ترازگری آمادگی فناوری– بازار نرم افزارهای منتخب مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در حوزه ترویج و آموزش کشاورزی

احسان صادقی زاده[1]، سیدمحمدجواد سبحانی[2]، معصومه فروزانی[3]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته ترویج کشاورزی پایدار و منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ایران

۲و۳-استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. ایران

۴-دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزي و منابع طبیعی خوزستان، ایران

چکیده

ضرورت دستیابی به امنیت غذایی، الگوهای پایدار کشاورزی و توسعه کشاورزی هوشمند، موجب تقویت مطالعات فناوری با نگاهی جامعه‌شناختی شده است. پیوند عمیق میان راهبردهای توسعه کشاورزی و دگرگونی‌های فناورانه نشان می‌دهد که برای پشتیبانی از نوآوری و کارآفرینی، به ابزارها و روش‌شناسی‌های نوین ارزیابی فناوری نیاز است. از این رو، این پژوهش کیفی با هدف ارایه‌ی چارچوب نوآورانه برای ارزیابی نرم‌افزارهای مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در ترویج و آموزش کشاورزی بر پایه توازن‌سنجی سطح آمادگی فناوری و بازار انجام شد. ابزار تحقیق، پرسشنامه‌ای برگرفته از ماتریس نه‌گانه‌ی سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار بود که روایی شکلی و محتوایی آن توسط خبرگان دانشگاه در رشته ترویج و آموزش کشاورزی و متخصصان موضوعی مسلط بر ارزیابی فناوری تایید شد. همچنین پایایی ابزار نیز با محاسبه‌ی ضریب بازیابی گاتمن (CR≥0/80) در حد مطلوب برآورد شد. با استفاده از ماتریس TRL-MRL عملکرد ۱۶ نرم‌افزار داخلی ترویج و آموزش کشاورزی با استفاده از نظرسنجی ۱۵ تن از خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفت. بر پایه یافته‌ها، نرم افزارها در چهار گروه اصلی؛ رسانه دانش و ارتباطات کشاورزی؛ آموزش، مشاوره و ارایه نهاده‌های کشاورزی؛ هوشمندسازی و پایش مزرعه؛ و هوش مصنوعی در شناسایی گیاهان، آفات و بیماری‌ها قرار گرفتند. این طبقه‌بندی یک نمای کلی از وضعیت فعلی و قابلیت توسعه نرم‌افزارهای ترویج و آمورش کشاورزی را ارایه می‌دهد. همچنین یافته‌ها نشان دادند که بیشتر این نرم‌افزارها در مرحله آمادگی بازار هستند، که نشان‌دهنده قابلیت آن‌ها برای پذیرش و نفوذ گسترده در جامعه است. ماتریس تطبیقی ارایه شده با رویکرد ساختارمند در زمینه مدیریت فناوری، می‌تواند به عنوان اهرمی در جهت اجرای راه‌حل‌های نوآورانه در برابر چالش‌های در حال تحول بخش کشاورزی عمل نماید.

نمایه واژگان: سطح آمادگی فناوری، سطح آمادگی بازار، نرم افزار، ترویج و آموزش کشاورزی، ماتریس تطبیقی.

نویسنده مسئول: سیدمحمدجواد سبحانی

رایانامه: mj.sobhani@asnrukh.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۹/۰۱ **تاریخ پذیرش**: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸

