FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 3, Autumn, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Smartening the agricultural water distribution structure based on social participation in rice farming

Afsaneh Berenjkar Gorabi[1*] , Ismaeil Kadivarkhah Chomachaei[2]

[*]1. PhD graduate, Geography and Rural Planning, Tehran Science and Research Institute, Tehran, Iran
2. PhD graduate, Geography and Rural Planning, Islamic Azad University, Rasht Branch, Rasht, Iran
[*]Email Address: Berenjkar.guilan@Gmail.com

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2025/08/09
Revised Date:
2025/08/22
Accepted Date:
2025/08/28
Published Date:
2025/10/01

Keywords:
Smart Irrigation,
Social Participation,
Water Distribution Structure,
Guilan and mazandaran

ABSTRACT

Given the water crisis and challenges of water resource management in agriculture, especially in rice cultivation, which requires high water requirements, designing smart water distribution systems with farmers' participation can help optimize water consumption, reduce conflicts, and increase productivity. This research seeks to investigate technological solutions to improve the water distribution system with a focus on stakeholder participation in the two northern provinces of the country. The study area examined in this research is the plain areas suitable for rice cultivation in the two northern provinces of Guilan and Mazandaran, which are considered the main rice producing areas in the country with a total of 452,960 hectares of cultivated area, and the share of water consumed in the two provinces of Guilan and Mazandaran is 47% of the country's total share. This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method, with a combined approach (qualitative-quantitative). The target population includes rice farmers, local irrigators, and water distribution system officials in the provinces of Guilan and Mazandaran who irrigate their fields using traditional methods and local irrigation. Focusing on the smartization of agricultural water distribution and relying on the social participation of rice farmers, this article seeks to identify the challenges in the water distribution system and examine the role of smart technologies such as IoT, remote sensing, and automated water management systems. The findings show that agricultural water management in these areas is mainly based on traditional methods, and modern technologies are used only at limited levels and in research farms to monitor rice fields. The results of the study indicate that the use of smart irrigation technologies by farmers can help in optimal water management in the study area and, while preventing its waste, lead to a balanced consumption of pesticides and fertilizers in accordance with the actual needs of the farms. In addition to the productivity of rice fields, this approach plays an effective role in preserving the environment.

Cite this article: Afsaneh Berenjkar Gurabi, , Ismaeil Kadivarkhah Chomachaei (2025). Smartening the agricultural water distribution structure based on social participation in rice farming, Journal of Environmental Sciences Studies. 10(3). Pages 10616 – 10630.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Water stress is a common and growing global challenge, as increasing uncertainty in weather due to climate change affects water availability in many regions and disrupts livelihoods and environmental functions, especially those related to agriculture and food security.Water resource management has always been one of the challenges that farmers have faced for centuries, and they have tried to address this challenge by forming network structures to irrigate their fields. In our country, water resource constraints have always been an issue that farmers face.). Since rice agriculture is a major consumer of water resources, it requires efficient management systems, and traditional water distribution can lead to resource waste and social conflicts among rice producers. Therefore, integrating indigenous knowledge and community participation with modern technologies (such as smart water monitoring systems) can help improve water distribution efficiency and rice cultivation sustainability. Smart irrigation based on the Internet of Things (IoT) leads to greater crop development, effective water management, and remote access compared to conventional irrigation systems. The strategy, which aims to provide remote access to the system and ensure that farmers have continuous information and control over their fields throughout the year.

Materials and methods

This research is applied in terms of purpose and descriptive-analytical in terms of method, conducted with a mixed (qualitative-quantitative) approach. The study population includes rice farmers, local irrigators, and water distribution system officials in the provinces of Guilan and Mazandaran who irrigate their fields using traditional methods and local irrigation. In this research, which aims to investigate the smartization of rice field irrigation methods and social participation of agricultural users, the data collection methods used are reviewing documents, articles, and reports related to smart water management and social participation, and semi-structured interviews, discussions with stakeholders (farmers, irrigation managers, technical experts) to identify challenges and solutions. Participatory observation, examining traditional water distribution processes in rice fields in the study area, and examining technological data using IoT sensors to monitor soil moisture and water consumption.

Results and discussion

In the participatory method where irrigation of farms has been based on traditional methods, artificial intelligence has come to the aid of farmers and, as an executive arm, can carry out the process of farm operations and management in a shorter time and with greater accuracy. In this way, local irrigators who have the role of distributing and managing water in farms can make real-time decisions in water management and distribution by taking advantage of artificial intelligence. Smart panels installed in rice fields can provide accurate information about the level of need of rice fields to irrigators to guide them in making appropriate decisions and take real-time, effective and appropriate actions according to the needs of each farm. However, the important point is the infrastructure part in making farms smart. With the entry of governing institutions in order to inform traditional irrigators of the role of making rice fields smart in facilitating irrigation matters and reducing waste of resources, which is in the interest of rice farmers, and also taking macro-policies in paying low-interest and long-term facilities in order to make farms smart, they can have a revolution in the field of agricultural water management.

Conclusion

The use of modern irrigation systems using smart technologies is a revolution in irrigation and rice production. The two provinces of Guilan and Mazandaran, as the two rice producing hubs of the country, are also facing limited access to water resources during the rice growing seasons, like other provinces, and traditional irrigation structures no longer meet this need to improve the production process and increase productivity. There is a need for technology as an effective and technical arm to help traditional irrigators to make optimal use of limited water resources using modern tools and techniques. In the study conducted in the two provinces under study, irrigation methods are carried out traditionally and with the social participation of the farmers themselves, and the use of artificial intelligence and modern technologies is limited to research studies that use smart devices installed in rice fields using existing sensors to assess soil moisture levels, water needs, etc., and irrigation is carried out in proportion to the information obtained from these devices. The social participation of farmers, which plays a central role in smart irrigation of rice fields, is not limited to the acceptance of technology, but also includes active cooperation, collective management, and building trust among stakeholders.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۳
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

هوشمند سازی ساختار توزیع آب زراعی بر پایه مشارکت اجتماعی در کشاورزی برنج

افسانه برنجکار گورابی [۱*]، اسماعیل کدیورخواه چماچائی [۲]

*۱- دانش آموخته دکتری تخصصی، جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران
۲- دانش آموخته دکتری تخصصی، جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، رشت ، ایران
*ایمیل نویسنده مسئول: Berenjkar.Guilan@Gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۵/۱۸
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۵/۳۱
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۶/۰۶
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۷/۰۹

کلید واژه ها:
آبیاری هوشمند،
مشارکت اجتماعی ،
ساختار توزیع آب،
گیلان و مازندران

چکیده

باتوجه به بحران آب و چالش‌های مدیریت منابع آبی درکشاورزی، به‌ویژه درکشت برنج که نیاز آبی بالایی دارد، طراحی سیستم‌های هوشمند توزیع آب با مشارکت کشاورزان می‌تواند به بهینه‌سازی مصرف آب، کاهش تعارضات و افزایش بهره‌وری کمک کند. این پژوهش به دنبال بررسی راهکارهای فناورانه برای بهبود نظام توزیع آب با محوریت مشارکت ذینفعان در دو استان شمالی کشور است. محدوده مطالعاتی مورد بررسی در این پژوهش مناطق جلگه ای و مستعد کشت برنج در دو استان شمالی گیلان و مازندران است که در مجموع با ۴۵۲/۹۶ هزار هکتار سطح زیر کشت به عنوان اصلی‌ترین مناطق تولید کننده برنج در کشور محسوب می‌شوند و سهم آب مصرفی دو استان گیلان مازندران ۴۷ درصد سهم کل کشور است. این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است که با رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی) است. جامعه هدف شامل کشاورزان برنج‌کار، آبیاران محلی و مسئولان نظام توزیع آب در استان‌های گیلان و مازندران است که مزارع خود را با استفاده از روش های سنتی و آبیارهای محلی آبیاری می کنند. مقاله حاضر با تمرکز بر هوشمندسازی توزیع آب زراعی و با تکیه بر مشارکت اجتماعی کشاورزان برنج‌کاران، درصدد شناسایی چالش‌های موجود در سیستم توزیع آب و بررسی نقش فناوری‌های هوشمند مانند IoT، سنجش از دور و سیستم‌های مدیریت خودکار آب است. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدیریت آب زراعی در این مناطق عمدتاً بر روش‌های سنتی استوار است و فناوری‌های نوین تنها در سطوح محدود و مزارع تحقیقاتی برای پایش مزارع برنج به کار گرفته می‌شوند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند آبیاری توسط کشاورزان می‌تواند به مدیریت بهینه آب، در محدوده مطالعاتی کمک کند و ضمن جلوگیری از هدر رفت آن به مصرف متعادل سموم و کودها متناسب با نیاز واقعی مزارع بینجامد. این رویکرد علاوه بر بهره‌وری مزارع برنج نقش مؤثری در حفظ محیطزیست دارد .

.

