



طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری استدلال مبتنی بر مورد برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند

سیدواحد موسوی^{۱*}، رضا رادفر^۲، سعید ستایشی^۳

^{۱*} دانشجوی دکتری، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: Sava.Moosavi@gmail.com

^۲ عضو هیات علمی، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

^۳ عضو هیات علمی، گروه مهندسی هسته ای دانشکده مهندسی انرژی، دانشگاه امیرکبیر، تهران، ایران

چکیده:

در این مقاله، یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند پیشنهاد شده است که از متدولوژی استدلال مبتنی بر مورد (CBR) بهره می‌برد. با توجه به چالش‌های روزافزون منابع آبی و نیاز به استفاده بهینه از آن‌ها در کشاورزی، استفاده از فناوری‌های نوین برای مدیریت هوشمند منابع اهمیت ویژه‌ای دارد. سیستم پیشنهادی با جمع‌آوری داده‌ها از سنسورهای مختلف، شامل اطلاعاتی در مورد شرایط محیطی، وضعیت خاک و نیازهای آبی گیاهان، به تصمیم‌گیری بهتر در مورد زمان و میزان آبیاری کمک می‌کند. مدل استدلال مبتنی بر مورد به‌عنوان بخشی از سیستم، با بهره‌گیری از داده‌های تاریخی و مشابهت‌سنجی میان موقعیت‌های فعلی و موارد قبلی، راهکارهای بهینه برای مدیریت آب را ارائه می‌دهد. اینترنت اشیا به‌عنوان زیرساخت اصلی این سیستم، امکان جمع‌آوری داده‌ها به صورت آنی و پیوسته را فراهم کرده و دقت تصمیم‌گیری‌ها را افزایش می‌دهد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که این سیستم می‌تواند مصرف آب را بهینه‌سازی کرده، هزینه‌های مربوط به آبیاری را کاهش داده و بهره‌وری کشاورزی را افزایش دهد. این تحقیق می‌تواند به‌عنوان یک راه‌حل پایدار برای کشاورزی هوشمند و مدیریت بهینه منابع آب در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری، کشاورزی هوشمند، آبیاری هوشمند، استدلال مبتنی بر مورد



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه

مقدمه:

مدیریت منابع آب در کشاورزی به‌ویژه با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش نیازهای غذایی، به یکی از چالش‌های اصلی در بخش کشاورزی تبدیل شده است. (Cai et al., 2015) در این راستا، کشاورزی هوشمند به‌عنوان یک رویکرد نوین، با استفاده از فناوری‌های پیشرفته نظیر اینترنت اشیا (IoT)، تلاش می‌کند تا کارایی و بهره‌وری منابع را به حداکثر برساند. (Ahansal et al., 2022) اینترنت اشیا، با فراهم کردن توانایی جمع‌آوری و تحلیل داده‌های محیطی در زمان واقعی، امکانات قابل توجهی برای مدیریت دقیق و هوشمند منابع آب فراهم می‌آورد. (Singh et al., 2021) به‌ویژه، استفاده از سنسورها و دستگاه‌های متصل به شبکه برای نظارت بر وضعیت خاک و نیازهای آبی گیاهان، می‌تواند به بهبود تصمیم‌گیری‌ها و کاهش مصرف آب منجر شود. (Quy et al., 2021) علاوه بر این، استدلال مبتنی بر مورد (CBR) به‌عنوان یک روش مؤثر برای تطبیق و بهینه‌سازی تصمیمات، با استفاده از تجربیات گذشته، به‌ویژه در زمینه مدیریت منابع آب، توانایی‌های منحصر به فردی را ارائه می‌دهد. (Aamodt & Plaza, 1994) این روش می‌تواند به کشاورزان در اتخاذ تصمیمات بهتر و سریع‌تر در زمینه زمان و میزان آبیاری کمک کند. (Gómez et al., 2023) این مقاله به بررسی طراحی یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مبتنی بر اینترنت اشیا و استدلال مبتنی بر مورد برای بهبود مدیریت آب در کشاورزی هوشمند می‌پردازد. سیستم پیشنهادی با استفاده از داده‌های آبی از سنسورهای مختلف و تحلیل آن‌ها از طریق استدلال مبتنی بر مورد، به کشاورزان این امکان را می‌دهد که با دقت بیشتری در مورد مصرف آب تصمیم‌گیری کنند. (Hemalatha et al., 2022). استدلال مبتنی بر مورد (CBR) به عنوان فرآیند حل مسائل جدید با تطبیق مواردی که قبلاً با موفقیت مدیریت شده‌اند تعریف می‌شود. روش CBR شبیه‌سازی می‌کند که چگونه انسان‌ها به استدلال و یادگیری می‌پردازند. از این رو، این روش به نظر می‌رسد که مدل روانشناختی معتبرتری از استدلال انسانی است (Watson, Marir, 1994). این ویژگی منحصر به فرد CBR را به یک رویکرد امیدوارکننده برای ساخت سیستم‌های هوشمند تبدیل می‌کند (Dutta et al., 1997). یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری کشاورزی (ADSS) می‌تواند به عنوان یک سیستم انسان-رایانه‌ای تعریف شود که توانایی استفاده از داده‌ها از منابع مختلف مانند آب و هوا، استفاده از زمین و نیروی کار انسانی را دارد. هدف آن تسهیل فرآیندهای تصمیم‌گیری و ارائه پیشنهادات مفید به کشاورزان در مورد فعالیت‌های کشاورزی مانند کوددهی، آبیاری و مدیریت آفات است. با کمک فناوری‌های حسگر و رویکردهای استدلالی، ADSS قادر به جمع‌آوری داده‌های کافی (مانند اندازه‌گیری‌های حسگر، اطلاعات هواشناسی، تصاویر مادون قرمز) و تولید دانش مبتنی بر شواهد هستند CBR. به عنوان یکی از قدرتمندترین رویکردهای استدلالی، سال‌هاست که توسط پژوهشگران در زمینه کشاورزی به کار گرفته شده است. این مقاله با هدف ارائه یک مدل جامع و عملی برای پیاده‌سازی چنین سیستم‌هایی، به تحلیل و بررسی این رویکردها پرداخته و نتایج آن می‌تواند به بهبود قابل توجه در مدیریت منابع آب در کشاورزی منجر شود.