مقدمه

در سال‌های اخیر، اوج‌گیری قیمت جهانی مواد غذایی توام با افزایش آگاهی در مورد بحران تغییرات اقلیم و پیش بینی رشد جمعیت، منجر به افزایش علاقه‌مندی به پژوهش در حوزه بهره‌وری بخش کشاورزی شده است (اردوغان و همکاران، ۲۰۲۴). از سوی دیگر، بخش عملیاتی کشاورزی دنیا نیز شاهد تحولات چشمگیری بوده که بیشتر آن‌ها ناشی از پیشرفت‌های فناوری‌های دیجیتال است (کونفو و همکاران، ۲۰۲۳). استفاده کشاورزان از گوشی‌های هوشمند برای دسترسی به اطلاعات کشاورزی، شیوه تعامل و ارتباط کشاورزان در سراسر دنیا، حتی دورترین مناطق روستایی را تغییر داده است. اگرچه کشاورزان مشکلات و چالش‌هایی در این زمینه داشته‌اند، اما معتقدند این فناوری‌ها برای افزایش دانش و درک آن‌ها از فناوری مدرن کشاورزی مؤثرتر است (خان و همکاران، ۲۰۱۹؛ کومار، ۲۰۲۳). اگرچه توسعه فناوری دیجیتال توانایی افزایش بهره‌وری، کارایی و پایداری کشاورزی را دارد، با این حال پیاده‌سازی موفقیت آمیز این فناوری‌ها مستلزم ارزیابی کاملی از سطح آمادگی آنها برای استقرار و پذیرش در بازار است (ویک و همکاران، ۲۰۲۱). این مبحث در محیط‌های روستایی و فعالیت‌های کشاورزی اهمیت بالاتری می‌یابد؛ زیرا از یک سو پیشرفت‌های فناوری در کشاورزی با تغییرات ساختاری، سیاسی و اجتماعی برای کشاورزان و جامعه روستایی ارتباط نزدیکی دارد (نعیمی و همکاران، ۱۳۹۴؛ رولندی و همکاران، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، تجارب فرآیند پذیرش فناوری نشان دهنده وجود مقاومت‌هایی در اینگونه جامعه‌ها است. از این رو بررسی ابعاد فرآیند پذیرش، پیاده‌سازی و توسعه یک فناوری در حوزه کشاورزی کشورهای در حال توسعه نیازمند انجام مطالعات جامع، چند بعدی و منطبق با شرایط بومی منطقه است (تاکاهاشی و همکاران، ۲۰۲۰).

در گام آغازین این فرآیند، مفهوم "سطح آمادگی فناوری ۱" نیاز به بحث و بررسی دارد (منکینز، ۲۰۰۹؛ هدر، ۲۰۱۷). همانطور که توسط بسیاری از محققان ذکر شده است، توسعه فناوری فرآیندی تک بعدی و خطی نیست و نمی‌توان آن را با بررسی سطح آمادگی فناوری به تنهایی درک کرد (کوبوس و همکاران، ۲۰۱۸؛ هسنور و همکاران، ۲۰۱۷). توسعه فناوری‌های نوین در کشاورزی به یک بازار نیاز دارند و در بسیاری موارد "سطح آمادگی بازار ۲" با سطح آمادگی فناوری همسو و هم‌گرا نیست. علاوه بر این، فناوری‌های جدید ممکن است با مقررات و درک سازمانی، اجتماعی و یا سیاسی تضاد داشته باشند. بنابراین، حتی اگر فناوری‌ها سطح آمادگی بازار و سطح آمادگی فناوری بالایی نیز داشته باشند، باز هم توازن رشد و بومی‌سازی فناوری نیاز اصلی برای موفقیت پایدار آن خواهد بود (ویک و همکاران، ۲۰۲۱).

چارچوب‌های سطح آمادگی فناوری و بازار به طور گسترده در صنایع مختلف برای ارزیابی بلوغ و پتانسیل تجاری‌سازی فناوری‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (فرناندز، ۲۰۱۰). علاوه بر فناوری‌های کاربردی در علوم رایانه، صنایع پیشرفته و نظامی، تحقیق سالوادور کارولا و همکاران (۲۰۲۴) منجر به ارایه چارچوب تخصصی برای ارزیابی سطح آمادگی فناوری در حوزه بهداشتی و علوم اجتماعی شده است. اما همچنان در بخش کشاورزی با وجود فناوری‌های متعدد نوپدید، فقدان یک رویکرد نظام‌مند برای ارزیابی آمادگی آنها برای استقرار و پذیرش بازار به شدت محسوس است (پیلیانیدیس و همکاران، ۲۰۲۱). روش‌های ارزیابی موجود، به طور متداول هر دو جنبه فناوری و بازار را به طور همزمان در نظر نمی‌گیرند، که این نکته منجر به ارایه ارزیابی‌های ناقصی می‌شود. درپیشینه پژوهش نیز تاکید بر آن است که این شکاف مانع از اجرای موثر راهکارها و سیاست‌های نوآورانه در بخش کشاورزی شده و تأثیر بالقوه آن‌ها را محدود می‌کند (رولندی و همکاران، ۲۰۲۱). در این رابطه باقری و جوادی (۱۴۰۱) با ارزیابی سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی کشاورزی ایران بیان داشته‌اند که سطح فناوری محصولات زراعی، باغی، دامی و آبزیان بسیار پایین است و بیشتر این فناوری‌های از خارج از کشور تأمین می‌شود.