.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2025.540244.2392

۱-مقدمه

تنش آبی یک چالش جهانی رایج و رو به افزایش است، زیرا افزایش عدم قطعیت در آب و هوا به دلیل تغییرات اقلیمی، بر دسترسی به آب در بسیاری از مناطق تأثیر می‌گذارد و معیشت و عملکردهای زیست‌محیطی، به ویژه آن‌هایی که مربوط به کشاورزی و امنیت غذایی هستند را مختل می‌کند (Sidle et al,2023). آب و غذا برای بقای انسان ضروری هستند و با توجه به بحران قریب‌الوقوع آب، تقاضای فزاینده‌ای برای غذا وجود دارد که نیازمند فناوری‌های نوآورانه است از طرفی در حالی که برنج یک محصول اساسی جهانی است که برای امنیت غذایی ضروری است (Djaman et al,2020)، مفهوم مزارع برنج عموماً به عنوان مزرعه برنج، عمدتاً در شرایط غرقاب، شناخته می‌شود و با کانال‌های آبیاری و زهکشی، طرح‌های پیچیده‌ای که عوامل فنی، اقتصادی، زراعی و اجتماعی بی‌شماری را ترکیب می‌کنند، طراحی می‌شوند.آینده تولید برنج به دلیل حساسیت بیشتر آن به تنش خشکی نسبت به سایر غلات به خطر افتاده است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵، تولید برنج با کمبود آب ۲۰ درصدی مواجه شود. بنابراین، اجرای مدیریت آب و استراتژی‌های زراعی که مصرف آب را بدون تأثیر بر عملکرد برنج کاهش می‌دهند تا از جمعیت رو به رشد حمایت کنند (Bwire et al,2024). از طرفی مدیریت منابع آبی همواره یکی از چالش هایی بوده است که در قرون متعدد کشاورزان با آن مواجه بودند و با تشکیل ساختارهای شبکه ای برای آبیاری مزارع تلاش در رفع این چالش داشتند. درکشور ما نیز محدودیت منابع آبی همواره مسئله‌ای بود که کشاورزان با آن مواجه هستند. امروزه با توجه به تغییرات آب و هوایی و تغییر الگوی بارش، کاهش نزولات جوی، افزایش دما،کاهش منابع آبی، رشد جمعیت و افزایش نیاز آبی برای مصارف مختلف، کاهش سطح آب زیرزمینی به علت برداشت بی‌رویه آب بیش ازگذشته، مسئله‌ای حائز اهمیت بوده و جامعه کشاورزی و برنجکاری را با مشکل جدی و بحران کم آبی مواجه نموده است(برنجکار۱۴۰۳). بحران آب همیشه به دلیل مشکل کمبود آب نیست، زیرا آب کافی برای همه مردم وجود دارد، بلکه به دلیل سوء مدیریت و بحران‌های حکمرانی عمومی است. حکمرانی آبیاری در یک جامعه اغلب به تعاملات چند سطحی بین نهادهای رسمی و غیررسمی بر اساس قوانین توافق شده مربوط می‌شود (Mahaarcha& Sirisunhirun,2023). مالکیت آب مهم ترین عالم در تحول و تغییر قوانین آب در ایران بوده است که قبل از اصلاحات اراضی جزو مشترکات و ماکیت خصوصی، اما بعد از اصلاحات اراضی در زمره انفعال و تحت حفاظت دولت شد(طالبی و همکاران ۱۳۹۹). در سیستم‌های سنتی میراب‌ها(متولی تقسیم آب) به عنوان یکی از ارکان اصلی توزیع عادلانه آب در شالیزارهای برنج عمل می کردند. این افراد با درک دقیق از نیازهای زراعی و شرایط هیدرولوژیکی منطقه، نقش کلیدی درکاهش تنش‌های آبی و افزایش بهره‌وری مزارع ازمنابع آبی موجود را ایفا می‌کردند (برنجکار۱۴۰۳). در عصر حاضر باتوجه به افزایش تقاضا و کاهش منابع آبی برای تولید برنج که غذای اصلی میلیاردها نفراست و نیز یک منبع کلیدی اشتغال و درآمد برای جمعیت روستایی محسوب شده و به طور خاص به آب نیاز دارند. در مدیریت منابع آب می‌بایست بیشتر به مدیریت عرضه توجه کرد که براساس هنجارهای شکل گرفته از سنت‌های کهن در توزیع آب علاوه بر رفع نیازکم‌آبی مزارع در راستای تحقق عدالت اجتماعی و مشارکت همه سهامداران(خرده مالکین) در مدیریت آب صورت گیرد(برقی،۱۳۹۳). از مهم ترین ویژگی نظام سنتی آبیاری در ایران، ساختاربندی نظام بهره برداری از آب و منابع آبی است که بر حسب قواعد و مقرراتی که در عرف شناخته شده بود توزیع می‌شد(نجفلو، ۱۳۹۸، ۲۹) و میراب‌ها که میراث نظام سنتی آبیاری اراضی کشاورزی بودند به عنوان بخشی از مدیریت توزیع آب با مشارکت بومیان آگاه برکشاورزی درساختار نظام آبیاری به صورت یک ساختار بندی اجتماعی با مدیریت مالک در راس ساختار، برپایه دانش بومی، عرف و سنت شکل گرفته و وظیفه نوبت بندی، توزیع و تقسیم آب در مزارع را برعهده داشته اند(برنجکار و همکاران،۱۴۰۱). از آنجایی که کشاورزی برنج یکی از مصرف کنندگان اصلی منابع آب، نیازمند سیستم‌های مدیریتی کارآمد است و توزیع سنتی آب می تواند منجر به هدررفت منابع و اختلافات اجتماعی در بین تولید کنندگان برنج شود، ازاین‌رو، تلفیق دانش بومی و مشارکت اجتماعی با فناوری‌های نوین (مانند سیستم‌های هوشمند پایش آب) می‌تواند به بهبود کارایی توزیع آب و پایداری کشت برنج کمک کنند. هدف از توسعه آبیاری هوشمند آب برای کشاورزی برنج از طریق اینترنت اشیا (SWIMPS)، آبیاری خودکار آب و نظارت هوشمند بر دما، رطوبت و رطوبت خاک است تا عملیات دستی کشاورز در کشاورزی برنج کاهش یابد و هزینه‌های ورودی که مستقیماً بر طرح کشاورزی برنج تأثیر می‌گذارد. بهترین استفاده ممکن از منابع آب در محیط کشاورزی دقیق را می‌توان با کمک سیستم‌های مدیریت آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا به دست آورد. با استفاده از حسگرهای عوامل زمینی مانند رطوبت خاک، دمای خاک و شرایط محیطی و همچنین داده‌های پیش‌بینی آب و هوای آنلاین، یک سیستم هوشمند می‌تواند نیاز یک مزرعه به آبیاری را تخمین بزند(Migan Vincent Gumonan et al,.2024). آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا در مقایسه با سیستم‌های آبیاری مرسوم، منجر به توسعه بیشتر محصول، مدیریت مؤثر آب و دسترسی از راه دور می‌شود (Abdikadir et al., 2023). استراتژی که هدف آن فراهم کردن دسترسی از راه دور به سیستم است و تضمین می‌کند که کشاورزان در تمام طول سال به طور مداوم اطلاعات و کنترل بر مزارع خود را دارند، از طریق یک میکروکنترلر Renesas پیکربندی شده است که انتقال و دریافت داده‌ها را از طریق یک ماژول GSM مدیریت می‌کند. اینترنت اشیا از طریق اتوماسیون و کاهش تلاش انسانی می‌تواند کارایی فعالیت‌های کشاورزی و دامداری را بهبود بخشد (Velmurugan et al., 2020) و به کشاورزان کمک می‌کند تا از طریق بهره‌وری و سود بالا، استاندارد زندگی خود را بهبود بخشند. از طریق اجرای این فناوری، نیاز به دخالت انسان می‌تواند به طور قابل توجهی کاهش یابد. با وجود تمام نکات مثبت، چالش‌های مربوط به هزینه‌های بالای قطعات، عدم