مرور ادبیات:

به دلیل اثربخشی و قابلیت استدلال قوی آن، CBR در زمینه‌های مختلفی مانند مراقبت‌های بهداشتی (Janssen, Begum, 2014)، (Mohammed et al., 2018) (et al., 2015) تشخیص خطا (Zhong et al., 2018) (Zhong et al., 2017) پاسخ به شرایط اضطراری (Yu, Li, 2018) (Yu et al., 2018) (Amailef, 2013) و مدیریت کشاورزی (Shih et al., Le Ber et al 2023) (Evans et al., 2017) (2009) به کار رفته است.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



به دلیل توانایی استدلال قوی و کاربرد آسان، روش CBR به تدریج در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش در زمینه‌های مختلفی از جمله طبقه‌بندی گیاهان، تشخیص بیماری‌های حیوانات، مدیریت آفات، برنامه‌ریزی آبیاری و سایر موارد به کار می‌رود. در حوزه طبقه‌بندی گیاهان، Sharaf-Eldeen et al (۲۰۱۲) از روش CBR برای طبقه‌بندی انواع گیاه IRIS بهره بردند. برخلاف سیستم‌های CBR معمول که تنها بازایی اطلاعات انجام می‌دهند، پیشنهاد آنها با قوانین تطبیقی تبدیل دامنه برای افزایش دقت طبقه‌بندی همراه بود. (۲۰۰۴) Liand Yeh نیز از این روش برای طبقه‌بندی تصاویر رادار با وضوح مصنوعی که توسط ماهواره‌های چندزمانه گرفته شده بودند، استفاده کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های مبتنی بر دانش می‌توانند جایگزینی مناسب برای روش‌های سنتی طبقه‌بندی باشند که عملکرد بهتری دارند، زیرا روش‌های سنتی مانند طبقه‌بندی نظارت‌شده، وابستگی زیادی به مهارت‌های کاربر و فرایندهای آموزشی دارند و معمولاً نیازمند تحلیل‌های زمان‌بری هستند. در زمینه تشخیص بیماری‌های حیوانات و محصولات کشاورزی، Gebre-Amanuel et al (۲۰۱۸) یک سیستم خبره مبتنی بر استدلال ترکیبی شامل CBR و RBR (استدلال مبتنی بر قاعده) برای تشخیص بیماری‌های دام پیشنهاد دادند. علائمی که توسط کاربران ارائه می‌شد، به عنوان یک پرسش جدید مطرح می‌گردید و راه‌حل‌ها در پایگاه مورد جستجو می‌شدند. Han (۲۰۱۹) فرآیند استدلال در تشخیص هوشمند و کسب دانش مرتبط با بیماری‌های حیوانات را با ترکیب CBR و RBR بررسی کرد. در این روش، CBR به عنوان ابزاری برای بازایی داده‌های بیماری‌ها به منظور شناسایی موارد مشابه در بیماری‌های حیوانات به کار رفت. در زمینه مدیریت آفات، Zhu and Yin (۲۰۱۹) یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری بر مبنای روش CBR برای کنترل و پیشگیری از آفات طراحی کردند. بیماری‌های گیاهی و آفات حشرات در قالب یک مدل آنتولوژی ذخیره شده و ویژگی‌های این آنتولوژی توسط الگوریتم محاسبه شباهت ساختاری مبتنی بر نقشه‌برداری آنتولوژی، دسته‌بندی و کمی‌سازی شدند. برای برنامه‌ریزی آبیاری، Gonzalez-Briones et al (۲۰۱۹) طراحی یک سیستم چندعاملی را ارائه دادند که از دو عامل به نام‌های "عامل استخراج دانش" و "عامل CBR" تشکیل شده بود. عامل اول از تکنیک‌های یادگیری بدون نظارت در مواردی که داده‌ها برچسب‌گذاری نشده بودند، استفاده می‌کرد، در حالی که عامل دوم مسئول تولید راه‌حل از موارد ذخیره‌شده در پایگاه مورد CBR بود. پیشنهاد آنها در یک محیط کشاورزی با هدف بهینه‌سازی آبیاری برای محصول ذرت آزمایش شد. Car and Moore (۲۰۱۱) روش CBR را با یک رابط جدید که به کاربران اجازه می‌داد پارامترهای مورد نظر خود را انتخاب کنند، اصلاح کردند. در این شرایط، سیستم پشتیبانی تصمیم مبتنی بر CBR محدودیتی برای پارامترهای ورودی تصمیم یا مسیرهای منتهی به راه‌حل ایجاد نمی‌کرد. پیشنهاد آنها در برنامه‌ریزی روزانه آبیاری برای تاجکستان‌ها در جنوب شرقی استرالیا تحت سیستم‌های قطره‌ای آزمایش شد.

به طور خلاصه، با توجه به مقالات فوق، می‌توان نتیجه گرفت که رویکرد CBR پتانسیل زیادی برای مدل‌سازی سیستم‌های هوشمند در حوزه کشاورزی دارد. همچنین، مشکلات پیچیده کشاورزی به‌طور کارآمد و روان توسط این رویکرد قابل حل است. بنابراین، رویکرد CBR ممکن است گزینه مناسبی برای حل مسائل مربوط به برنامه‌ریزی آبیاری باشد.

