه با استفاده از نظرسنجی از متخصصان در حوزه پژوهش و پایایی ابزار اندازه‌گیری از طریق محاسبه همسانی درونی سوالات با استفاده از ضریب کرونباخ آلفا (۰/۹۳۱) تأیید شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، در آمار توصیفی از آماره‌های درصد، میانگین، کمینه، بیشینه، انحراف معیار و ضریب تغییرات استفاده شد و در آمار استنباطی، از تکنیک تحلیل عاملی اکتشافی به منظور شناسایی بایسته‌های تاثیرگذار در آینده‌نگاری حکمرانی برای کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور کشاورزی در دستیابی به کشاورزی پایدار، استفاده شده است. تحلیل عاملی اکتشافی روشی برای شناخت ساختارهای پنهان بین متغیرهای مشاهده شده متعدد و تلخیص و طبقه‌بندی آن‌ها در قالب عامل‌های تاثیرگذار است و به منظور درک روشن‌تر این بایسته‌ها و چارچوب‌ها، شناخت بهتر میزان اهمیت و اولویت‌های استخراج شده از متون علمی و محتوای مصاحبه‌های خبرگان، در این تحقیق از آن بهره‌گرفته شد.

#### نتایج و بحث

بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده، ۷۱/۳ درصد پاسخگویان مرد و ۲۸/۷ درصد زن هستند. ۳۱ درصد در بخش دولتی و حوزه توسعه فناوری‌های کشاورزی، ۲۵/۵ درصد در بخش خصوصی و عرضه فناوری‌های نوظهور و ۴۳/۵ درصد نیز در بخش عمومی به عنوان بهره‌برداران فناوری‌های نوظهور در واحدهای فناورانه کشاورزی فعالیت دارند. از نظر مدرک تحصیلی، ۲۳/۲ درصد دکتری، ۴۶/۸ درصد کارشناسی ارشد، ۲۵/۸ درصد کارشناسی و ۴/۲ درصد کاردانی هستند. نمونه مورد بررسی دارای میانگین سنی ۴۳ سال با کمینه و بیشینه ۲۴ و ۶۱ سال است. پاسخگویان دارای میانگین سابقه شغلی ۱۷ سال با کمینه و بیشینه ۳ و ۴۵ سال هستند و بیشترین فراوانی در گروه سنی ۳۶ تا ۴۵ و گروه سابقه شغلی ۱۱ تا ۲۰ سال قرار دارند. بررسی ضریب تغییرات عوامل تأثیرگذار بر آینده‌نگاری در حکمرانی کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار نیز نشان‌دهنده این امر بود که تغییر بینش بهره‌برداران کشاورزی، توسعه کشاورزی صادرات محور،



## ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی و افزایش عملکرد کمی کشاورزی بیشترین اهمیت و اولویت را دارند (جدول ۲).