در تجربیات خارج از کشور، کومار (۲۰۲۳) در تحقیقی با عنوان استفاده کشاورزان از تلفن همراه برای دسترسی به

اطلاعات کشاورزی در هاریانا اذعان می‌دارد که این شیوه تعامل و ارتباط کشاورزان در سراسر کشور را تغییر داده است. بر پایه یافته‌های این مطالعه، اکثر کشاورزان بیش از ۳ سال است که با گوشی هوشمند از بسترهای اطلاعات کشاورزی استفاده می کنند؛ اما هنوز ارزیابی دقیقی از فناوری‌های مناسب برای افزایش دانش و عملکرد آن‌ها ارایه نشده است. همچنین، دیاز و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود با عنوان عامل‌های مؤثر بر تمایل کشاورزان به اتخاذ برنامه‌های کاربردی تلفن همراه در بازاریابی محصولات بامبو دریافتند که برای ترویج استفاده از این برنامه‌ها، دولت باید سیاست های توانمندسازی را برای کاهش هزینه‌های پذیرش فناوری، در راستای کاهش فقر روستایی تدوین نماید. کامپا (۲۰۲۳) در تحقیقات خود به لزوم ادغام مدل‌های آمادگی فناوری با مدل پذیرش فناوری یادگیری‌های مبتنی بر تلفن همراه تأکید داشته و بیان می‌دارد که شرط ضروری برای پذیرش فناوری های مبتنی بر گوشی‌های هوشمند، وجود سطح مناسبی از آمادگی در جامعه مخاطب است. ویک و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود روشی برای ارزیابی آمادگی متوازن فناوری‌های نوین کشاورزی ارایه داده‌اند. نتایج این تحقیق مجموعه ای از ۳۶ فناوری جدید کشاورزی کشور نروژ را مطالعه نموده و بیان می‌دارد که روش جدید می‌تواند به عنوان یک رویکرد ثمربخش برای ارزیابی ترکیبی فناوری‌های نوپدید عمل کند. در ابزار ارایه شده توسط این پژوهشگران، سطح آمادگی فناوری (TRL) با سطح آمادگی بازار (MRL)، سطح آمادگی نظارتی (RRL)، آمادگی سطح پذیرش (ARL) و ارزیابی سطح سازمانی (ORL) تکامل یافته تا ارزیابی سطح آمادگی متوازن (BRLa) ایجاد شود.

بنابراین، نیاز مبرم به وجود یک ابزار ارزیابی بومی احساس می‌شود که بتواند یک دیدگاه جامع‌نگر از فناوری‌های کشاورزی را با در نظر گرفتن بلوغ فناوری و آمادگی بازار ارایه دهد. با توجه به رهیافت‌های ترویج و آموزش کشاورزی در پذیرش فناوری این مقاله در نظر دارد، ابزاری برای ترازگری نرم‌افزارهای بومی ترویج و آموزش کشاورزی که پیچیدگی‌های توسعه و پیاده‌سازی فناوری را در نظر می‌گیرد، ارایه نماید. در یک اقدام نوآورانه، هدف این تحقیق ادغام این چارچوب‌ها در قالب یک ابزار جامع بومی، به طور خاص برای ارزیابی نرم‌افزارهای کاربردی یا همان اپلیکیشن‌های ایرانی گوشی‌های هوشمند در ترویج و آموزش کشاورزی است. این تحقیق کیفی به دنبال پاسخ به این سوال است که "سطح آمادگی فناوری" و "سطح آمادگی بازار" برنامه‌های کاربردی گوشی‌های هوشمند در حوزه ترویج و آموزش کشاورزی تا چه میزان انطباق دارد؟ بدین منظور دو سوال زیر مطرح می‌گردد:

- آمادگی فناوری برای نرم‌افزارهای بومی مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در حوزه ترویج و آموزش کشاورزی در چه سطحی قرار دارد؟
- آمادگی بازار برای نرم‌افزارهای بومی مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در حوزه ترویج و آموزش کشاورزی در چه سطحی قرار دارد؟

سطح آمادگی فناوری (TRL)

سطح آمادگی فناوری یک مفهوم کلیدی در جهان فناوری و یکی از معیارهای سنجش بلوغ فناوری‌ها است. این مقیاس برای اولین بار در دهه ۸۰ میلادی توسط سازمان فضایی آمریکا ۳ مطرح شد. تعاریف اولیه شامل هفت سطح بود که توسط سادین و همکارانش در سال ۱۹۸۹ میلادی ارایه شد. در سال ۱۹۹۵ میلادی، منکینز این سطوح را تا نه سطح افزایش داد (منکینز، ۲۰۰۹). سطوح آمادگی فناوری یک ابزار تحلیلی برای ارزیابی سطح فناوری و مقدار ریسک ناشی از استفاده از یک فناوری در توسعه یک محصول طی مراحل زمانی است. ارزش استفاده از این ابزار در آن است که با اندازه‌گیری سطح بلوغ یک فناوری، تصمیم‌گیران قادر خواهند شد تا با آگاهی به انتخاب فناوری‌ها بپردازند. مهم‌ترین فایده سطوح آمادگی فناوری، آشکار کردن فاصله بین بلوغ فعلی فناوری و بلوغ مورد نیاز برای استفاده از آن در یک محصول است (فولادی، ۱۳۸۷). به منظور تعیین میزان موفقیت یک فناوری، می‌توان بلوغ آن فناوری را مورد بررسی قرار داد. ارزیابی بلوغ فناوری و تجزیه و تحلیل‌های

مربوط به آن نشان می‌دهد که آیا توسعه یک فناوری می‌تواند وظیفه مورد انتظار را برآورده سازد یا خیر (هدر، ۲۰۱۷).

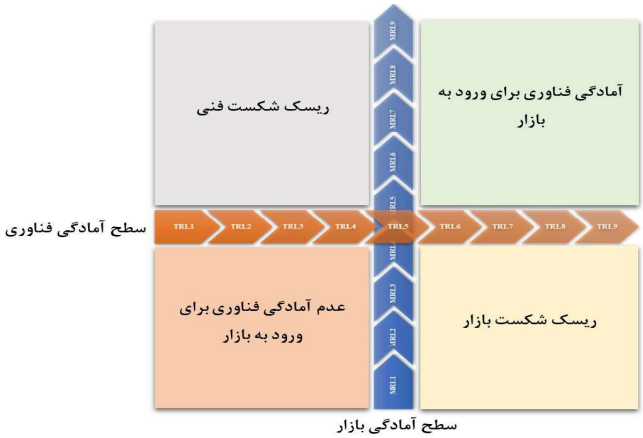
ابزار سنجش سطح آمادگی فناوری در این تحقیق، پیشنهاد شده توسط ویک و همکاران (۲۰۲۱) به طور خاص مرتبط با فناوری‌های حوزه کشاورزی و توسعه روستایی، شامل نه سطح زیر است: سطح ۱ وضعیتی است که در آن یک ایده خاص نوآورانه در زمینه کاربرد نرم‌افزارهای کشاورزی تدوین شده است؛ سطح ۲ زمانی است که ایده به صورت یک مدل کسب و کار توصیف شده است؛ سطح ۳ زمانی است که اثبات‌های تجربی از طریق دستور و کدنویسی مفاهیم مورد نیاز اپلیکیشن تولید می‌شوند؛ سطح ۴ زمانی است که لایه‌ها و ارکان اپلیکیشن به صورت جداگانه طراحی شده است؛ سطح ۵ زمانی است که اعتبار سنجی ترکیب اجزای اصلی اپلیکیشن، در محیط شبیه‌سازی تایید شده است؛ سطح ۶ زمانی است که یک نمونه اولیه در محیط طبیعی آزمایش شده است؛ سطح ۷ زمانی است که اپلیکیشن در محیط طبیعی نمایش داده شده و ایرادات آن رفع گردیده است. سطح ۸ زمانی است که اپلیکیشن نهایی در مقیاس وسیع آزمایش و عملکرد آن بهینه شده است و در نهایت؛ سطح ۹ زمانی است که اپلیکیشن نهایی به طور کامل توسعه یافته و بروزرسانی شده است.