دسترسی به اینترنت و عدم دانش کاربردی در بین کشاورزان، هنوز محدودیت‌هایی در تبدیل و پذیرش مزارع هوشمند امروزی وجود دارد(Rafique et al., 2021). دراین مقاله به بررسی و واکای تمایز بین استفاده از ساختارهای اجتماعی با تاکید بر آبیارهای محلی و استفاده از هوش مصنوعی و اینترنت اشیا درآبیاری مزارع برنج در محدوده برنج کاری دو استان گیلان و مازندران پرداخته شده است. پژوهش حاضر به دنبال پاسخ به این پرسش است که؛ چگونه می‌توان با ترکیب فناوریهای هوشمند و مشارکت اجتماعی، ساختار توزیع آب زراعی در کشاورزی برنج را در محدوده مطالعاتی که قطب تولید برنج در کشور هستند، بهینه‌سازی کرد؟" در این زمینه نیز مطالعاتی صورت گرفته که بخش از این مطالعات در حوزه مشارکت اجتماعی در توزیع آب و جایگزین شدن هوشمند سازی آبیاری مزارع برنج به جای استفاده از روش های سنتی همراه با مشارکت کشاورزان برنج کار بدین شرح می باشند: (Mahaarcha and Sirisunhirun,2023) نیز به بررسی نقش مشارکت اجتماعی در آبیاری مزارع برنج پرداخته و با مطالعه سرمایه اجتماعی و مشارکت کشاورزان در مدیریت چند سطحی آبیاری درکشور تایلند به بررسی اینکه چگونه سرمایه اجتماعی شناختی و ساختاری می‌تواند در مشارکت کشاورزان در حکمرانی چند سطحی آبیاری (سطح قانون اساسی، انتخاب جمعی و عملیاتی) نقش داشته باشد پرداختند این مطالعه که با هدف بررسی نقش سرمایه اجتماعی بر مشارکت کشاورزان در حکمرانی چند سطحی آبیاری در پروژه آبیاری کشور تایلند انجام شد، به این نتایج دست یافتند که سطح بالای اعتماد در جامعه و بین جوامع منجر به سطح پایین مشارکت کشاورزان در قانون‌گذاری شده است و نیز افزایش تعامل بین کشاورزان و مقامات دولتی، مشارکت آن‌ها را در قانون‌گذاری و تصمیم‌گیری در مدیریت آبیاری را بیشتر خواهد کرد. همچنین بر اساس نتایج به دست آمده در این مطالعه توصیه می شود که تشویق فعالیت‌ها برای افزایش تجربیات، دانش و درک در جامعه، تقویت ارتباطات و روابط عمومی در مورد مدیریت آبیاری و ارتقای نقش بیشتر سازمان‌های دولتی مرتبط با کشاورزی در همکاری با پروژه‌های آبیاری، در کنار هم مدیریت پایدار آبیاری را فراهم کرده و تضاد منافع را کاهش می‌دهد. (Blanco and Donoso,2024) نیز به مطالعه اینکه چگونه انجمن‌های محلی مصرف‌کنندگان آب، مدیریت منابع آب در شیلی را شکل داده‌اند پرداختند و با استفاده از یک نسخه اقتباس‌شده از چارچوب ترکیبی تحلیل و توسعه نهادی (IAD) و سیستم اجتماعی–اکولوژیکی (SES)، که با نام CIS نیز شناخته می‌شود، یک تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای از دو مورد متمایز شیلی انجام دادند که در آن نقش حیاتی عوامل تاریخی را در کنار حمایت نهادی، چشم‌اندازهای سیاسی و واقعیت‌های مالی در شکل‌دهی به شیوه‌های فعلی مدیریت آب مورد بررسی قرار گرفت. در نتایج بدست آمده این تحقیق نشان می‌دهد که وقتی بازیگران همسو می‌شوند و اقداماتی برای حمایت از مدیریت محلی کاربران آب انجام می‌شود، مدیریت منابع آب کارآمدتر، پایدارتر و کمتر درگیر مناقشه رخ می‌دهد. علاوه بر این، این مطالعه نشان می‌دهد که چگونه تجربیات، مبارزات و موفقیت‌های این انجمن‌های محلی کاربران، سیاست‌های ملی را شکل داده‌اند، به‌ویژه در مورد توسعه مکانیسم‌های نظارتی و ارتقای همکاری دولتی–خصوصی در مدیریت آب. این تلاش‌ها نه تنها سیستم‌های مدیریت آب مقاوم‌تری را پرورش داده‌اند، بلکه قدرت سازمان‌های مردمی را در شکل‌دهی به سیاست‌های پایدار گسترده‌تر نیز نشان داده‌اند. (Karki and Yokota,2025) در مطالعه کشاورزی مبتنی بر جامعه مدیریت منابع آب و عوامل مهم برای شیوه‌های سازگاری در کشور نپال بر سازگاری‌های مبتنی بر جامعه (CBAs) کشاورزان شالیکار برای مدیریت منابع آب کشاورزی متنوع در سطح خرد–مکانی، به ویژه در جوامع چندبعدی،انجام شده است. هدف این مطالعه، پر کردن این شکاف و تمرکز بر چگونگی تأثیر تنوع جامعه و ویژگی‌های خانوار بر سازگاری کشاورزان با روش‌های مختلف CBA است. نتایج نشان داد که مشارکت کشاورزان در گروه‌های اجتماعی متفاوت است. برای درک مهم‌ترین عوامل مرتبط در تنوع جامعه و ویژگی‌های خانوار برای اتخاذ منابع آب مختلف، بیشترین اقدامات ساختاری اتخاذ شده مدیریت جریان آب (۵۴٪) از آبیاری و پوشش گیاهی منطقه حائل (۵۴٪) از رودخانه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بر اساس یافته‌های بدست آمده، نشان می‌دهد دسترسی به آب مرتبط با تنوع اجتماعی، مالکیت زمین و میزان مصرف آب برای بهبود مشارکت کشاورزان در مدیریت آبیاری مهم است. با این حال، برای مدیریت رودخانه، تنوع اجتماعی که به موقعیت مکانی نسبت به رودخانه مربوط می‌شود و با درآمد خانوار و فاصله از زمین‌های کشاورزی مرتبط است، عامل مهمی است (Migan Vincent Gumonan et al,.2024). در بررسی آبیاری هوشمند کشاورزی برنج از طریق اینترنت اشیا، به این نتایج دست یافتند که با استفاده از این سیستم می تواند به اصلاح و بهبود سیستم‌های آبیاری برای بهینه‌سازی مصرف آب در کشاورزی کمک کند و استفاده از آن نه تنها منابع آب را حفظ می‌کند، بلکه نگرانی‌های مربوط به کمبود آب و شرایط خشکسالی را نیز برطرف می‌کند و توسعه آن می تواند با شرایط آب و هوایی متغیر سازگار شوند و شیوه‌های کشاورزی پایدار را در مواجهه با تغییرات اقلیمی تضمین کنند، همچنین با آموزش کشاورزان و عموم مردم در مورد مزایای آبیاری هوشمند آب و نحوه استفاده مؤثر از این سیستم‌ها کمپین‌های آگاهی‌بخشی برای استفاده مسئولانه از آب زراعی را ترویج دهند. (Grosse et al,.2024)، با استفاده از ابزارهای چند منظور و تک منظوره به بررسی به مطالعه و بررسی مدیریت کشاورزی دقیق بر مزارع برنج در مرکز ژاپن به استقرار دستگاه‌های اینترنت اشیا کم‌هزینه، امکان ثبت داده‌های جامع WR را بدون تکیه بر ورودی دستی فراهم کرد. این مطالعه با موفقیت نشان داد که مقاوم‌سازی ماشین‌آلات کشاورزی قدیمی با دستگاه‌های اینترنت اشیا کم‌هزینه می‌تواند جمع‌آوری سوابق کار را خودکار کند و پتانسیل این رویکرد را برای جایگزینی روش‌های دستی ثبت داده‌ها نشان دهد. این سیستم با قادر ساختن کشاورزان به نظارت بر الگوهای کاری خاص و تصمیم‌گیری بر اساس داده‌های بلادرنگ، قابلیت بهبود بهره‌وری عملیاتی و کمک به افزایش بهره‌وری کشاورزی را دارد. در نهایت، ادغام این داده‌ها با سیستم‌های اطلاعات مدیریت مزرعه از طریق استانداردهایی(مانند FMIS) ژاپنی می‌تواند قابلیت همکاری بین پلتفرم‌های مختلف را فراهم کند و تصمیم‌گیری آگاهانه در کشاورزی را بیشتر تسهیل کند.

(Taris et al., 2022)، در مطالعه سیستم آبیاری مزارع برنج در اندونزی به جای استفاده از شیوه های سنتی رایج که به تعداد بیشتر کانال های آبیاری موثر در کشت برنج نیاز است، از دو روش تجهیزات آبیاری خودکار مزارع برنج و برنامه‌های کاربردی تلفن‌های هوشمند جهت آبیاری هوشمند مزارع برنج استفاده نمودند. هدف اصلی این پروژه نظارت و کنترل سطح آب در مزرعه است که به طور قابل توجهی بر بهره‌وری انرژی و مصرف آب تأثیر می‌گذارد. ویژگی‌های خاص آبیاری برنج، مانند مسافت‌های طولانی و طرح‌های کاری مختلف پمپ‌های آب، نیز در آن مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج بدست آمده از روش های اجرایی صورت گرفته مبتنی بر استفاده ازIoT برای نظارت، درصد امکان پذیری این آزمون ۱۰۰ درصد بدست آمده است. (Limi et al,. 2022)، در مطالعه ای با هدف تعیین رابطه بین مشارکت کشاورزان برنج در مدیریت منابع آب بر تولید برنج در کشور که جامعه آماری مورد بررسی آن، کلیه کشاورزانی هستند که عضو انجمن کشاورزان مصرف‌کننده آب هستند، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مشارکت کشاورزان برنج در مدیریت منابع آب بر تولید برنج در قالب برنامه‌ریزی، حضور، تهیه هزینه‌ها و امنیت در مدیریت منابع آب، ارتباط معناداری با تولید برنج در مناطق پست دارد، به طوری که تا حدودی مشارکت بیشتر کشاورزان در مدیریت منابع آب می‌تواند تولید برنج در مناطق پست را افزایش دهد و دسترسی به برنج همیشه برای حفظ امنیت غذایی منطقه‌ای در دسترس باشد.(Sangeetha and Srinivas,2021)، در مطالعه آبیاری هوشمند و کشاورزی دقیق شالیزار با پرداختن به چالش‌های مختلف در پیاده‌سازی سیستم خودروی زمینی بدون سرنشین (UGV) و اینترنت اشیا (IoT) در کشت برنج، راه‌حلی برای این مشکل آبیاری ارائه شده است. در این مطالعه از یک UGV که حامل حسگرها است، برای جمع‌آوری داده‌های حسگر (سطح آب، آب باران، رطوبت، دما، شدت نور) از سطح شالیزار استفاده شد که توسط برنامه ابری و برنامه تلفن همراه کنترل می‌شود. در این بررسی در مقایسه استفاده از دو روش سنتی و هوشمند سطح آب حفظ شده با استفاده از راه‌حل مبتنی بر برنامه تلفن همراه، راه‌حل مبتنی بر ابر و با پیروی از روش سنتی آبیاری مقایسه شد که در نتایج بدست آمده راه‌حل مبتنی بر ابر کارآمدتر تشخیص داده شد و در مقایسه با روش آبیاری سنتی، در روش هومند نیروی انسانی مورد نیاز برای فرآیند آبیاری را کاهش می‌دهد و همچنین هدررفت آب جلوگیری و در نتیجه در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود. (Awais et al,2025)، در مطالعه استفاده از فناوری‌های آبیاری هوشمند و چشم‌اندازهایی برای افزایش بهره‌وری مصرف آب برای کشاورزی پایدار، گذار از آبیاری‌های مرسوم و اغلب ناکارآمد مبتنی بر جاذبه به روش‌های آبیاری دقیق امروزی مبتنی بر فشار بررسی شده و به مشکلات مرتبط با آبیاری پرمصرف آب، امکان به‌روزرسانی تکنیک‌های مرسوم و پیشرفت در فناوری‌های آبیاری هوشمند و دقیق پرداخته شده است. اصول و فرآیندهای آبیاری هوشمند، مانند کنترل حلقه باز و بسته، سیستم‌های نظارت و کنترل دقیق، و روش‌های نظارت هوشمند مبتنی بر داده‌های خاک، وضعیت آب گیاه، داده‌های آب و هوا، سنجش از دور و مدیریت مشارکتی آبیاری از موارد مورد بررسی در این مطالعه بوده است و نیز برای تأکید بر پتانسیل این فناوری‌ها برای آینده‌ای پایدارتر در کشاورزی، چندین تکنیک هوشمند، از جمله اینترنت اشیا، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، یادگیری عمیق و منطق فازی، و تأثیرات آنها بر عملکرد محصول و صرفه‌جویی در مصرف آب در محصولات مختلف مورد بحث قرار گرفته است، این بررسی با خلاصه کردن محدودیت‌ها و چالش‌های اجرای سیستم‌های آبیاری دقیق و هوش مصنوعی در کشاورزی همراه با برجسته کردن رابطه اتخاذ آبیاری دقیق و در نهایت دستیابی به اهداف مختلف توسعه پایدار (SDGs) به پایان می‌رسد.