جدول ۲- اولویت بندی بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار

ردیف	گویه	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات	رتبه
۱	بهبود بیش بهره‌برداران کشاورزی	۴/۳۷	۰/۶۳۹	۰/۱۴۶	۱
۲	توجه به توسعه کشاورزی صادرات محور	۴/۴۱	۰/۶۶۴	۰/۱۵۰	۲
۳	ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی	۴/۳۳	۰/۶۵۷	۰/۱۵۲	۳
۴	الزام به افزایش عملکرد کمی کشاورزی	۴/۲۹	۰/۶۵۹	۰/۱۵۳	۴
۵	توجه به توسعه کشاورزی سلامت محور	۴/۴۶	۰/۶۹۲	۰/۱۵۵	۵
۶	آمایش سرزمین برای شناخت نیازسنجی فناوری	۴/۳۶	۰/۶۸۰	۰/۱۵۶	۶
۷	تلاش برای ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران	۴/۵۶	۰/۷۲۲	۰/۱۵۸	۷
۸	کمک به کاهش سختی فعالیت کشاورزی	۴/۴۴	۰/۷۰۵	۰/۱۵۹	۸
۹	جذب جوانان تحصیل کرده به کشاورزی مدرن	۴/۲۷	۰/۷۱۸	۰/۱۶۸	۹
۱۰	ترویج استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی	۴/۳۳	۰/۷۳۲	۰/۱۶۹	۱۰
۱۱	افزایش اشتغال متخصصین در کشاورزی	۴/۲۹	۰/۷۲۹	۰/۱۷۰	۱۱
۱۲	کوشش برای انطباق فناوری‌ها با مبانی توسعه پایدار	۴/۱۷	۰/۷۳۰	۰/۱۷۵	۱۲
۱۳	الزام به نفوذ فناوری در تولید کشاورزی	۴/۱۷	۰/۷۳۶	۰/۱۷۶	۱۳
۱۴	کوشش برای افزایش آگاهی بهره‌برداران	۴/۳۲	۰/۷۷۲	۰/۱۷۹	۱۴
۱۵	کمک به افزایش درآمد بهره‌برداری کشاورزی	۴/۲۱	۰/۷۷۲	۰/۱۸۳	۱۵
۱۶	توجه به سازگاری فناوری‌ها با تغییرات اقلیمی	۴/۴۵	۰/۷۷۳	۰/۱۸۵	۱۶
۱۷	کمک به پایداری منابع پایه کشاورزی	۴/۰۷	۰/۷۶۱	۰/۱۸۷	۱۷
۱۸	الزام به تحقق امنیت غذایی مبتنی بر فناوری	۴/۳۶	۰/۸۲۳	۰/۱۸۹	۱۸
۱۹	ضرورت استفاده بهینه نهاده‌های مصرفی	۴/۰۹	۰/۷۸۵	۰/۱۹۱	۱۹
۲۰	ضرورت توسعه کشاورزی فناوری محور	۴/۰۹	۰/۷۸۶	۰/۱۹۲	۲۰
۲۱	بهبود مدیریت تولید در کشاورزی	۴/۱۷	۰/۸۱۱	۰/۱۹۴	۲۱
۲۲	لزوم حفاظت از منابع طبیعی	۴/۲۳	۰/۸۲۸	۰/۱۹۶	۲۲
۲۳	استفاده از رسانه‌های کشاورزی ملی و محلی	۴/۱۷	۰/۸۲۳	۰/۱۹۷	۲۳
۲۴	کمک به رشد تحول‌خواهی جامعه کشاورزی	۳/۹۳	۰/۷۷۹	۰/۱۹۸	۲۴
۲۵	گسترش تولید فناورانه در کشاورزی	۳/۹۴	۰/۷۸۹	۰/۲۰۰	۲۵
۲۶	زمینه سازی برای توسعه واحدهای فناورانه در مناطق روستایی	۴/۰۹	۰/۸۳۵	۰/۲۰۴	۲۶
۲۷	عزم و اراده ملی برای توسعه کشاورزی فناورانه	۴/۱۴	۰/۸۵۲	۰/۲۰۵	۲۷
۲۸	توجه به سهم نسل آینده از منابع طبیعی	۴/۱۹	۰/۸۶۳	۰/۲۰۶	۲۸
۲۹	توسعه فعالیت استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور	۴/۰۶	۰/۸۶۲	۰/۲۱۲	۲۹
۳۰	هماهنگی نظام مند بین بخشی و میان بخشی در تحقیق و توسعه فناوری	۴/۱۵	۰/۸۸۳	۰/۲۱۳	۳۰

※تحلیل عاملی بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور برای دستیابی به کشاورزی پایدار

برای تعیین بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور از دیدگاه خبرگان فناوری، با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی اکتشافی تعداد ۳۰ متغیر وارد تحلیل شدند و در قالب پنج عامل، مقدار ۷۵/۵۷ درصد واریانس را تبیین کردند. در تحلیل عاملی انجام شده، میزان واریانس درون داده‌ها که می‌تواند توسط عوامل تبیین شود، با آزمون KMO سنجیده شد و مقدار آن ۰/۷۶۹ به دست آمد. همچنین، آزمون بارتلت معنی‌دار بود و نشان می‌دهد داده‌ها برای تحلیل عاملی تأیید می‌شوند (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون بارتلت و KMO

۰/۷۶۹	اندازه کفایت نمونه‌گیری	
۵	کای اسکوئر تقریبی	آزمون بارتلت
۲۵۳	درجه آزادی	
۰/۰۰۰	معنی‌داری	