سطح آمادگی بازار (MRL)

سطح آمادگی بازار، مقیاسی برای درک و کمی‌سازی ویژگی‌های بازاری یک محصول جدید است. توجه به سطح آمادگی بازار می‌تواند خطر شکست بازار را کاهش دهد. سطح آمادگی بازار مربوط به فعالیت‌های منجر به تجاری‌سازی یک فناوری است (هسنور و همکاران، ۲۰۱۷). این موضوع در ادبیات کسب و کار مورد توجه فراوان قرار گرفته است و به این موضوع می‌پردازد که فرآیند تولید محصول تا چه میزان مطابق با سطح کشش بازار توسعه یافته است (کوبوس و همکاران، ۲۰۱۸). در این پژوهش، رویکرد کمی در مورد نحوه برخورد با این موضوع وجود دارد و تاکید بر بکارگیری مقیاس ۹گانه مشابه با سطح آمادگی فناوری بوده است.

بنابراین در پژوهش حاضر، این مولفه با مقیاس ارایه شده توسط ویک و همکاران (۲۰۲۱) مورد بررسی قرار گرفته و به چگونگی توسعه فرآیند تطبیق محصول با بازار پرداخته است.: سطح ۱ یک حدس در مورد نیاز در بازار است؛ سطح ۲ زمانی است که توصیفی از یک ایده‌ای در مورد حل نیاز با استفاده از اپلیکیشن تدوین شده است؛ سطح ۳ زمانی است که تقاضای بازار در مورد یک اپلیکشن خاص شناسایی و برآورد شده است؛ سطح ۴ زمانی است که اهمیت تقاضای بازار توسط مثلاً یک کمپین آزمایشی کوچک (مشتریان، فعالان و بازیگران) تأیید شده است؛ سطح ۵ زمانی است که مدل کسب و کار شفاف و قابل توجیه شده است؛ سطح ۶ زمانی است که اپلیکیشن قابلیت رفع نیازهای مخاطبان اولیه را داشته است؛ سطح ۷ زمانی است که مشتریان رضایت و یا پیشرفت اپلیکیشن را تأیید می‌کنند؛ سطح ۸ زمانی است که فروش پایدار پیش‌بینی درآمد را ممکن می‌سازد، و؛ سطح ۹ زمانی است که دیدگاه توسعه ظرفیت بازار در سطح فرامنطقه‌ای و جهانی پدید آمده است.

در یک جمع بندی کلی می‌توان گفت اگرچه تعامل میان پیشرفت‌های فناورانه و تحولات اجتماعی در کشاورزی از اهمیت بالایی برخوردار است، اما این موضوع تاکنون کمتر مورد توجه پژوهش‌ها قرار گرفته است. با این حال، چالش‌های روزافزون در مباحث امنیت غذایی، پایداری و کشاورزی هوشمند منجر به ایجاد علاقه‌مندی به پژوهش‌های مرتبط با فناوری از دیدگاه اجتماعی شده است. ارتباط تنگاتنگ بین رهیافت‌های توسعه کشاورزی با الگوهای پذیرش فناوری نشان می‌دهد که به ابزارها و روش‌شناسی‌های نوین در ارزیابی فناوری‌های جدید نیاز مبرم وجود دارد. چارچوب تحلیلی پژوهش حاضر، گامی در جهت پرکردن این شکاف پژوهشی و تسهیل همگرایی فناوری با نیازهای اجتماعی است.