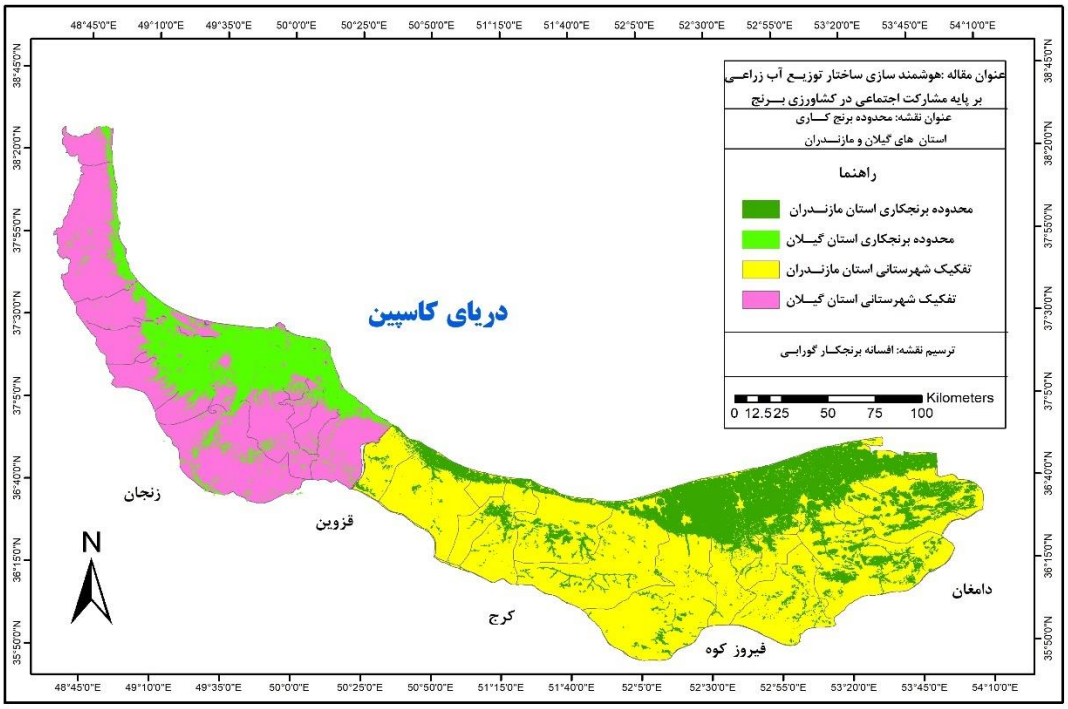
۲-روش انجام تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، توصیفی-تحلیلی است که با رویکرد ترکیبی (کیفی-کمی) انجام می‌شود. جامعه مورد مطالعه شامل کشاورزان برنج‌کار، آبیاران محلی و مسئولان نظام توزیع آب در استان‌های گیلان و مازندران است که مزارع خود را با استفاده از روش های سنتی و آبیارهای محلی آبیاری می کنند. در این پژوهش که با هدف بررسی هوشمند سازی روش های آبیاری مزارع برنج و مشارکت اجتماعی بهره برداران کشاورزی است از روش‌های گردآوری داده‌ها بررسی اسناد، مقالات و گزارش‌های مرتبط با مدیریت آب هوشمند و مشارکت اجتماعی و مصاحبه نیمه ساختاریافته، گفت‌وگو با ذینفعان (کشاورزان، مدیران آبیاری، کارشناسان فنی) برای شناسایی چالش‌ها و راهکارها. مشاهده مشارکتی، بررسی فرآیندهای سنتی توزیع آب در مزارع برنج در محدوده مطالعاتی و بررسی داده‌های فناورانه استفاده از سنسورهای IoT برای پایش رطوبت خاک و مصرف آب استفاده شده است.

- محدوده مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی مورد بررسی در این پژوهش مناطق جلگه ای و مستعد کشت برنج در دو استان شمالی گیلان و مازندران است که در مجموع با ۴۵۲/۹۶ هزار هکتار سطح زیر کشت به عنوان اصلی‌ترین و پایدارترین مناطق تولید کننده برنج در کشور محسوب می‌شوند. این دو استان ۶۴/۱۱ درصد از کل سطح زیر کشت و ۶۳/۴۰ درصد از کل شلتوک تولیدی را طی سه سال اخیر ۱۴۰۰-۱۴۰۳ به خود اختصاص داده اند. سایر استان ها در مجموع سهمی معادل ۳۵/۸۹ درصد از سطح کل زیر کشت و ۳۶/۶۰ درصد از کل تولید را داشته‌اند (شکل ۱). استان گیلان بزرگ‌ترین تولیدکننده ارقام بومی و با کیفیت برنج در کشور به‌شمار می‌آید که با ۲۳۸ هزار هکتار اراضی شالیزاری، رتبه نخست کشور را از لحاظ سطح زیر کشت و رتبه دوم تولید برنج را به خود اختصاص داده است(تجددی طلب و همکاران ۱۴۰۳). تعداد بهره برداران

کشت برنج در این دو استان به طور مجموع برابر با ۶۹۷ هزار نفر است که تعداد ۳۹۷ هزار نفر در استان گیلان و تعداد ۳۰۰ هزار نفر بهره‌بردار کشاورز در استان مازندران مشغول به فعالیت زراعت و کشت برنج می باشند. شیوه های سنتی کشاورزی روش غالب در کشت برنج این دو استان است که با توجه به اهمیت دو استان به عنوان تولید کنندگان اصلی برنج در کشور و راندمان بالای بهره‌وری آب و تولید برنج می تواند با جایگزین کردن شیوه های مدرن و فناوری نوین راندمان تولید را ارتقا داده و با بالا بردن افزایش بهره‌وری افزایش تولید برنج در سطح زیر کشت را برای کشور در جهت بهبود امنیت غذایی و شرایط اقتصادی داشته باشد. در کشور سهم آب مصرفی کشاورزی برنج بین ۸ تا ۱۰ میلیارد مترمکعب است که از این میزان سهم دو استان گیلان مازندران ۴۷ درصد سهم کل کشور است (حسینی و همکاران، ۱۴۰۲)که این دو استان بالاترین میزان بهره وری و تولید برنج را در کل کشور دارند.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

- ساختار بندی آبیاری مزارع برنج براساس ساختار اجتماعی سنتی و آبیاری هوشمند مزارع برنج در استان های مورد بررسی

در این مبحث، مروری بر بررسی مقایسه ای و معرفی دو ساختار سنتی و مدرن در آبیاری مزارع برنج از منظر شاخص‌های عملکردی، مزیت‌ها و چالش‌های هریک از آن ها در مدیریت منابع آبی خواهیم داشت و در ادامه نیز این ساختارها نیز در محدوده مورد مطالعاتی بر اساس اطلاعات ساختاری مدیریت اب زراعی آن مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و نقش آن ها در بهینه سازی مدیریت منابع آبی اراضی زراعی به شیوه تلفیقی بر پایه مشارکت اجتماعی نیز تشریح می شود.

- ساختار اجتماعی (سنتی) با تکیه بر آبیارهای محلی در توزیع آب زراعی

- **تعریف مشارکت**

مشارکت به مفهوم تشریک مساعی و شریک شدن عده ای در امری برای حصول هدف نهایی(داوری دهکردی، ۱۳۹۱). در توزیع آب زراعی مشارکت اجتماعی به مفهوم مشارکت افراد مناسب در زمان مناسب برای توزیع مناسب آب زراعی است که این افراد در تمام سطوح برنامه‌ریزی اعم از بهره‌برداری و نگهداری از کانال‌های آب بر، لایروبی بهنگام رودخانه های آب بر منتهی به شالیزارهای برنج، برنامه ریزی و توزیع آب زراعی در سطوح مزارع می باشند. لذا تمامی اقدامات در جهت توزیع آب می بایست با حضور و مشارکت ذینفعان آب در سطوح مزارع انجام گیرد. در این زمینه بهینه کردن آبیاری و ترویج مشارکت اجتماعی عوامل متعددی از جمله عوامل فردی (سطح سواد و میزان آگاهی، سن، تجربه، مالکیت و درآمد)، اقتصادی (میزان درآمد، هزینه احداث شبکه، وضعیت اشتغال و امنیت شغلی منطقه)، اجتماعی (میزان اعتماد به دولت، میزان هماهنگی و مشارکت و تفاهم گروهی) و فرهنگی (فرهنگ مشارکت، پذیرش ایده های نوین و رهبر محلی و میزان نفوذ آن در مردم)(داوری دهکردی، ۱۳۹۱) نیز اثرگذار است که می بایست در تمام طرح ها و برنامه های در دست اجرا، مورد توجه قرار گرفته و اجرای آن به تناسب ویژگی های بهره بردارن به تناسب مناطق انجام شود.