مقدار ویژه، درصد واریانس تبیین شده توسط هر عامل و درصد تجمعی واریانس تبیین شده در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس جدول مذکور بیشترین مقدار ویژه (۲/۵۹۳) مربوط به عامل استفاده پایدار و بهینه از منابع طبیعی است که ۱۶/۸۳ درصد واریانس عامل‌های مربوط به بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور برای تحقق کشاورزی پایدار را در ایران تبیین می‌کند. پس از آن، به ترتیب افزایش کارایی و بهره‌وری در تولید کشاورزی (۱۵/۶۳٪)، فناوریانه شدن در زیربخش‌های کشاورزی (۱۵/۰۹٪)، توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری (۱۴/۳۴٪) و در نهایت توجه به مدیریت راهبردی توسعه فناوری (۱۳/۶۸٪) قرار دارد که در مجموع ۷۵/۵۷ درصد واریانس را تبیین می‌کنند.

جدول ۴- عامل‌های مربوط به بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور برای تحقق کشاورزی پایدار

عامل	نام عامل (بایسته‌های آینده‌نگاری در ...)	مقدار ویژه	درصد واریانس تبیین شده	درصد تجمعی واریانس تبیین شده
۱	استفاده پایدار و بهینه از منابع طبیعی	۲/۵۹۳	۱۶/۸۳	۱۶/۸۳
۲	افزایش کارایی و بهره‌وری در کشاورزی آینده	۲/۳۰۹	۱۵/۶۳	۳۲/۴۶
۳	فناورانه نمودن تولید در زیربخش‌های کشاورزی	۳/۰۸۳	۱۵/۰۹	۴۷/۵۵
۴	توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه	۲/۷۸۵	۱۴/۳۴	۶۱/۸۹
۵	استفاده از مدیریت راهبردی برای توسعه فناوری	۲/۸۳۱	۱۳/۶۸	۷۵/۵۷



شکل ۲- بایسته‌های پنجگانه آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور برای تحقق کشاورزی پایدار (منبع: یافته‌های تحقیق)

✳️ بارعاملی بایسته‌های آینده‌نگاری در حکمرانی کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور و دستیابی به کشاورزی پایدار

جدول ۵ عوامل به‌دست آمده از ماتریس دوران یافته را همراه با میزان بار عاملی هریک از متغیرها در عامل‌های استخراج شده است، نمایان می‌کند. نوع دوران مورد استفاده در این تحلیل، واریماکس بود. در این قسمت، بنابر انتساب متغیرها به عامل‌های مستخرج براساس جدول ۴، نام‌گذاری عامل‌ها به شرح زیر صورت گرفت:

عامل اول شامل متغیرهای؛ توجه به حفاظت از منابع طبیعی (۹۱۱/۰٪)، توجه به سهم آیندگان از منابع طبیعی (۹۰۸/۰٪)، کمک به پایداری منابع پایه (آب، خاک) (۳۸۰/۰٪)، انطباق فناوری‌ها با مبانی توسعه پایدار (۸۷۴/۰٪)، ضرورت استفاده بهینه از نهاده‌های مصرفی (۷۹۸/۰٪)، سازگاری فناوری با تغییرات اقلیمی (۷۸۶/۰٪) و تحقق امنیت غذایی مبتنی بر فناوری‌های نوظهور (۳۵۳/۰٪) است که با عنوان "استفاده پایدار و بهینه از منابع طبیعی" مقدار ۱۶/۸۳ درصد از واریانس تحقق کشاورزی پایدار را تبیین کرد.

عامل تأثیرگذار دیگر که شامل متغیرهای توجه به توسعه کشاورزی سلامت‌محور (۸۹۸/۰٪)، توجه به تولید محصولات صادرات محور (۸۸۱/۰٪)، الزام به افزایش عملکرد کشاورزی (۸۷۱/۰٪)، ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی (۸۱۲/۰٪)، کمک به کاهش سختی فعالیت کشاورزی (۵۲۹/۰٪) و

کمک به افزایش درآمد و سودآوری کشاورزی (۴۹۲٪) است، با عنوان الزام به کارآیی و بهره‌وری در کشاورزی آینده نام‌گذاری شد که ۱۵/۶۳ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند.