مواد و روش‌ها:

فرایند استفاده از دانش و حقایق موجود به همراه استراتژی اتخاذشده برای حل مسائل جدید و دستیابی به یک نتیجه ی قابل قبول (منطقی)، استدلال نامیده می‌شود. عموماً روشهای استدلال استفاده شده در سیستم‌های کامپیوتری از روشهای استدلال استفاده

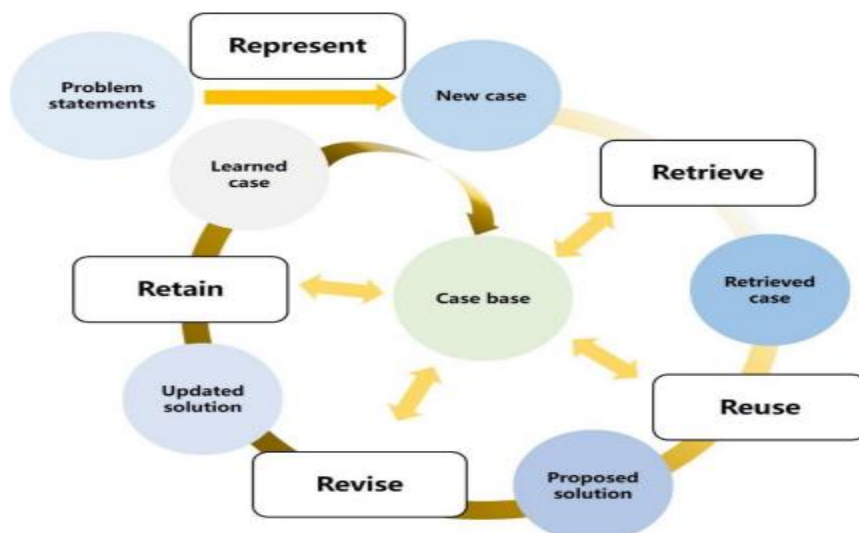


پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شده توسط انسان الهام گرفته اند. CBR بعنوان یکی از تکنیک های مهم هوش مصنوعی بصورت فرایند حل مسئله بوسیله انطباق و تطبیق موردهایی که از قبل شکل داده شده اند تعریف می شود. Watson, I.; Marir, F.(1994) توسط تقلید نحوه ی استدلال و یادگیری انسان، به نظر میرسد از نظر روانشناسی مدلی معقول از استدلال بشر است. این مشخصه منحصر بفرد، CBR را تبدیل به یک رویکرد نویدبخش برای ساخت سیستم های هوشمند مینماید. CBR بخاطر قابلیت استدلال قدرتمند و کارآمدش در زمینه های متعددی نظیر حوزه کشاورزی، رباتیک، پزشکی و ... بکاربرده شده است. ایده اصلی در این روش استفاده از تجربیات قدیمی تر می باشد. بدین معنی که برای حل یک مسئله جدید از راه حل های موجود برای مسائل قدیمی مشابه با این مسئله استفاده میشود.

استنتاج مبتنی بر مورد (CBR) می تواند به صورت سیکل R5 (Aamodt, A.; Plaza, E. (1994) تدوین شود، که شامل مراحل بازنمایی (represent)، بازیابی (retrieve)، استفاده مجدد (reuse)، بازنگری (revise)، و نگهداری (retain) می باشد. یک جریان گردش کار عمومی از CBR در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱ - نحوه کارکرد سیستم CBR

این سیکل R5 برای اجرای یک سیستم CBR موثر ضروری است و به شرح زیر است:

- **بازنمایی:** تعریف اولیه مسئله و بیان ویژگی های مربوط به مورد در پایگاه مورد CBR.
- **بازیابی:** پیدا کردن و بازیابی موارد مرتبط قبلی از پایگاه مورد که شباهت بهتری به مسئله فعلی دارند.
- **استفاده مجدد:** اجرای یا تطبیق راه حل های موجود در موارد بازیابی شده با شرایط جدید، اغلب با اعمال تغییراتی برای تناسب بهتر با مسئله جدید.
- **بازنگری:** ارزیابی راه حل اجرا شده و تعمیم آن در پاسخ به بازخورد حاصل از نتیجه؛ این ممکن است شامل تنظیم یا تصحیح آن باشد.



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



• **نگهداری:** در پایان، اطلاعات بدست آمده و شاید حتی یک مورد جدید که مشتق شده از تجربه است، به پایگاه مورد اضافه می شود تا به عنوان یک استدلال برای موارد آینده عمل کند.

اولین مرحله در پیاده سازی مبتنی بر CBR بازنمایی و تعیین مدل موردها می باشد. در اینجا یک مورد، یک تصویر لحظه ای از محیط در یک زمان معین از نقطه نظر یک عامل (مجهز به CBR) است. از آنجائیکه اطلاعات موجود در یک مورد بر اساس ادراک حالت درونی (باورهای) این عامل است به این عامل، عامل مرجع می گوئیم. تعریف پایه ای مورد از دو بخش تشکیل می شود: توصیف مسأله؛ که متناظر با حالت و شرایط محیطی است، توصیف راه حل؛ که کنش یا سلسله کنشهایی که عامل باید برای حل مسأله انجام دهند را مشخص می کند. بازیابی مورد یک مرحله مهم در فرآیند استدلال مبتنی بر مورد (CBR) است. در این مرحله، از میان موارد ذخیره شده در پایگاه مورد، موردی انتخاب می شود که به نظر می آید مشابهت زیادی با مسئله جدید دارد. در زیر، مراحل بازیابی مورد در CBR را توضیح داده می شود:

۱. نمایه گذاری: ابتدا، موارد در پایگاه مورد باید به طور مناسب نمایه گذاری شوند. این نمایه گذاری شامل استخراج ویژگی های مهم از موارد، نظیر ویژگی های دمویی، مشخصه ها و اطلاعات مهم دیگر است.