- **وظایف و عملکرد میراب یا آبیار سنتی در آبیاری مزارع برنج**

۱.تنظیم جریان آب ورودی به مزارع:

کنترل میزان آب ورودی از رودخانه، نهر یا کانال‌های اصلی به زمین‌های برنج و باز و بست کردن جوی‌ها و شیرهای آب برای هدایت آب به قسمت‌های مختلف مزارع برنج از مهم‌ترین عملکرد های میراب در توزیع آب زراعی در مزارع برنج است.

۲. تقسیم عادلانه آب بین کشاورزان:

در مناطق با منابع آب محدود، میراب زمان بندی آبیاری را مدیریت می‌کند تا همه کشاورزان سهم منصفانه‌ای دریافت کنند و از اختلافات محلی بر سر آب نیز جلوگیری می کند.

۳. توزیع دقیق و کنترل سطح آب در مزارع برنج:

برنج به آب فراوان نیاز دارد، بنابراین میراب مطمئن می‌شود که سطح آب در خزانه (محل جوانه زنی بذرها) و مزارع اصلی همیشه مناسب باشد. همچنین از خشک شدن یا غرقاب شدن بیش از حد مزرعه جلوگیری می کند.

۴. تعمیر و نگهداری کانال‌های آبیاری:

لایروبی جوی‌ها و رفع انسداد مسیر آب، ترمیم شکستگی‌ها در دیواره‌های خاکی یا بتنی کانال‌ها از مهم‌ترین فعالیت میراب ها در تعمیر و نگهداری کانال های آبیاری است

۵. هماهنگی با کشاورزان و مسئولان محلی:

برنامه‌ریزی زمان آبیاری بر اساس فصل، نوع خاک و نیاز گیاه و نیز گزارش مشکلات به نهادهای مسئول (مانند شرکت آب‌منطقه‌ای).

– ابزارهای و روش ها سنتی میراب ها در تقسیم و توزیع آب زراعی و آبیاری مزارع برنج

- **ابزارهای سنتی میراب‌ها برای کنترل آب در استان گیلان**

۱. تُنگ یا تُنگک (مشابه دریچه چوبی) که یک صفحه چوبی یا فلزی است و از آن برای برای تنظیم جریان آب در جوی‌های آبیاری مزارع استفاده می کنند.

۲. کُتَل، (کانال انحرافی کوچک) مسیری فرعی است برای هدایت آب به زمین های زراعی دورتر.

۳. لیلک، (لوله‌های بامبو یا تنه درخت توخالی) در گذشته برای انتقال آب از جوی اصلی به مزرعه استفاده می‌شد.

۴. چپَر، (دیواره خاکی دور شالیزار) برای جلوگیری از نفوذ آب به زمین‌های مجاور.

- **ابزارهای سنتی میراب‌ها برای کنترل آب در استان مازندران**

۱. نَوْ (Nau) یا نهرهای سنتی شبکه‌ای از نهرهای کوچک و بزرگ که آب را از رودخانه‌ها یا چشمه‌ها به مزارع منتقل می‌کنند.

میراب مسئول تقسیم عادلانه آب بین کشاورزان است (رودخانه های تجن ، هراز و بابلرود از مهم ترین رودهای مازندران هستند که به رودخانه های ثلاصه مازندران شهرت دارند(یدالله پور عربی و همکاران،۱۴۰۱).

۲. بند (Band) یا سدهای سنتی: ساخت بندهای چوبی یا سنگی در مسیر رودخانه‌ها برای انحراف آب به سمت نهره.

۳. تُله (Tole) یا دریچه‌های کنترل آب دریچه‌های چوبی یا گلی برای تنظیم جریان آب در نهرها.

۴. چپَر (Chapar) یا پل‌های چوبی انتقال آب؛ سازه‌های چوبی که برای هدایت آب از یک سوی رودخانه یا نهر به سوی دیگر استفاده می‌شوند.

۵. کَرْت (Kart) یا کرت‌بندی مزارع؛ تقسیم مزرعه به بخش‌های کوچک برای کنترل بهتر آب در شالیزارها.

- **روش‌های سنتی تقسیم آب توسط میراب ها در شالیزارهای برنج**

۱. سیستم «پشتهبند» یا «پشته‌کاری» (مخصوص شمال ایران) در این روش، زمین‌های برنج به قطعات کوچکِ پشته‌بندی‌شده تقسیم می‌شوند، سپس هر کشاورز یک نوبت آبیاری مشخص دارد (مثلاً ۲۴ ساعت آب به زمین او می‌رسد) و میراب نیز با باز کردن جوی‌های انحرافی، آب را به هر پشته هدایت می‌کند.

۲. سیستم ساعت بندی یا زمان بندی دقیق، در برخی روستاها، زمان آبیاری بر اساس ساعت یا روزهای هفته تنظیم می‌شود؛ مثلا صبح تا ظهر: آب به زمین‌های بخش بالا دست می‌رسد و عصر تا شب: زمین‌های پایین‌دست آبیاری می‌شوند.

۳. سیستم "حقابه" (بر اساس سهم تاریخی): برخی زمین‌ها، دارای حقابه دائم هستند (مثلاً به دلیل قدمت یا موقعیت جغرافیایی)؛ به عنوان نمونه در رودخانه سفید رود، برخی روستاها سهمیه ثابت آب دارند و در مازندران نیز حقابه یکی از روش های بهره برداری از عواید آب بود که احتساب آن از روس ساعت و برمبنای گردش آب بود و به دو صورت ۱. خالصه و میرابانه ۲. حق النظارت و تقسیم آب انجام می شد و تخمین عواید نیز بر اساس واحد سنگ و جریب بود (یدالله پور عربی و همکاران،۱۴۰۱).

۴. اجاره؛ روشی که در مازندارن از سال ۱۳۳۰ در ابتدای تاسیس مالیه به وجو آمد و این اداره رودخانه های ثلاثه این استان را به نام میراب مالیه اجاره می دادند؛ همچنین چشمه نیز دیگر منبع آبی این استان بود که اجاره داده می شد(یدالله پور عربی و همکاران،۱۴۰۱).

جدول ۱- مزیت ها و چالش های مشارکت اجتماعی سنتی در در آبیاری مزارع برنج

مزیت های مشارکت اجتماعی سنتی در آبیاری مزارع برنج	
مزیت‌های ساختاری	زمان بندی و مشخص نمودن مدت و نوبت افراد برای آبیاری اراضی؛ ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا با توجه به محدودیت منابع آب توانایی در هم آهنگ نمودن نوبت آبیاری جهت توزیع عادلانه و یکنواخت
مزیت‌های اجتماعی	تقسیم عادلانه و توزیع به موقع آب کمک به حل و فصل مشکلات و کاهش مناقشات ناشی از محدودیت منابع آب؛ افزایش مشارکت مردم در تعدیل فشارهای ناشی از بحران کم آبی
مزیت‌های فنی	استفاده از ظرفیت های مشارکت مردمی در لایروبی به موقع نهرها کاهش هزینه های دولت و تخصیصی اعتبارات به تجهیز و مدرن سازی شبکه‌های آبیاری استفاده از ابزارهای قابل دسترس در هدایت و توزیع آب مزارع
چالش‌های مشارکت اجتماعی سنتی در آبیاری مزارع برنج	
چالش‌های ساختاری	نبود سازوکارهای قانونی برای مشارکت واقعی تمرکزگرایی در تصمیم‌گیری‌های آب
چالش‌های اجتماعی	شکاف جنسیتی در مشارکت (زنانه بودن کار برنج ولی مردانه بودن تصمیم‌گیری) مقاومت در برابر تغییر روش‌های سنتی
چالش‌های فنی	کمبود سواد دیجیتال در کشاورزان مسن هزینه‌های اولیه راه‌اندازی سیستم‌های مشارکتی ساختار هوشمند استفاده از هوش مصنوعی در آبیاری مزارع

- ساختار آبیاری هوشمند با ابزارهای پیشرفته در مدیریت و توزیع آب زراعی

- **تعریف**

فناوری هوشمند آب کشاورزی، یا آبیاری هوشمند به استفاده از تکنولوژی‌های پیشرفته برای مدیریت بهینه آب در کشاورزی اشاره دارد. این سیستم‌ها با کمک حسگرها، داده‌های هواشناسی، هوش مصنوعی و اینترنت اشیا(IoT) ، میزان آب مورد نیاز گیاهان را محاسبه کرده و آبیاری را به صورت خودکار تنظیم می‌کنند. این فناوری می تواند با امکان نظارت و کنترل از راه دور بر کشت برنج، به کاهش استرس کشاورزان کمک کند بهترین استفاده ممکن از منابع آب در محیط کشاورزی دقیق را می‌توان با کمک سیستم‌های مدیریت آبیاری هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا به دست آورد. با استفاده از حسگرهای عوامل زمینی مانند رطوبت خاک، دمای خاک و شرایط محیطی و همچنین داده‌های پیش‌بینی آب و هوای آنلاین، یک سیستم هوشمند می‌تواند نیاز یک مزرعه به آبیاری را تخمین بزند و طور مداوم سطح آب را رصد می‌کنند و پس از تشخیص هرگونه نوسان، سیگنال‌های وقفه را برای پاسخ سریع به میکروکنترلر ارسال می‌کنند (Vincent Gumonan et al, 2024).

- **اجرای اصلی و کاربردی آبیای هوشمند مزارع برنج**

۱. حسگرهای رطوبت خاک و گیاه، این حسگرها میزان رطوبت خاک و نیاز آبی گیاه را اندازه‌گیری می‌کنند.