متغیرهای افزایش اشتغال متخصصین در کشاورزی (۸۸۱٪)، ضرورت توسعه کشاورزی فناوری‌محور (۷۸۶٪)، الزام به نفوذ فناوری در نظام تولید کشاورزی (۷۸۰٪)، زمینه‌سازی برای توسعه واحدهای فناورانه در مناطق روستایی (۶۷۴٪)، کمک به رشد تحول‌خواهی جامعه کشاورزی (۴۵۷٪) و گسترش تولید فناورانه در کشاورزی (۳۸۹٪) عامل فناورانه نمودن نظام تولید در زیر بخش‌های کشاورزی را تشکیل می‌دهند که در مجموع ۱۵/۰۹ درصد از عوامل پیش‌برنده توسعه فناوری کشاورزی را تبیین می‌کنند.

توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه عامل دیگری است که متغیرهای استفاده از رسانه‌های کشاورزی ملی و محلی (۷۷۱٪)، ترویج استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی (۷۲۶٪)، بهبود بینش شاغلین بخش کشاورزی (۷۱۶٪)، ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران (۵۹۴٪)، افزایش آگاهی بهره‌برداران (۵۶۸٪) و جذب جوانان تحصیلکرده به کشاورزی مدرن (۴۹۶٪) را شامل می‌شود و ۱۴/۵۲ درصد واریانس کل را تبیین کرد.

آخرین عامل عبارت است از مدیریت راهبردی توسعه فناوری با تبیین ۱۳/۰۸ درصد واریانس کل که از متغیرهای عزم و اراده ملی برای توسعه کشاورزی فناورانه (۵۶۴٪)، آمایش سرزمین برای شناخت نیازهای فناوری (۵۶۱٪)، توجه به هماهنگی نظام‌مند بین‌بخش و میان‌بخشی در حوزه‌های تحقیق و توسعه فناوری (۵۲۱٪)، توسعه فعالیت‌استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور (۴۶۲٪)، بهبود مدیریت تولید در کشاورزی (۴۶۱٪) تشکیل یافته است.

جدول ۵- متغیرها و بار عاملی بایسته‌های آینده‌نگاری برای حکمرانی در کاربردپذیری فناوری‌های نوظهور در دستیابی به کشاورزی پایدار

بار عاملی	متغیرها	عنوان عامل	عامل
۰/۹۱۱	لزوم حفاظت از منابع طبیعی	استفاده پایدار و بهینه از منابع طبیعی	۱
۰/۹۰۸	توجه به سهم نسل آینده از منابع طبیعی		
۰/۸۷۴	کوشش برای انطباق فناوری‌ها با مبانی توسعه پایدار		
۰/۷۹۸	ضرورت استفاده بهینه نهاده‌های مصرفی		
۰/۷۸۶	توجه به سازگاری فناوری با تغییرات اقلیمی		
۰/۳۸۰	کمک به پایداری منابع پایه (آب، خاک) کشاورزی		
۰/۳۵۳	الزام به تحقق امنیت غذایی مبتنی بر فناوری		

۰/۸۹۸	توجه به توسعه کشاورزی سلامت محور	توجه به کارآیی و بهره‌وری در تولید	۲
۰/۸۸۱	توجه به تولید محصولات صادرات محور		
۰/۸۷۱	الزام به افزایش عملکرد کمی کشاورزی		
۰/۸۱۲	ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی		
۰/۵۲۹	کمک به کاهش سختی فعالیت کشاورزی		
۰/۴۹۲	کمک به افزایش درآمد کشاورزان		
۰/۸۸۱	افزایش اشتغال متخصصین در کشاورزی	فناورانه شدن نظام تولید در زیربخش‌های کشاورزی	۳
۰/۷۸۶	ضرورت توسعه کشاورزی فناوری محور		
۰/۷۸۰	الزام به نفوذ فناوری در تولید کشاورزی		
۰/۶۷۴	زمینه‌سازی برای توسعه واحدهای فناورانه در مناطق روستایی		
۰/۴۵۷	کمک به رشد تحول‌خواهی جامعه کشاورزی		
۰/۳۸۹	گسترش تولید فناورانه در کشاورزی		
۰/۷۷۱	استفاده از رسانه‌های کشاورزی ملی و محلی	توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه	۴
۰/۷۲۶	ترویج استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی		
۰/۷۱۶	بهبود بینش بهره‌برداران بخش کشاورزی		
۰/۵۹۴	تلاش برای ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران		
۰/۵۶۸	کوشش برای افزایش آگاهی بهره‌برداران		
۰/۴۹۶	جذب جوانان تحصیل کرده به کشاورزی مدرن		
۰/۵۶۴	عزم و اراده ملی برای توسعه کشاورزی فناورانه	استفاده از مدیریت راهبردی برای توسعه فناوری	۵
۰/۵۶۱	آمایش سرزمین برای شناخت نیازهای فناوری		
۰/۵۲۱	هماهنگی نظام‌مند بین‌بخشی و میان بخشی تحقیق و توسعه فناوری		
۰/۴۶۲	توسعه فعالیت استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور		
۰/۴۶۱	بهبود مدیریت تولید در کشاورزی		