۲. محاسبه شباهت: سپس، شباهت بین مورد جدید و موارد موجود در پایگاه مورد بررسی می شود. این شباهت می تواند بر اساس معیارهای مختلفی مانند فاصله یا همبستگی محاسبه شود.

۳. انتخاب مورد: موردی که شباهت بیشتری با مسئله جدید دارد، انتخاب می شود. این انتخاب ممکن است بر اساس یک معیار شباهت آستانه (threshold) یا یک روش اولویت بندی خاص انجام میشود.

۴. بازیابی و اعمال راه حل: راه حل موجود در مورد انتخاب شده از پایگاه مورد استخراج می شود و به مسئله جدید اعمال می شود. این ممکن است شامل تغییرات یا تطبیقات معینی باشد.

۵. ارزیابی و به روزرسانی: نتایج اعمال راه حل بر روی مسئله جدید ارزیابی می شود. اگر نیاز باشد، پایگاه مورد موردها به روزرسانی می شود تا در موارد مشابه در آینده بهتر عمل کند.

۶. آموزش: اطلاعات به دست آمده از نتایج استدلال به پایگاه مورد افزوده می شود تا در آینده استدلال بهتری انجام شود.

بازیابی مورد در CBR بستگی به نوع مسئله، معیارهای شباهت، و ساختار پایگاه مورد دارد. بهینه سازی این مراحل و اعتبارسنجی موارد انتخاب شده، نقاط کلیدی در افزایش کارایی سیستم CBR می باشد. ساختار موردها مطابق جداول ۱ و ۲ در ساده ترین حالت رسماً بصورت یک دوتایی تعریف می شود (Case = (Problem , Action):



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



جدول ۱- ویژگیهای مسئله مورد

ویژگی‌های مسئله	رطوبت خاک	اسیدیته خاک	دمای هوا	میزان بارندگی
مقادیر	کم، متوسط، زیاد	کم، متوسط، زیاد	کم، متوسط، زیاد	کم، متوسط، زیاد

جدول ۲- فعالیتهای بخش کنشها

کنشها	a0	a1	a2	a3
irrigOFF	irrigON	irrigDEC	irrigINC	

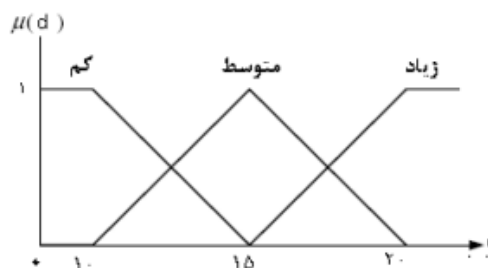
بخش توصیف مسأله متناظر با مجموعه ای از ویژگی هاست که حالت فعلی محیط را از دید عامل مرجع توصیف می کند . در حوزه ی کشاورزی هوشمند، مرتبط ترین ویژگی هایی که برای توصیف حالت محیط باید ملاحظه شود در جدول ۱ آورده شده است . در بخش توصیف راه حل، راه حل یک مورد با کنش یا سلسله کنش هایی که عامل CBR باید انجام دهند متناظر است مطابق جدول ۲ . $A = (a_0, a_1, a_2, \dots)$

نمونه ای از کیس ساخته شده در ساختار فوق بصورت زیر است .

{{'conditions': {'soil_moisture': 'low', 'temperature': 'high', 'light_intensity': 'medium', 'rainfall': 'low', 'wind_speed': 'high', 'soil_ph': 'acidic'}, 'action': 'آبیاری'}}

در اینکار ویژگی ها را بصورت فازی در نظر گرفته شده است. این یک استراتژی برای مقاوم سازی سیستم در برخورد با داده های نویزی، عدم قطعیت، عدم صراحت و نادقیقی است . هر کدام از این ویژگی های که در واقع متغیرهای زبانی هستند از سه عبارت یا مجموعه ی "کم"، "متوسط"، "زیاد" تشکیل می شود. بنابراین سه تابع تعلق فازی وجود دارد.

$$\mu_L = \begin{cases} 1, & d \leq \min \\ \frac{\text{average} - d}{\text{average} - \min}, & \min < d < \text{average} \\ 0, & d \geq \text{average} \end{cases}$$





پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



معیار فاصله اقلیدسی ابتدا برای داده‌های عددی طراحی شده است و معمولاً بر روی نقاط در یک فضای اقلیدسی (Euclidean space) اعمال می‌شود. این معیار، در صورتی که ویژگی‌ها دارای اطلاعات فازی یا عدم قطعیت باشند، ممکن است محدودیت‌ها داشته باشد. ویژگی‌های فازی معمولاً با توزیع‌های احتمالاتی توصیف می‌شوند که در فضای اقلیدسی نمایش داده نمی‌شوند. بنابراین، استفاده از معیار فاصله اقلیدسی به صورت مستقیم ممکن است منجر به اشکال و مشکلاتی شود. برای محاسبه فاصله بین ویژگی‌های فازی، به جای معیار فاصله اقلیدسی، معیارهایی که مختص متغیرهای فازی هستند مانند معیارهای فاصله فازی (Fuzzy Distance Measures) یا تعامل مجموعه‌های فازی را می‌توان در نظر گرفت. این معیارها بهترین تطبیق را با مفاهیم فازی دارند. برخی از معیارهای فاصله فازی شامل معیار فاصله فازی چیدمان، معیار فاصله فازی زاده، و معیار فاصله فازی هامینگ می‌باشند. این معیارها برای محاسبه فاصله بین مجموعه‌های فازی ویژگی‌ها به کار می‌روند و با مفاهیم فازی سازگارتر هستند. البته معیارهای فاصله فازی و شباهت فازی ممکن است در مراجع و منابع مختلف به نحوه استفاده و تعریف متفاوتی داشته باشند. اما در اینجا چند معیار فاصله فازی رایج آورده شده‌اند:

این معیار بر اساس مفهوم چیدمان فاصله را بین دو مجموعه فازی محاسبه می‌کند. برای دو مجموعه فازی A و B، فاصله فازی چیدمان به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D_{CF}(A, B) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2}$$

معیار فاصله فازی زاده: (Zadeh Fuzzy Distance)

این معیار بر اساس مفهوم تفاوت زاده بین دو مجموعه فازی محاسبه می‌شود. برای دو مجموعه فازی A و B، فاصله فازی زاده به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$D_{ZF}(A, B) = \max_i (\min(A_i, B_i))$$

الگوریتم بازیابی مورد فازی مشابه بشرح ذیل پیاده سازی می گردد. این الگوریتم از کتابخانه FuzzyWuzzy برای محاسبه شباهت فازی استفاده می‌کند.

```
pip install fuzzywuzzy
```

```
from fuzzywuzzy import fuzz
```

```
class IrrigationSystem:
```



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



```
def __init__(self):
```

```
def should_add_to_case_base(new_case, existing_cases, threshold):  
    for existing_case in existing_cases:  
        similarity = calculate_similarity(new_case, existing_case)  
        if similarity > threshold:  
            return True  
    return False
```

برخی از سیستم‌های مبتنی بر مورد از این مکانیزم برای افزایش تنوع و ترکیب گوناگونی از کیس‌ها استفاده می‌کنند. با افزودن کیس‌های جدید که شباهت یا تطبیق بیشتری با کیس‌های موجود داشته باشند، می‌توانند تا حدودی مجموعه داده را افزایش دهند و اطلاعات جدیدی را به سیستم تصمیم‌گیری اضافه کنند. اینکار ممکن است در مواردی مفید باشد که سیستم به سرعت به تغییرات و تطابق با موقعیت‌های جدید عادت کند. با افزودن کیس‌های جدید با شباهت بیشتر، سیستم ممکن است به راحتی‌تر به وضعیت‌ها و ورودی‌های جدیدی که شبیه به وضعیت‌های قبلی هستند، پاسخ دهد. این موضوع می‌تواند باعث همگرایی زودرس شود، به ویژه اگر تعداد کیس‌ها زیاد باشد و هر کدام از آنها به سرعت با کیس‌های موجود تطبیق پیدا کنند. همگرایی زودرس ممکن است منجر به از دست رفتن تنوع و اطلاعات جدید شود و سیستم به یک حالت پایدار و تکراری برسد.

برای تبدیل چهار حالت فازی (آبیاری، عدم آبیاری، افزایش زمان آبیاری و کاهش زمان آبیاری) به حالت غیر فازی، می‌توان از یک تابع تبدیل استفاده نمود. در اینجا یک نمونه تابع تبدیل ساده با استفاده از پایتون آورده شده است.

```
def defuzzify_action(fuzzy_action):  
    # تابع تبدیل احتمالات فازی به مقادیر غیر فازی  
  
    # حالت‌های فازی ممکن  
    fuzzy_states = ["آبیاری", "عدم آبیاری", "افزایش زمان آبیاری", "کاهش زمان آبیاری"]  
  
    if fuzzy_action == fuzzy_states[0]:  
        return "آبیاری"  
    elif fuzzy_action == fuzzy_states[1]:  
        return "عدم آبیاری"  
    elif fuzzy_action == fuzzy_states[2]:  
        return "افزایش زمان آبیاری"  
    elif fuzzy_action == fuzzy_states[3]:  
        return "کاهش زمان آبیاری"  
    else:  
        # اگر حالت فازی مشخص نباشد، یک پیام خطا یا مقدار پیش‌فرض را بر می‌گردانیم  
        return "حالت نامشخص"
```

بحث و نتایج:

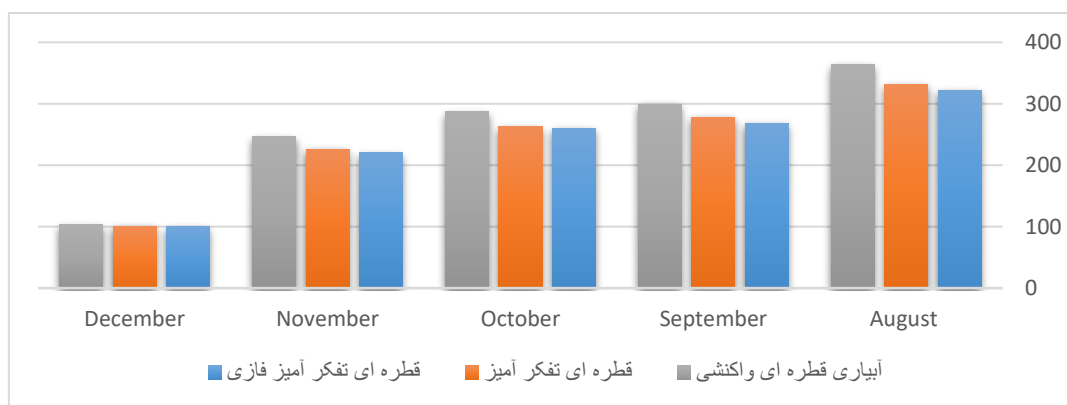
در چهار سناریو با مشارکت هشت نفر نخل خرما هم سن با چهار روش آبیاری شدند و داده‌های آنها از طریق حسگرهای محیطی، پلتفرم آردوینو جمع‌آوری شده این‌صورت که هر روش آبیاری به دودرخت مجزا اختصاص یافته است و شرایط برابر از نظر محیطی برای درختان وجود داشته است. چهار مدل آبیاری در این تحقیق عبارتند از آبیاری غرقابی یا سطحی هر پنج روز، آبیاری قطره‌ای