۲. داده‌های هواشناسی، اطلاعات دما، رطوبت هوا، بارش و تبخیر را تحلیل می‌کنند.

۳. سیستم‌های کنترل خودکار (اتوماسیون)، شیرهای برقی و پمپ‌ها را بر اساس نیاز گیاه روشن/خاموش می‌کنند.

۴. پلتفرم‌های هوش مصنوعی و تحلیل داده، پیش بینی نیاز آبی بر اساس داده های هواشناسی، نوع خاک و رشد گیاه انجام شده و با استفاده از AI و یادگیری ماشین، الگوی آبیاری را بهینه می‌کنند.

۵. اینترنت اشیا(IoT)، اتصال دستگاه‌ها به اینترنت برای نظارت و کنترل از راه دور مزارع برنج است(شکل ۲). از مهم‌ترین اجرای این سیستم عبارتند از :

- سنسورها: اندازه‌گیری رطوبت خاک، دما، شوری و سطح آب.
- کنترلر مرکزی: پردازش داده‌ها و ارسال دستور به شیرهای آبیاری.
- اپلیکیشن موبایل: نظارت و کنترل از راه دور.

اینترنت اشیا یکی از سنجنده های هوشمند است که در دو استان شمالی گیلان و مازندران به صورت آزمایشی در ایستگاه‌های تحقیقاتی برنج به صورت عملی در حال اجرا است و از آن برای سنجش مزارع برنج و ویژگی های دمایی و رطوبت خاک استفاده می شود(شکل ۲).

شکل ۲- سنسور های هوشمند آبیاری مزارع برنج(اینترنت اشیاIoT) مزرعه آزمایشی در استان گیلان(اصلی)

۶ . آبیاری هوشمند با پهپاد:[1]این پهپادها که به حسگرهای پیشرفته مجهز هستند، می‌توانند داده‌های بلادرنگ را برای تشخیص سطح رطوبت، ارزیابی سلامت محصول و بهینه‌سازی مدیریت منابع ارائه دهند و به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های نیروی کار کمک کنند. پهپادها با استفاده از دوربین‌های مادون قرمز سلامت گیاه و سطح رطوبت مزرعه را اسکن می‌کنند، داده‌ها به سیستم مرکزی ارسال و آبیاری تنظیم می‌شود(شکل۳). از مزیت های آبیاری با پهپادها پایش سریع مزارع برنج، شناسایی نقاط کم‌آب و بیمار است. در سراسر آسیا، پهپادها در مناطق کشاورزی چین و ژاپن به کار گرفته می‌شوند و به طور فزاینده‌ای درکشورهای همسایه مانند تایلند، اندونزی و ویتنام مورد توجه قرار می‌گیرند. در فیلیپین، استفاده از پهپادها درکشاورزی در مراحل اولیه خود است و این همکاری چندجانبه با هدف تسریع دسترسی کشاورزان خرده‌پا به این فناوری انجام می‌شود.

شکل۳ – استفاده از پهپادهای هوشمند در آبیاری مزارع برنج (اینترنت)

[1] - Drone-Based Smart Irrigation

۷. سیستم آبیاری هوشمند با الگوریتم هوش مصنوعی[2]

هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های هواشناسی، خاک و رشد گیاه بهترین زمان آبیاری را پیش‌بینی می‌کند. از مدل‌های یادگیری ماشین مانند شبکه‌های عصبی استفاده می‌شود. ازمزیت‌های این روش دقت بالا در پیش‌بینی نیاز آبی و کاهش خطای انسانی را می توان نام برد. این روش نیز همچنان در مزارع تحقیقاتی برنج در دو استان مورد مطالعه، مورد استفاده قرار می گیرد و نیاز است که با بستر سازی مناسب آموزش های لازم به کشاورزان داده شود تا ضمن آگاهی و آشنایی با انوع ابزارها و تکنولوژی نوین، بتوانند از آن‌ها در جهت بهبود عملکرد تولید برنج استفاده نمایند.

جدول ۲. مزیت ها و چالش های آبیاری هوشمند مزارع برنج

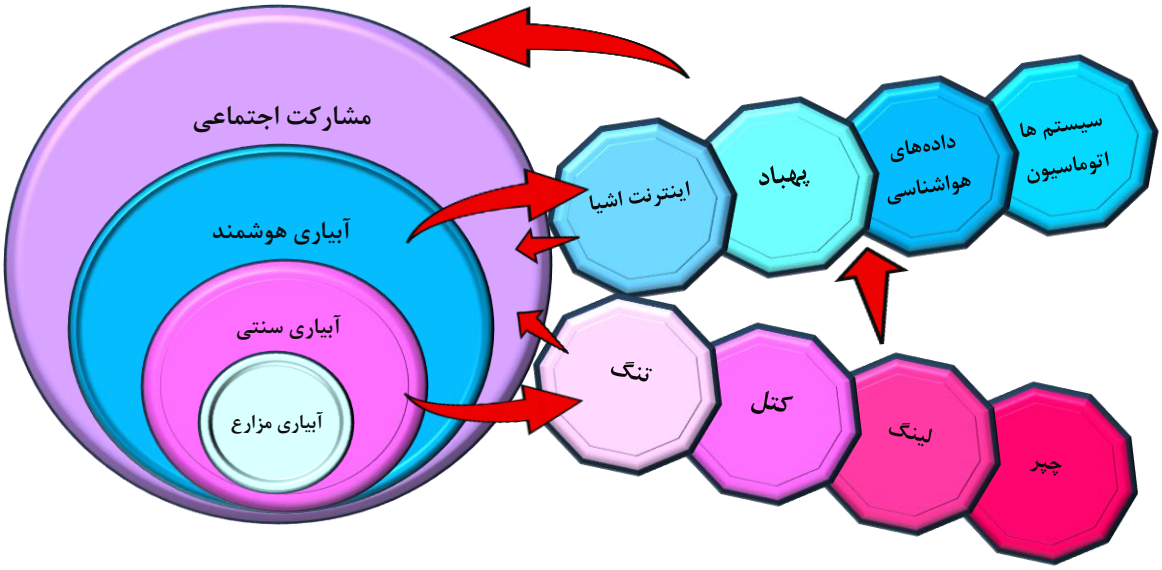
مزیت های آبیاری هوشمند مزارع برنج	
مزیت‌های ساختاری	پیشگیری از آبیاری بیش‌ازحد یا کم‌آبی صرفه جویی و کاهش مصرف آب افزایش عملکرد بهره‌وری محصولات و بالا رفتن کیفیت سازگاری با کشاورزی دقیق انعطاف‌پذیری در روش‌های آبیاری آبیاری خودکار بر اساس نیاز واقعی گیاه. هشدارهای لحظه‌ای (مثلاً نشتی آب یا خرابی سیستم).
مزیت‌های اجتماعی	کاهش هزینه‌های نیروی انسانی کاهش آلودگی محیط زیست و مصرف کودک افزایش درآمد کشاورزان در بلندمدت
مزیت‌های فنی	قابلیت کنترل از طریق موبایل یا کامپیوتر کنترل از راه دور و نظارت لحظه‌ای بهینه‌سازی مصرف برق و سوخت پمپ‌ها با قطع و وصل خودکار پایش لحظه ای مزارع از طریق اپلیکیشن موبایل
چالش‌های آبیاری هوشمند مزارع برنج	
چالش‌های ساختاری	نیاز به زیرساخت‌های فناوری و دسترسی به اینترنت پرسرعت در مناطق روستایی پیچیدگی مدیریت آب در کشت برنج: برنج معمولاً به غرقاب‌شدن (آبیاری غرقابی) نیاز دارد، درحالی که سیستم‌های هوشمند بیشتر برای آبیاری قطره‌ای یا بارانی طراحی شده‌اند.
چالش‌های اجتماعی	کم سوادی و ناتوانی کشاورزان در استفاده از ابزارهای هوشمند مقاومت کشاورزان در برابر تغییر روش‌های سنتی آموزش ناکافی در مورد نحوه استفاده از این سیستم‌ها
چالش‌های فنی	هزینه های اولیه برای سرمایه گذاری و خرید دستگاه های هوشمند بالا است. تعمیر و نگهداری تجهیزات نیز هزینه‌بر است رسوب و لجن در شالیزارها ممکن است حسگرهای رطوبت خاک را دچار اختلال کند شرایط آب‌وهوایی نامناسب (مانند رطوبت بالا، باران‌های شدید) می‌تواند بر عملکرد تجهیزات تأثیر بگذارد

۳- نتایج

- مشارکت اجتماعی در استفاده از هوش مصنوعی برای آبیاری مزارع برنج

مطالعات نشان داده‌اند که مشارکت کشاورزان در تصمیم گیری‌های مرتبط با آب، منجر به افزایش پذیرش فناوریهای جدید و کاهش تعارضات محلی می‌شود. درکشت برنج، نظامهای مشارکتی مانند میراب ها یا آبیار های محلی و تشکل‌های آب بران می‌توانند نقش کلیدی در اجرای سیستمهای هوشمند ایفا کنند(شکل ۴).