### نتیجه‌گیری

توسعه شتابان جهان در دهه‌های پایانی قرن ۲۰ و سال‌های ابتدایی قرن ۲۱ به دلیل عدم توجه به پیامدهای جانبی فناوری‌ها در بخش‌های روستایی و کشاورزی، تضعیف و تخریب منابع طبیعی و وارد شدن آسیب بسیار به محیط‌زیست در ابعاد جهانی را به همراه داشته است. استفاده از ظرفیت‌های تکنیک آینده‌نگاری در قالب حکمرانی فناوری‌های نوظهور کشاورزی و مشارکت تمام‌ذی‌نفعان از حوزه‌های دولتی، خصوصی و عموم بهره‌برداران در بخش کشاورزی، می‌تواند ضمن تبیین بایسته‌ها و معرفی عوامل موثر در دستیابی به پایداری در کشاورزی، آینده سالم و مطلوبی برای

نسل‌های آینده جوامع محلی، ملی و بین‌المللی رقم بزنند. چالش اصلی در آینده‌نگاری برای حکمرانی فناوری‌های نوظهور، در بخش کشاورزی، شکاف دانشی و بینشی موجود در دو حوزه سیاست‌گذاری و به‌کارگیری فناوری‌های نوظهور است. البته کشورهای درحال توسعه برای تحقق کشاورزی پایدار، با چالش‌های مالی و فنی نیز مواجه هستند. درحالی‌که پذیرش فناوری‌های نوظهور می‌تواند برای کشاورزان پرهزینه باشد، اما مزایای درازمدت آن‌ها؛ از نظر زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی هم برای دولت‌ها و حاکمیت‌ها و هم برای بهره‌برداران قابل توجه است به ویژه اینکه، کشورها می‌توانند با تلاش‌های مشترک و جلب حمایت‌های بین‌المللی از فناوری‌های نوظهور برای رشد و توسعه کشاورزی پایدار در آینده استفاده کنند. این پژوهش باهدف تبیین الزامات آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور در دستیابی به کشاورزی پایدار با استفاده از تحلیل عاملی اکتشافی اجرا شد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق، میانگین سنی نمونه مورد بررسی نشان دهنده جوان بودن عوامل کارگزار تاثیرگذار در حکمرانی فناوری‌های نوظهور در فعالیتهای کشاورزی است. بخصوص اینکه اغلب پاسخگویان از تحصیلات تکمیلی برخوردار بودند که این امر نشانگر حضور جوانان تحصیل کرده در حوزه فعالیتهای کشاورزی فناورانه و مدرن است و می‌توان در سال‌های پیش رو نسبت به ورود جوانان تحصیل کرده و دانشگاهی در فعالیتهای کشاورزی مدرن با استفاده از انواع فناوری‌های نوین و در نتیجه ورود دانش و فناوری نوین به بخش کشاورزی امیدوار شد. نتایج تحلیلی تحقیق نشان‌دهنده این امر است که فناوری‌های نوظهور از طریق توجه به رفع نیازهای جامعه با حفاظت از منابع طبیعی، توجه به سهم آیندگان از منابع طبیعی، کمک به پایداری منابع پایه (آب، خاک) کشاورزی و ارتقای امنیت غذایی به تحقق کشاورزی پایدار کمک می‌کنند.