نگاره ۱-مدل نظری پژوهش

روش شناسی

در این پژوهش برای پاسخگویی به پرسش‌های تحقیق از رویکرد کیفی استفاده شد. جامعه هدف مورد مطالعه شامل کلیه اعضای هیئت علمی و کارشناسان صاحب‌نظر در نرم‌افزارهای تخصصی ترویج و آموزش کشاورزی بودند. از آنجاکه در این پژوهش موضوع جدیدی مورد مطالعه قرار گرفت، دسترسی به جامعه‌ای از خبرگان این حوزه دشوار بود. در اینگونه تحقیق‌های کیفی که به داوری محقق متکی است، نمونه گیري به روش "نمونه‌گیری قضاوتی یا هدفمند۴" از نوع نمونه گیری ناهمگن، به عنوان تکنیکی که در آن افراد با ویژگی‌های متنوع در مطالعه حائز شرایط خبرگی باشند، پیشنهاد شده است (حبیبی، ۱۴۰۰). کلیه خبرگان انتخاب شده با کارکردهای ترویج و آموزش کشاورزی آشنا بوده یا از طریق مراکز رشد یا پارک‌های علم و فناوری در توسعه نرم افزارهای تخصصی ترویج و آموزش کشاورزی مشارکت شده‌اند. برای اطمینان از حداکثر تنوع در داده‌های اولیه، شمار ۱۵ تن از متخصصان بر پایه ملاک خبرگی در کاربرد نرم‌افزارها از حوزه‌های مختلف کشاورزی انتخاب شدند که اطلاعات آنان در جدول ۱ ارایه شده است.

جدول ۱-گروه هدف مورد مطالعه در بخش کیفی

ردیف	سمت	سازمان	تحصیلات	تخصص
۱	هیات علمی	دانشگاه شیراز	دکتری تخصصی	ترویج و آموزش کشاورزی
۲	هیات علمی	دانشگاه تهران	دکتری تخصصی	ترویج و آموزش کشاورزی
۳	هیات علمی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان	دکتری تخصصی	باغبانی
۴	هیات علمی و معاون مرکز رشد	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	دکتری تخصصی	توسعه روستایی
۵	هیات علمی و سرپرست مرکز رشد	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان	دکتری تخصصی	ژنتیک و تولیدات گیاهی
۶	هیات علمی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان	دکتری تخصصی	گیاهپزشکی
۷	هم بنیان‌گذار	پارک علم و فناوری خوزستان	کارشناسی ارشد	مهندسی مکانیک
۸	هم بنیان‌گذار	پارک علم و فناوری تهران	کارشناسی ارشد	کامپیوتر-نرم افزار
۹	هم بنیان‌گذار	پارک علم و فناوری تهران	دکتری تخصصی	اقتصاد
۱۰	مدیر عامل	شرکت خوشه پروران مهام	کارشناسی ارشد	مدیریت بازرگانی
۱۱	مدیر عامل	شتابدهنده اروند تک	دکتری حرفه‌ای	دامپزشکی
۱۲	شبکه‌ی دانش و رسانه‌های ترویجی	موسسه آموزش و ترویج کشاورزی	دکتری تخصصی	ترویج و آموزش کشاورزی
۱۳	شبکه‌ی دانش و رسانه‌های ترویجی	موسسه آموزش و ترویج کشاورزی	دکتری تخصصی	ترویج و آموزش کشاورزی
۱۴	اپلیکیشن‌های کشاورزی	موسسه آموزش و ترویج کشاورزی	دکتری تخصصی	ترویج و آموزش کشاورزی
۱۵	ممیزی و پایش دانش و نوآوری	موسسه آموزش و ترویج کشاورزی	دکتری تخصصی	ترویج و آموزش کشاورزی

ابزار پژوهش، پرسشنامه‌ای ساختارمند برگرفته از منابع و مدل‌های معتبر شامل مشخصات جمعیت‌شناختی و ارزیابی مؤلفه‌های مدل‌های تحقیق بود. با استفاده از نظر متخصصان موضوعی در حوزه برنامه‌های کاربردی مبتنی بر گوشی‌های هوشمند، روایی شکلی ابزار مورد بررسی قرار گرفت و پس از انجام اصلاحات لازم در پرسشنامه، قابلیت اندازه‌گیری محتوا و متغیرهای مورد نظر تأیید گردید. پس از آن، چارچوب انطباق سطح آمادگی بازار با سطح آمادگی فناوری از دیدگاه کاربران، اساتید و کارشناسان حوزه، توسعه‌دهندگان اپلیکیشن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در این رابطه صاحبنظران نیز معتقدند که ارزیابی چند بعدی از آمادگی فناوری برای درک، توسعه و پیاده‌سازی فناوری ضرورت دارد (ویک و همکاران، ۲۰۲۱). به عبارت دیگر بایستی مشخص شود که از یک سو فناوری چقدر توسعه یافته است و از سوی دیگر بازار تا چه میزان آماده‌ی پذیرش آن است؟ اینها سوالاتی هستند که در ارزیابی سطح آمادگی باید به آنها پاسخ داده شود. بنابراین، بر اساس بررسی و تحلیل ادبیات، ارزیابی آمادگی دو بعدی شامل سطح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار در رابطه با توسعه اپلیکشین‌های حوزه ترویج و آموزش کشاورزی انجام پذیرفت.