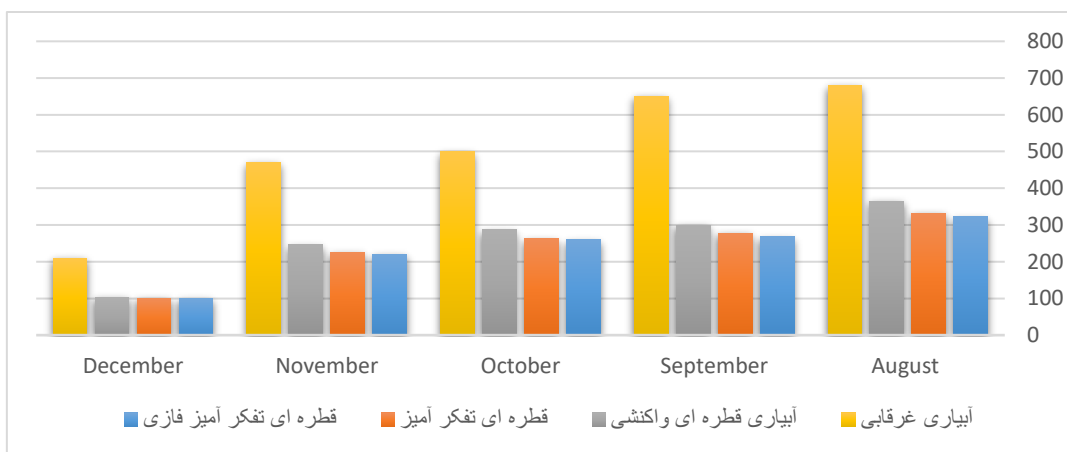
پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



واکنشی متداول هر ۳ روز، آبیاری قطره ای تفکر آمیز مبتنی بر CBR غیر فازی و قطره ای تفکر آمیز مبتنی بر CBR فازی، که در اینجا منظور از تفکر آمیز هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی CBR می باشد، که وابسته به شرایط انجام می شود. با یک مرور دقیق و با توجه به شکل های ۲ و ۳ و ۴ و ۵ آبیاری قطره ای تفکر آمیز فازی در مجموع، این روش نسبت به دیگر روش ها مصرف آب کمتری دارد. میزان آب مصرفی در ماه آبان کمترین مقدار را دارد. میانگین مصرف آب به نظر می رسد کمترین مقدار را دارد انحراف از معیار کم است، نشانگر پراکندگی کمتری در مصرف آب است. آبیاری قطره ای تفکر آمیز در مقایسه با دیگر روش ها، این روش میزان متوسط آب مصرفی را نشان می دهد. تغییرات نسبتاً کمتری در مصرف آب در طول ماه ها دارد. آبیاری قطره ای واکنشی میزان متوسط آب مصرفی کمتری نسبت به دیگر روش ها دارد. در مجموع، میزان آب مصرفی در ماه های مختلف نسبت به دیگر روش ها افزایش یافته است. انحراف از معیار بیشتر است، نشانگر پراکندگی بیشتری در مصرف آب است.



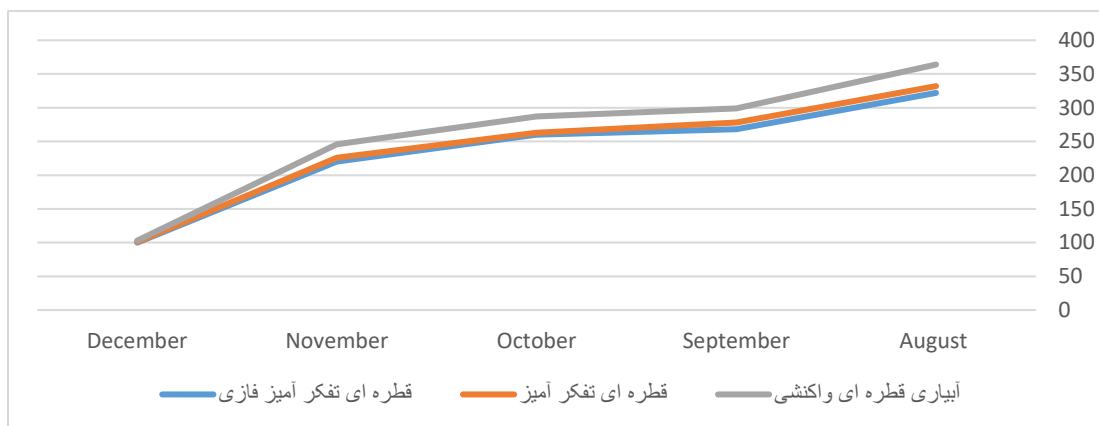
شکل ۲- میزان آب مصرفی سه روش آبیاری در ماه های مختلف