نتایج تحلیل عاملی تحقیق حاکی از این بود که الزام به استفاده بهینه از منابع طبیعی ۱۶/۸۳ درصد واریانس الزامات آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور را در دستیابی به کشاورزی پایدار ایران تبیین می‌کند. این نقش از فناوری‌ها، پیش‌تر در تحقیقات Santiteerakul et al., 2020؛ Matthew, 2022؛ Othmane Friha et al., 2021 و Wreglesworth, 2023 تأیید شده است. این امر تاکید دوباره‌ای بر جایگاه کشاورزی فناورانه، در استفاده بهینه از منابع پایه تولید و تحقق کشاورزی پایدار است که فناوری‌های نوظهور می‌توانند اثرگذاری آن را تقویت نماید.

فناوری‌های نوظهور همچنین با افزایش کارایی و بهره‌وری تولید در واحدهای کشاورزی فناورانه از طریق استفاده بهینه از منابع تولید و همچنین توسعه کشاورزی سلامت‌محور و تولید محصولات صادرات‌محور، ارتقای کیفیت محصولات کشاورزی، تأثیر قابل توجهی در افزایش درآمد کشاورزان در درازمدت دارند. این کارکرد فناوری‌ها با نتایج تحقیق (Matthew, 2022; Jerotich 2021; Mustashkina et al, 2020; Boehlje and Langemeier, 2020 و Farooq et al., ۲۰۲۲) که نقش فناوری‌های نوظهور در کاهش هزینه‌ها و افزایش کلی کارایی و عملکرد بهتر و بهره‌وری را تأیید کردند، مطابقت و همپوشانی دارد. عامل دیگر در الزامات آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری-های نوظهور تأثیر آن‌ها در فناورانه شدن نظام تولید در زیربخش‌های کشاورزی است که در عبارتهای الزام به نفوذ فناوری در تولید کشاورزی، زمینه‌سازی توسعه واحدهای کشاورزی فناورانه در مناطق روستایی، کمک به رشد تحول‌خواهی جامعه کشاورزی، و ضرورت توسعه کشاورزی فناوری محور مورد تأیید خبرگان مورد بررسی قرار گرفت این نتیجه هم با نتایج تحقیقات (Matthew, 2022; Jerotich, 2021 و خوشخوی و همکاران، ۱۴۰۲) همسویی دارد. توسعه فرهنگ فناوری و نوآوری در جامعه روستایی و کشاورزی، الزام دیگری از آینده‌نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور در دستیابی به کشاورزی پایدار است که از سوی خبرگان کشاورزی با عبارتی همچون: استفاده از رسانه‌های کشاورزی ملی و محلی، ترویج استفاده از فناوری‌های نوین در کشاورزی، بهبود بینش شاغلین در بخش کشاورزی، ارتقای مهارت فنی بهره‌برداران، کوشش برای افزایش آگاهی بهره‌برداران و جذب جوانان تحصیل‌کرده به کشاورزی مدرن مورد توجه نمونه مورد بررسی قرار گرفت. این امر با نتیجه تحقیقات (Morara et al., 2020 و Matthew, 2022)، همپوشانی دارد. مدیریت راهبردی توسعه فناوری‌های نوظهور، الزام دیگری بود که با عبارتی همچون؛ عزم اراده ملی برای توسعه کشاورزی فناوری، هماهنگی نظام‌مند سازمان‌های کشوری، بهبود مدیریت تولید در کشاورزی، توسعه فعالیت استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناور، آمایش سرزمین برای شناخت نیازهای فناوری مورد تأیید نمونه مورد بررسی قرار گرفت که پیش‌تر در تحقیقات (اعتمادی، ۱۴۰۰ و Othmane Friha et al., 2023, Matthew, 2022) به تأیید رسیده بود.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، می‌توان گفت: الزامات، زمینه و شرایط مناسبی برای آینده-نگاری در حکمرانی فناوری‌های نوظهور در بستر توسعه کشاورزی فناورانه در ایران وجود دارد.

ضمن اینکه سودمندی فناوری‌های نوظهور با تولید محصولات سلامت‌محور و بازارپسند و افزایش کمیت و کیفیت محصولات که در این پژوهش و پژوهش‌های پیشین با اطمینان بالایی مورد تأیید قرار گرفت، تا اندازه زیادی مشوق اصلی سرمایه‌گذاران برای سرمایه‌گذاری در حوزه کشاورزی با فناوری‌های نوظهور است. توسعه فناوری‌های نوظهور در حوزه فعالیت‌های کشاورزی فناورانه علاوه بر کمک به حفاظت از منابع پایه کشاورزی، برای ورود جوانان تحصیل‌کرده به بخش تولید محصولات کشاورزی زمینه‌سازی می‌کند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود؛

- با عزم و اراده ملی، توسعه واحدهای کشاورزی فناورانه، با بهره‌مندی از فناوری‌های نوظهور موردتوجه و حمایت باشد.