2 - AI-Driven Irrigation



شکل ۴ - معرفی اجزای سیتم های آبیاری هوشمند و سنتی در بستر مشارکت اجتماعی

برای موفقیت و افزایش بهره بری از امکانات نوین در آبیاری هوشمند مزارع برنج، نیاز است تا با استفاده از ظرفیت ها موجود که همان بهره برداران برنج کار در محدوده مطالعاتی هستند، تحولی در شیوه های سنتی آبیاری مزارع صورت گیرد. با هوشمندسازی آبیاری مزارع برنج که هم راستا با الگوهای فرهنگ و سنتی آبیاری است می تواند ضمن صرفه جویی درمنابع آبی موجود، از هدر رفت آب جلوگیری نموده و با توزیع متعادل و بهنگام آب بین مزارع برنج، مدیریت کنترل آفات و علف های هرز نیز داشته باشند. از آنجایی که آبیاری مزارع برنج از گذشته دارای اهمیت و ضرروت مشخصی بوده است، ساختاربندی مشخصی را از سطح کلان تا خرد داشته است و این ساختار نیز در گذر زمان علی رغم تغییرات همچنان وجود داشته و در غالب مشارکت اجتماعی متمرکز و مشخص شده توسط بهره برداران کشاورزی برنج هدایت می شوند. امروزه با توجه به چالش هایی که در دسترسی به منابع آبی به دلیل بحران کم آبی، کاهش نزولات جوی به واسطه تغییرات اقلیمی و افزایش خرده مالکی به وجود آمده است استفاده از روش های سنتی جواب گوی نیازهای آبی مزارع برنج نیست و نیاز است تا فناوری های نوین به این عرصه ورود نموده و با تجهیز سیستم آبیاری به الگوریتم های هوشمند در کنار ساختارهای سنتی و مشارکت اجتماعی کشاورزان انقلابی را در کشاورزی برنج انجام دهند. تلفیق فناوری مدرن و ساختار سنتی با توجه به الگوهای فرهنگی غالب بین کشاورزان میسر نمی گردد مگر در یک ساختار اجتماعی مشخص که خود نیازمند پیش فرایندی برای تحقق اهداف آبیاری هوشمند است. پیش نیازهای ضروری برای تلفیق دو ساختار مدرن و سنتی با هدف آبیاری مدرن را می توانند به شرح زیر باشند.

الف) آموزش و ظرفیت سازی:

- برگزاری کارگاه های عملی برای آشنایی آبیاران محلی با فناوری‌های هوشمند در آبیاری مزارع برنج.
- تشریح مزایای اقتصادی استفاده آبیاری هوشمند مزارع برنج برای آبیاران محلی
- تشریح مزایای استفاده از آبیاری هوشمند در مدیریت بهینه مزارع برنج (مثلاً کاهش هزینه‌های آب و انرژی، کنترل علف های هرزو کاهش استفاده از سم و علف کش ها) برای آبیاران محلی و کشاورزان بهره بردار.

ب) تشکیل تعاونی‌ها و گروه‌های کشاورزی:

- ایجاد تعاونی‌های آب‌بران برای مدیریت جمعی منابع آبی.
- استفاده از پلتفرم‌های مشارکتی برای تبادل داده و تجربیات.

ج) مشوق های اقتصادی و حمایت دولتی:

- یارانه برای خرید تجهیزات هوشمند (مانند سنسورها یا سیستم‌های کنترل).
- ارائه تسهیلات کم‌بهره برای مدرنیزاسیون مزارع.

د) نقش رهبران محلی:

- کشاورزان پیشرو می‌توانند به عنوان سفیران فناوری، دیگران را ترغیب به مشارکت کنند.
- استفاده از شبکه‌های اجتماعی محلی برای ترویج روشهای نوین.
- استفاده از آبیاران محلی با تجربه در آبیاری هوشمند مزارع

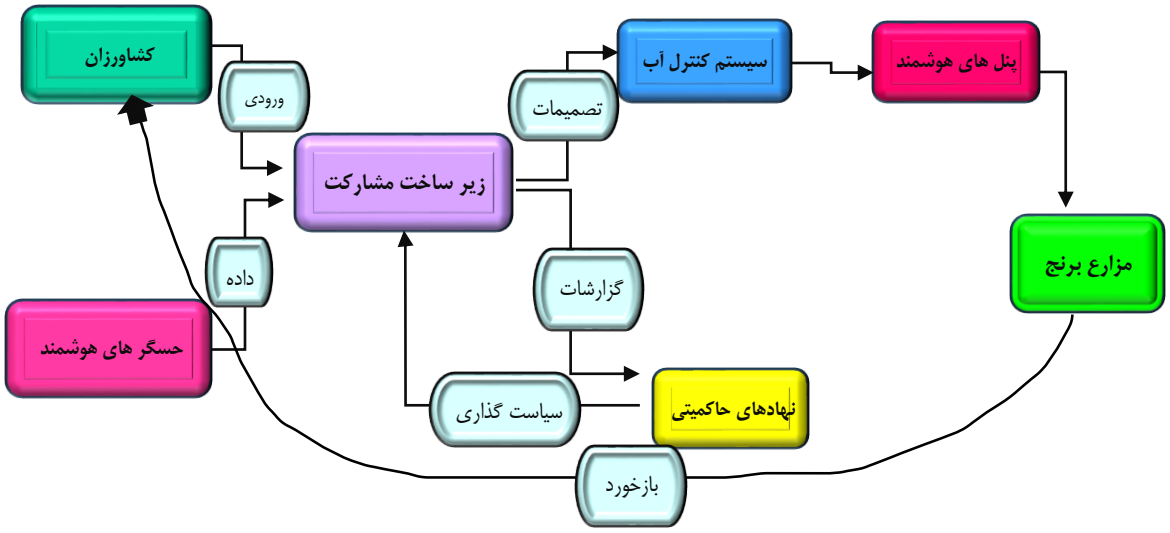
- مقایسه آبیاری سنتی و هوشمند با الگوریتم مشارکت اجتماعی در مزارع

در مقایسه روش های استفاده از آبیاری سنتی و هوش مصنوعی به نحوه آبیاری، مدیریت آبیاری، میزان مصرف و بهره‌وری آب، چگونگی بهره‌مندی از کود و سم هزینه های و تاثیر استفاده از دو روش بر محیط زیست و دسترسی به اطلاعات مزرعه و اقدامات لازم در قالب جدول مقایسه پرداخته شده است(جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه جامع آبیاری سنتی و هوشمند در مزارع برنج

	معیار	آبیاری هوشمند	آبیاری سنتی
روش کار و نحوه آبیاری	نحوه آبیاری	کنترل خودکار بر اساس داده‌های حسگرها (رطوبت خاک، هوا، تبخیر)	غرقاب کردن مزرعه به صورت دستی و ثابت
	مدیریت آب	قطع و وصل خودکار جریان آب بر اساس نیازگیاه	جریان دائمی آب، حتی در مواقع غیرضروری
	انعطاف‌پذیری	قابل تنظیم برای شرایط مختلف خاک و آب‌وهوا	یکنواخت و بدون توجه به تغییرات محیطی
بهره وری و مصرف آب	مصرف آب	صرفه‌جویی بالا نسبت به روش سنتی	هدررفت بالا (بخش زیادی از آب مصرفی آب به دلیل تبخیر و نفوذ غیرضروری از بین می‌رود)
	بهره‌وری آب	آبیاری دقیقاً در زمان و مقدار مورد نیاز گیاه	آبیاری بیش از حد یا کم‌آبی به دلیل عدم کنترل دقیق
	تلفات کود و سموم	کاهش شستشوی کودها به دلیل آبیاری هدفمند	هدررفت کودها و آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل جریان دائمی آب
هزینه ها و نیروی انسانی	هزینه اولیه	بالا (نیاز به سرمایه‌گذاری روی حسگرها، سیستم‌های کنترل و نصب)	بسیار کم (فقط نیاز به کانال‌کشی ساده و نیروی کار)
	هزینه عملیاتی	کاهش هزینه‌های آب، برق و نیروی انسانی در بلندمدت	هزینه‌های بالای آب و کارگر برای مدیریت آبیاری دستی
	نیروی انسانی	نیاز حداقلی به نیروی کار (کنترل از راه دور)	وابستگی زیاد به نیروی کار برای باز و بستن دریچه‌ها و نظارت
تأثیر بر محصول و محیط زیست	عملکرد محصول	افزایش عملکرد به دلیل آبیاری بهینه	عملکرد متغیر (وابسته به تجربه کشاورز)
	کیفیت برنج	یکنواختی بیشتر در رشد دانه‌ها	احتمال تنش آبی یا غرقاب شدن بیش از حد
	آلودگی محیطی	کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل مصرف دقیق کود و سموم	آلودگی ناشی از شستشوی کودها و سموم به آب‌های سطحی و زیرزمینی
قابلیت‌های فناوری	پایش لحظه‌ای	امکان مانیتورینگ رطوبت خاک، دما و نیاز آبی از طریق اپلیکیشن	عدم دسترسی به داده‌های دقیق (وابسته به مشاهده چشمی)
	هشدارهای خودکار	اعلان‌های خودکار درصورت خرابی یا نیاز به تنظیم	تشخیص مشکلات فقط پس از بروز خسارت
	یکپارچه‌سازی	قابلیت اتصال به سیستم‌های کشاورزی دقیق (پهپاد، ماهواره، هوش مصنوعی)	عدم امکان استفاده از فناوری‌های پیشرفته

در روش مشارکتی که آبیاری مزارع بر پایه روش های سنتی بوده است، هوش مصنوعی به یاری کشاورزان آمده و به عنوان بازویی اجرایی می تواند فرایند عملیات و مدیریت مزرعه را در مدت زمان کوتاه تر و با دقت بالاتری انجام دهد. بدین صورت که آبیارن محلی که نقش توزیع و مدیریت آب مزارع را دارند با بهره مندی از هوش مصنوعی تصمیمات بلادرنگ را در مدیریت و توزیع آب داشته باشند. پنل های هوشمند نصب شده در مزارع برنج می توانند اطلاعات دقیق از سطح نیاز مزارع برنج به آبیارها دهند تا آن ها را در تصمیم گیری مناسب هدایت نموده و اقدامات بلادرنگ، موثر و متناسب با نیاز هر مزرعه را داشته باشند. اما نکته حائز اهمیت بخش زیرساختی در هوشمند سازی مزارع است که با ورود نهادهای حاکمیتی در راستای آگاه سازی آبیاران سنتی از نقش هوشمند سازی مزارع برنج در تسهیل امورات آبیاری و کاهش هدر رفت منابع که به نفع کشاورزان برنج کار است و نیز اقدام به سیاست گذاری های کلان در پرداخت تسهیلات کم بهره و بلندمدت در جهت هوشمند سازی مزارع، می توانند انقلابی در حوزه مدیریت آب زراعی داشته باشند.(شکل **۵**) تا ضمن بهره مندی همگانی و بهینه از منابع موجود از هدررفت آب جلوگیری شده و به گونه ای با بحران کم آبی که امروزه با تغییرات اقلیم بر جامعه کشاورزی و کشت برنج حاکم شده است مقابله بهینه داشته باشند.