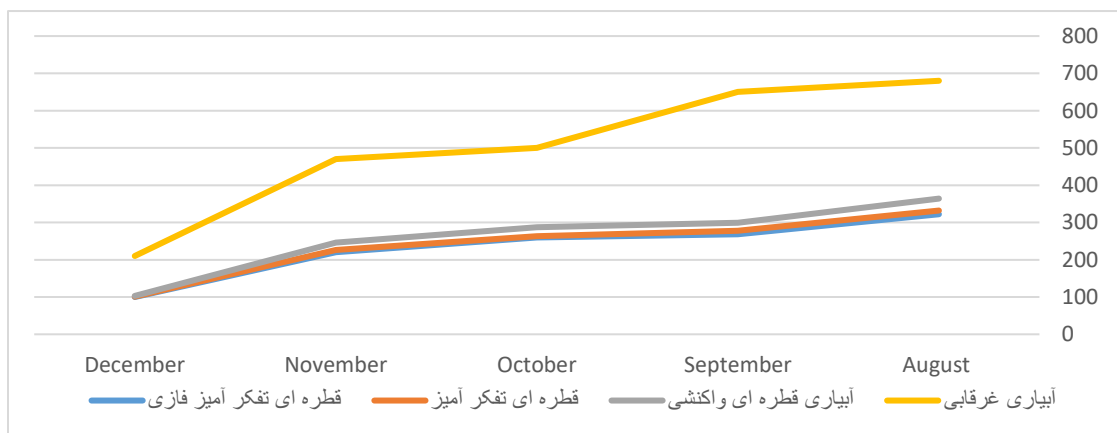
شکل ۳- میزان آب مصرفی چهار روش آبیاری در ماه های مختلف



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



شکل ۴- مقایسه روندی میزان آب مصرفی سه روش آبیاری



شکل ۵-مقایسه روندی میزان آب مصرفی چهار روش آبیاری

نمودارهای روند فوق نشان میدهند که اگرچه با توجه به تغییر فصل از تابستان به زمستان در هر چهار روش مصرف آب کاهش یافته است، لکن ارتفاع پایینتر روند روش قطره ای تفکر آمیز فازی (FCBR) پیشنهادی همچنان حاکی از مصرف کمتر آب در این مدل آبیاری در مقایسه با سایر روشها دارد که تایید کننده اعتبار و کارآمدی روش پیشنهادی را دارد.

نتیجه گیری و کارهای آینده:

استدلال مبتنی بر موارد (CBR) با انتخاب یک مورد از مواردی که قبلاً در پایگاه دانش (مورد) ذخیره شده اند کار می کند. به نحوی که این مورد بیشترین شباهت را به خصوصیات مسأله ی جاری تحت بررسی دارا باشد این روش مشابه روشی است که افراد متخصص هنگام تلاش برای حل انواع مسأله استدلال میکنند. مدل آبیاری هوشمند پیشنهادی ما که از هوش مصنوعی و فناوری اطلاعات بهره می برد می تواند یکی از بهترین روشهای آبیاری هوشمند باشد چراکه با عملکردی شبیه به یک کارشناس کشاورزی خبره میتواند منجر به استفاده بهینه از منابع آبی بعنوان مهمترین رکن در توسعه ی کشاورزی پایدار، حفاظت از خاک ، توسعه باغات، کاهش نیاز به نیروی انسانی ، افزایش کمی و کیفی محصول با منابع موجود، گردد. این سیستم هوشمند آبیاری با استفاده



پنجمین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه



از سنسورها و داده‌های هوشمند می‌توانند میزان نیاز آب باغات را تحلیل و مدیریت کنند و این امکان بوجود می‌آید تا آب را بهینه و در زمان‌های مناسب به بمصرف درختان برسد. نتایج در یک مقیاس کوچک حاکی از بهره‌وری استفاده از منابع آبی در حوزه کشاورزی با موتور تصمیم‌گیری پیشنهادی است. رویکرد کشاورزی ۵۰٪ با توجه به چالش‌ها و فرصت‌های آینده، می‌تواند بهبود و بهینه‌سازی کشاورزی هوشمند را ترویج کنند و به کشاورزان کمک کنند تا با طرح و برنامه با چالش‌های مختلفی نظیر بحران آب که در آینده ممکن است به وجود بیایند، مواجه شوند. در این راستا بعنوان کارهای آتی، مدل پیشنهادی ما می‌تواند با سایر متدهای هوش مصنوعی مثل یادگیری تقویتی، شبکه‌های عصبی و ... ترکیب شده و در فازهای مدل مختلف بهبود یابد. این پژوهش در حال تکامل می‌باشد.

منابع:

- Cai, X., Zhang, X., Noël, P. H., & Shafiee-Jood, M. (2015). Impacts of climate change on agricultural water management: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(5), 439-455.
- Ahansal, Y., Bouziani, M., Yaagoubi, R., Sebari, I., Sebari, K., & Kenny, L. (2022). Towards smart irrigation: A literature review on the use of geospatial technologies and machine learning in the management of water resources in arboriculture. *Agronomy*, 12(2), 297.
- Singh, M., & Ahmed, S. (2021). IoT based smart water management systems: A systematic review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 5211-5218.
- Quy, V. K., Hau, N. V., Anh, D. V., Quy, N. M., Ban, N. T., Lanza, S., ... & Muzirafuti, A. (2022). IoT-enabled smart agriculture: architecture, applications, and challenges. *Applied Sciences*, 12(7), 3396.
- Aamodt, A., & Plaza, E. (1994). Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI communications*, 7(1), 39-59.
- Gómez, J., et al. (2023). Enhancing irrigation efficiency through case-based reasoning systems. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106853.
- Hemalatha, R., Deepika, G., Dhanalakshmi, D., Dharanipriya, K., & Divya, M. (2016). Internet of things (iot) based smart irrigation. *International Journal Of Advanced Research in Basic Engineering Sciences and Technology (IJARBEST)*, 2(2), 128-132.
- Watson, I.; Marir, F. (1994) Case-based reasoning—A review. *Knowl. Eng. Rev.*, 9, 327–354.
- Dutta, S.; Wierenga, B.; (1997) . Dalebout, A. Case-based reasoning: From automation to decision-aiding and simulation. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 9, 911–922.
- Begum, S.; Barua, S.; Filla, R.; Ahmed, M.U. (2014). Classification of physiological signals for wheel loader operators using multi-scale entropy analysis and case-based reasoning. *Expert Syst. Appl*, 41, 295–306.
- Janssen, R.; Spronck, P.; Arntz, A. (2015) Case-based reasoning for predicting the success of therapy. *Expert Syst.* 32, 165–177.
- Mohammed, M.A.; Ghani, M.K.A.; Arunkumar, N.; Obaid, O.I.; Mostafa, S.A.; Jaber, M.M.; Burhanuddin, M.A.; Matar, B.M.; Abdullatif, S.K.; Ibrahim, D.A. (2018) Genetic case-based reasoning for improved mobile phone faults diagnosis. *Comput. Electr. Eng*, 71, 212–222.
- Zhong, Z.W.; Xu, T.H.; Wang, F.; Tang, T. (2018)Text case-based reasoning framework for fault diagnosis and prediction by cloud computing. *Math. Probl. Eng*.
- Zhao, H.; Liu, J.W.; Dong, W.; Sun, X.Y.; Ji, Y.D. (2017) An improved case-based reasoning method and its application on fault diagnosis of Tennessee Eastman process. *Neurocomputing*, 249, 266–276
- Amailef, K.; Lu, J. (2013). Ontology-based case-based reasoning approach for intelligent m-Government emergency response services. *Decis. Support. Syst.*, 55, 79–97.
- Yu, F.; Li, X.Y. (2018) . Improving emergency response to cascading disasters: Applying case-based reasoning towards urban critical infrasture. *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, 30, 244–256.
- Yu, F.; Li, X.Y.; Han, X.S. (2018) . Risk response for urban water supply network using case-based reasoning during a natural disaster. *Saf. Sci.*, 106, 121–139.
- Le Ber, F.; Napoli, A.; Metzger, J.L.; (2003). Lardon, S. Modeling and comparing farm maps using graphs and case-based reasoning. *J. Univers. Comput. Sci.*, 9, 1073–1095.



- Shih, M.L.; Huang, B.W.; Chiu, N.H.; Chiu, C.; Hu, W.Y. (2009). Farm price prediction using case-based reasoning approach—A case of broiler industry in Taiwan. *Comput. Electron. Agric.*, 66, 70–75.
- Evans, J.; Terhorst, A.; Kang, B.H. (2017). From data to decisions: Helping crop producers build their actionable knowledge. *Crit. Rev. Plant. Sci.*, 36, 71–88.
- Sharaf-Eldeen, D.A., Moawad, I.F., El Bahnasy, K., Khalifa, M.E., (2012). Learning and applying range adaptation rules in case-based reasoning systems. In: 1st International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications (AMLTA 2012).
- Li, X., Yeh, A.G., (2004). Multitemporal SAR images for monitoring cultivation systems using case-based reasoning. *Remote Sens. Environ.* 90 (4), 524–534. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.01.018>.
- Gebre-Amanuel, E.K., Tadesse, F.G., Assalif, A.T., (2018). Web based expert system for diagnosis of cattle disease. 10th International Conference on Management of Digital EcoSystems (MEDES)
- Han, Q., (2019). Development and application of remote intelligent diagnosis mobile phone system for animal diseases. *Rev. Cient. CIENCIAS Vet.* 29 (2), 393–401
- Zhu, C., Yin, G., (2019). A prediction method of crop diseases and insect pests based on ontological case reasoning. *Rev. Fac. Agron.* 36 (6), 1720–1731.
- Gonzalez-Briones, A., Castellanos-Garzon, J.A., Mezquita-Martin, Y., Prieto, J., Corchado, J.M., (2019). A multi-agent system framework for autonomous crop irrigation. 2nd International Conference on Computer Applications and Information Security (ICCAIS).
- Car, N.J., Moore, G.A., (2011). Bridging the gap between modelling advice and irrigator solutions through empirical reasoning techniques. MSSANZ 19th Biennial Congress on Modelling and Simulation (MODSIM)

A Case-Based Reasoning Decision Support System for Improving Water Management in Smart Agriculture

Sayed Vahed Moosavi^{1*}, Reza Radfar², Saeed Setayeshi³

^{1*}PhD Candidate, Department of Information Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Email: Sava.Moosavi@gmail.com

² Faculty member, Information Technology Management Department, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Faculty member, Nuclear Engineering Department, Faculty of Physics and Energy Engineering, Amirkabir University, Tehran, Iran

Abstract

In this paper, a decision support system is proposed to improve water management in smart agriculture, utilizing the Case-Based Reasoning (CBR) methodology. Given the growing challenges of water resources and the need for their optimal use in agriculture, employing modern technologies for intelligent resource management is of critical importance. The proposed system collects data from various sensors, including information on environmental conditions, soil status, and plant water needs, to assist in better decision-making regarding irrigation timing and quantity. The Case-Based Reasoning model, as part of the system, utilizes historical data and similarity assessment between current situations and past cases to provide optimal water management solutions. The Internet of Things (IoT), serving as the primary infrastructure for this system, enables real-time and continuous data collection, enhancing decision-making accuracy. The results indicate that this system can optimize water consumption, reduce irrigation costs, and increase agricultural productivity. This research presents a sustainable solution for smart agriculture and optimal water resource management in the future.

Keywords: Decision Support System, Smart Agriculture, Smart Irrigation, Case-Based Reasoning (CBR)