- با حمایت‌های تسهیلاتی و حقوقی مناسب، زمینه ابداع، توسعه، بومی‌سازی و کاربرد فناوری‌های نوظهور در کشاورزی فراهم شود.

- آگاه‌سازی جامعه هدف نسبت به قابلیت‌ها و ظرفیت‌های فناوری‌های نوظهور، موردتوجه باشد. - رابطه انسان با محیط‌زیست اصلاح و توجه به سهم نسل آینده در محیط‌زیست و منابع طبیعی در فرهنگ عمومی جامعه نهادینه شود.

- با جایگزینی آینده‌نگاری با آینده‌نگری، تحقق کشاورزی پایدار و آینده مطلوب با استفاده از فناوری‌های نوظهور شتاب یابد.

- مدلی مناسب برای حکمرانی توسعه فناوری‌های نوظهور در بخش کشاورزی ایران طراحی و عملیاتی شود.

- از پژوهش‌های کاربردی آینده‌نگاری برای کاربردپذیر کردن فناوری‌های نوظهور در زیربخش‌های کشاورزی حمایت شود.

## Reference

- Ansarian, M. 2019. New technologies, environmental challenges, risks and opportunities, two specialized quarterly journals of contract law and new technologies, 1(2): 203-226, (In Farsi).
- Amiri, H., Damghanian, H. and Ebrahimi, S.A. 2018. Strategic foresight in order to improve the integration of human resources processes of defense organizations, Scientific-Research Quarterly



- of Command and Control, 3(2):55-71, (In Farsi).
- Behzadi, S., Rahnama, M.R. Young, J. and Anabistani, A.A. 2017. Identification of key factors affecting the development of tourism with a prospective case study approach: Yazd Province, Geographical Studies of Dry Areas, 9(33):37-52, (In Farsi).
- Boehlje, M. and Langemeier, M. 2021. "Importance of New Technologies for Crop Farming." *farmdoc daily* (11):32, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois at Urbana Champaign, March5,.Permalink :<https://farmdocdaily>.
- Dakhah, S., Bayat, R.A., Fazli, S., Keshavarz Turk, A.A. and Ebrahimi, A. (2017). Designing the ideal corporate foresight model, a case study: export management companies, *Management Future Research Quarterly*, 29 (111):31-48, (In Farsi).
- David, Guston. 2021. "Technology governance -OECD", <https://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/technology-governance>.
- Eskandari Nesab, A., Zare Mehrjardi, M. R. and Jalai, S. A. A. 2022. The impact of technology spillovers on environmental pollution with a degradation model approach, <https://doi.org/10.22055/jqe.2022.38476.2402>, (In Farsi).
- Etamadi, M., Mousavi S.N., and Amini Fard, A. 2021. Evaluating the factors influencing the acceptance of smart agricultural solutions to the climate with an emphasis on the characteristics of social and psychological capital, *Journal of Agricultural Economics*,16(1), pp:1-33,
- Farooq, M. Sh., Shamyala Riaz, A. A., Tariq, U., and Yousaf B. Z. 2020. Role of IoT Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review" *Electronics* 9 (2). <https://doi.org/10.3390/electronics>.
- Golka, Paula.2023. 5 Sustainable Farming Technologies That Make an Impact,[www.transformationholdings.com](http://www.transformationholdings.com).
- Georghiou.L, J. C.Harper, M.Keenan, , I.Miles, , & R .Popper. 2008. *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*: Edward Elgar Publishing Limited
- Jiang, H., Zhao, S., Zhang, S., Xu, X.2017."The adaptive mechanism between technology standardization and technology development: An empirical study", *Technological Forecasting & Social Change*, <https://doi.org/10.1016/j.tech.2017.11.015>.
- Jerotich, R. 2021. Impacts of Technology on Agriculture (AgriTechPreneur) , <https://mundash.blogspot.com> .