شکل ۵- ساختار تلفیق آبیاری سنتی و هوشمند بر پایه مشارکت اجتماعی

۴- نتیجه‌گیری

آبیاری مزارع برنج یک فرایند حیاتی برای گیاه برنج طی مراحل رشد است و نیاز آبی آن به گونه ای است که هر گونه تنش آبی و یا افزایش بیش از نیاز آن در مزارع سبب بحران رشد در گیاه برنج می‌گردد و این مسئله با توجه به تغییرات اقلیمی و ایجاد محدودیت در منابع آبی خود بحرانی دیگر برای کشاورزان برنجکار می باشد و این مسئله سبب شده تا ساختار مشخص آبیاری مزارع از گذشته شکل گیرد تا مدیریت آبی مزارع را به شیوه های سنتی و بر گرفته از فرهنگ همان منطقه بر پایه مشارکت اجتماعی انجام شود. از آنجایی که استفاده به موقع از منابع آبی همچنان با تولید برنج و محدودیت منابع ابی حائز اهمیت است لذا؛ استفاده از شیوع های نوین آبیاری با بهره گیری از تکنولوژی‌های هوشمند به منزله انقلاب در آبیاری و تولید برنج است. دو استان گیلان و مازندران به عنوان دو قطب تولید کننده برنج کشور نیز همانند سایر استان ها با محدودیت دسترسی به منابع آب در فصول برنج کاری مواجه هستند و ساختارهای سنتی آبیاری دیگر جواب گوی این نیاز برای بهبود روند تولید و بهره وری بیشتر را ندارد و نیاز است تا فناوری به عنوان بازوی موثر و تکنیکی به یاری آبیارهای سنتی آمده تا با استفاده از ابزارها و تکنیک های نوین از منابع آبی محدود استفاده بهینه نمایند. در بررسی انجام شده در دو استان مورد مطالعه شیوه های آبیاری به صورت سنتی و مشارکت اجتماعی خود بهره برداران انجام می شود و استفاده از هوش مصنوعی و فناوری های نوین در حد مطالعات تحقیقاتی بوده که با استفاده از ابزارهای هوشمند نصب شده در مزارع برنج با استفاده از حسگرهای موجود میزان رطوبت سطح خاک، نیاز آبی و... مورد ارزیابی قرار گرفته و آبیاری به تناسب اطلاعات اخذ شده از این دستگاه‌ها صورت می‌گیرد مشارکت اجتماعی کشاورزان نقش محوری در موفقیت سیستم‌های آبیاری هوشمند مزارع برنج دارد. این مشارکت تنها به پذیرش فناوری محدود نمی‌شود، بلکه شامل همکاری فعال، مدیریت جمعی، و ایجاد اعتماد میان ذینفعان است.

منابع

- 14th Asia-Pacific Federation For Information Technology in Agricultural.
- Abdikadir, N., et al., .2023. Smart Irrigation System. SSRG International Journal of Electronics and Communication Engineering, 10(8),P. 224–234.
- Awais, A., et al., .2025. Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable Agriculture. AgriEngineering.7, 106, P 1-21 https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106
- Blanco, E., and Donoso, G., .2024. Article Going with the Flow: How LocalWater User Associations Have
- Bwire,D., et al., .2024. Water Management and Hydrological Characteristics of Paddy-Rice Fields under Alternate Wetting and Drying Irrigation Practice as Climate Smart Practice: A Review. Agronomy,14,1421.P doi.org/10.3390/agronomy14071421
- Djaman, K., et al., .2020. Rice genotype and fertilizer management forimproving rice productivity under saline soil conditions. Paddy Water Environ., 18,P. 43–57.
- Grosse.,M. Honda,K. Specht,C. and Cesar Pineda,J., .2024. Automated Work Records for Precision AgricultureManagement: A Low-Cost GNSS IoT Solution for Paddy Fields in Central Japan. https://doi.org/10.14445/23488379/IJEEE-V10I8P122 https://doi.org/10.3390/w17010047

Important Factors for Adaptation Practices in Terai, Nepal. Water 2025, 17, 47.
- Karki, Sh., and Yokota, Sh., .2025.Community-Based Farming Water Resource Management and
- Limi1, M A,. Fyka1, S A., Taridala1, S A A., and Dewi2, H S., .2022. The relationship of the participation of rice farmers in managing water resources to rice production during the Covid19 pandemic. 2nd International Conference on Environmental Ecology of Food Security Earth and Environmental Science
- Mahaarcha, D. and. Sirisunhirun, S., .2023.Social capital and farmers' participation in multi-level irrigation governance in Thailand. Heliyon 9. e18793. doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18793
- Migan Vincent Gumonan, k. Ruth Alithea Bacotot Sudaria,ph.et al,. .2024. Smart Water Irrigation for Rice Farming through the Internet of Things. International Journal of Computing Sciences Research .Vol. 8, pp. 2550-2563 doi: ijcsr.2017.001.1.172
- Rafique, M. A. Z. M., Tay, F. S., and Then, Y. L., .2021. Design and Development of Smart Irrigation and Water Management System for Conventional Farming. Journal of Physics: Conference Series, 1844(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1844/1/012009
- Shaped Water Resource Management in Chile. Water, 16, 2329.p.1-17
- Sidle, R.C.; Khan, A.A., Caiserman, A., Qadamov, A., Khojazoda, Z., .2023. Food security in high mountains of Central Asia: A broader perspective. BioScience, 73.p. 347–363.
- Srinivas,A. and Sangeetha,J., .2021. Smart Irrigation and Precision Farming of Paddy Field using Unmanned Ground Vehicle and Internet of Things System. (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 12, No. 12,
- Taris,L., Cahyadi,A., Nurmala,N., Jaya,H., and. Shalihah,A., .2022. IoT-Based Smart Irrigation System for Rice Fields. Reach Squar.p.1-18. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1265860/v1
- Velmurugan, S., Balaji, V., Bharathi, T. M., and Saravanan, K., .2020. An IOT-based Smart Irrigation System using Soil Moisture and Weather Prediction. International Journal of Engineering Research & Technology, 8(7).
- Vincent Gumonan et al,. .2024. Smart Water Irrigation for Rice Farming through the Internet of Things, International Journal of Computing Sciences Research, Vol. 8, p. 2550-2563
- برقی، ح.، قنبری، ی.، قاسمی، ر.، .۱۳۹۳. اثرات اقتصادی و اجتماعی دو نوه نظام آبیاری سنتی و نوین در جامعه کشاورزان ، مطالعه موردی ،بخش کهک استان قم. جغرافیا سال ۱۲، شماره۴۰، ص ۲۰۷-۲۲۸
- برنجکارگورابی، ا.، .۱۴۰۳. تحلیل پراکنش مکانی آبیارمحلی و دسترسی عادلانه به آب کشاورزی درتولید برنج (مطالعه موردی:روستاهای برنجکارمحدوده شبکه آبیاری و زهکشی سپیدرودگیلان).همایش ملی درس آموخته‌های مشارکت متخصصان جغرافیا و برنامه ریزی روستایی در آبادانی و پیشرفت نواحی روستایی، تهران، ص۱۲-۱
- برنجکارگورابی، ا.، یزدانی،م.، حسن زاده ،م.، علیپور مبارکی، ف.، رشتچی، ل.، .۱۴۰۱. بررسی پراکنش آبیارمحلی در ساختار نظام توزیع آب در اراضی شالیزاری استان گیلان، شالیزار، سال ۴، شماره ۱، ص ۳۱ - ۳۶.
- تجددی طلب، ک.، حسینی، م.، برنجکار گورابی،ا.، و سایر همکاران، .۱۴۰۳. مدیریت و فناوری تولید برنج در الگوی کشت محصولات کشاورزی، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی
- حسینی، م.، برنجکارگورابی، ا.، گزارش تحلیلی برنج.، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی.
- داوری دهکردی، ف.، بقایی،ح.، دلفی،ع.، کردانی ،م.، باقری،ه.، .۱۳۹۱. اثرات و نتایج طرح های توسعه آب با محوریت موضوعی مشارکت مردمی، همایش منطقه ای مهندسی عمران و بحران آب و انرژی ،دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشکین شهر، اردبیل.
- طالبی، م.، ارکایی ،م،س.، فاضلی ،م.، .۱۳۹۹. مروری تاریخی بر ابعاد اجتماعی تصویب قوانین آب در ایران، تحقیقات منابع آب ایران، سال ۱۶، شماره ۱، ص۱۷۴-۱۹۶.
- نجفلو، پ.، یعقوبی،ج.، و نیکبخت،ج.، . ۱۳۹۸. مدیریت بهره برداری سنتی از منابع آب در روستاهای ایران، نشریه آب و توسعه پایدار دوره ۶ شماره ۲- ص ۳۸-۲۷؛
- یدالله پور عربی، م.، یوسفی فر، ش.،کاظم بیکی ،م، ع.،. ۱۴۰۱. نظام آبیاری و مالکیت آن بازمین ، نشریه پژوهش در آب کشاورزی ،جلد ۳۶، شماره ۱،ص۱۰۵- ۱۲۹