- Karim Mian, Z. and Falahati, N. 2022. Examining the governance structure in technology and innovation policy of the country based on the analysis of political networks, *Innovation Management Scientific Quarterly*, 11(2):1-26, (In Farsi).
- Khoshkhoi, M., Vahdati, M., Salehi, K., Azizi, H., Eshghi, M., Haghghi, S., Grigorian V., and Tafzali, M. L. 2023. Solutions for localization of new technologies in Iran's horticulture industry, *Journal of Strategic Researches in Agricultural Sciences and Natural Resources* 8(1), pp 17 – 28, (In Farsi).
- Kristian B. 2007. Emerging technologies in favour of sustainable agriculture, *Futures* 39(9):1045-1066, DOI:10.1016/j.futures.2007.03.016
- Linly, K., and Isabel, S. 2023. New Agriculture Technology in Modern Farming, <https://www.plugandplaytechcenter.com>
- Luciano, Edimara Mezzomo 2021. "Going the Extra Mile: Impact of Individuals' Behavior on Information Technology Governance". *Revista de Administração Contemporânea*. 25 (5). doi:10.1590/1982-7849rac2021190237.en. ISSN 1982 7849. S2CID 238049866
- Labs, c. 2023. Understanding Agritech: The Future of Agriculture Technology, <https://www.xcubelabs.com>.
- Martin, B, Nightingale, P, Yegros, A. 2012. "Science and technology studies: Exploring the knowledge base", *Research Policy*, Vol. 41, P. 211-264
- Matthew, N.O.S. 2022. *Emerging Green Technologies*, <https://www.routledge.com/Emerging-Green-Technologies/Sadiku/p/book/DOI> <https://doi.org/10.1201/9780429344213>
- Morara, N., Mark, N. and Russell, A. 2020 . Attitudes and Perceptions of Smallholder Farmers Towards Agricultural Technologies in Western Kenya. Department of Agricultural Sciences Education and Communication West Lafayette, Indiana May 2020 URL: <https://doi.org/10.25394/pgs.12268901.v1>
- Mustashkina, D. A., Karpova, N., Makarov, V. A. S., and Khannanov, M. M. 2020. Agricultural development using digital technologies, International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" FIES, <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700042>
- Namdarian, L. 2016. Presenting a comprehensive general framework for technology foresight, the first national conference on the future of engineering and technology, University of Science and Culture, Tehran, Iran, (In Farsi).
- Neranjan, N. T, Hayati, Y., Saifullah, M, Abu, B., & Pg Emerolyariffion, A. (2021). Internet of Things in Smart Agriculture: Challenges,

- Opportunities and Future Directions, <https://www.researchgate.net>, DOI: 10.1109/CSDE53843.2021.9718402
- Othmane Friha, M., Amine F., and Lei, Sh. 2021. Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies Iee/Caa Journal Of Automatica Sinica, 8(4).
- Prakash Sharma, I., and Kanta, Ch. 2021. Green Technology in Relation to Sustainable Agriculture: A Methodological Approach, Book Renewable Energy and Green Technology, eBook ISBN 9781003175926, <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003175926-3>
- Rajab-zadeh, A & Heydari-yekta, H. 2022. Productivity of agricultural industry with the application of good governance components in management, accounting and computer, The fifth national conference on the development of science and new technologies in management, accounting and computers. (In Farsi).
- Santiteerakul, S., Sopadang, A., Yaibuathet, K. T., and Tamvimol, K. 2020. The Role of Smart Technology in Sustainability Agricultural, 2020, 12, 4640; doi:10.3390/su12114640 [www.mdpi.com](http://www.mdpi.com).
- Salo, A., Cuhls, K. 2003. Technology Foresight-post and Future, Journal of Forecasting, 22(2), pp79-82
- Slaughter, R. A., 2002, From Forecasting and Scenarios to Social Construction: Changing Methodological Paradigms in Futures Studies, Foresight, Vol. 4, No. 3, PP. 26-31.  
<https://www.bcs.org/articles-opinion-and-research>.
- Sajjadpour, M. 2006. The place of values, moral principles and technological foresight, Andishe Sadeq Quarterly, Research Center of Imam Sadeq University, No.: 24-4, (In Farsi).
- Taylor, P. 2020. Why is governance so important to running and supporting technology?
- reglesworth, R. 2023. 11 Green Technologies and Techniques In Agriculture , <https://innovate-eco.com/11-green-technologies-and-techniques-in-agriculture>