جهت سنجش پایایی مقیاس ارزیابی از محاسبه ضریب بازیابی۵ (CR) به روش کُرنل (گاتمن) بهره گرفته شد. در روش کرنل برای محاسبه بازنمایی، ایده آل طیف گاتمن این است که بازنمایی طیف صد در صد باشد. اما به دلیل ممکن نبودن انباشتگی صد در صد گویه‌ها، این مهم انجام پذیر نیست. به عبارت دیگر، نمی‌توان انتظار داشت که مام پاسخگویان بر یک گزینه توافق نظر داشته باشند. در چنین شرایطی می‌توان با شمردن تعداد خطاها و تقسیم آن بر تعداد پاسخ‌ها ضریب بازنمایی را محاسبه نمود. در این مورد، بیشتر پژوهشگران ضریب بالاتر از ۸۰٪ را مطلوب دانسته‌اند:

$$CR = 1 - (\sum e / Nr)$$

در این رابطه $\sum e$ تعداد ناهماهنگی‌ها را نشان می‌دهد و Nr نیز تعداد کل پاسخ‌ها (تعداد پاسخ‌دهندگان × تعداد گویه‌ها) می‌باشد. در این تحقیق مقدار ضریب بازیابی برای مقیاس آمادگی فناوری و آمادگی بازار ($CR \geq 0/80$) در حد مطلوب برآورد شد.

ابزار سنجش آمادگی نرم‌افزارهای کشاورزی ایرانی مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در این پژوهش، پرسشنامه نه بعدی ویک و همکاران (۲۰۲۱) بر اساس مقیاس گاتمن۶ در نظر گرفته شد. مطابق با مقیاس‌های ارزیابی سطح آمادگی دوگانه (مندرج در تعریف عملیاتی متغیرها)، یک پرسشنامه برای کمک به طبقه‌بندی هر یک از ابعاد آمادگی فناوری و آمادگی بازار توسعه داده شد. ابزار ارایه شده در جدول ۲ شامل مجموعه‌ای از نه سوال برای هر نوع سطح آمادگی است، که هر سوال به یک سطح (از سطح ۱ تا سطح ۹) مربوط می‌شود. پرسشنامه به صورت منطقی در یک توالی ثابت ساختار یافته است. با توجه به اینکه پاسخگویان با ارزیابی سطح فناوری و نرم افزارهای کاربردی مبتنی بر گوشی‌های هوشمند آشنایی داشتند، نحوه جمع‌آوری اطلاعات از طریق پرسشنامه پژوهش برای آنان تشریح شد. بدین ترتیب که برای هر یک از ابعاد، ارزیاب باید از بالا شروع و به سمت پایین حرکت کند تا بتواند به طور قطعی پاسخ "بله" دهد. به طور مثال، ارایه پاسخ "بله" در سوال اول به سطح آمادگی فناوری ۹ مربوط می‌شود. همچنین پس از پاسخ "خیر" به سوالات اول و دوم و سوم در سطح آمادگی بازار، دریافت پاسخ "بله" سوال چهارم، برنامه را در سطح ۶ طبقه بندی می‌کند. با دنبال کردن این توالی، زمانی که به یک سوال با "بله" پاسخ داده می‌شود، به این معنی است که سطح آمادگی در آن معیار پیدا شده است.

جدول ۲- پرسشنامه ارزیابی سطح آمادگی در دو بعد فناوری و بازار

سوال	TRL سطح آمادگی فناوری	MRL سطح آمادگی بازار	سطح آمادگی
۱	آیا اپلیکیشن به طور کامل توسعه یافته است؟	آیا محصول از طریق بوم مدل کسب و کار تعریف شده، در بازار جهانی قابل توسعه است؟	۹
۲	آیا اپلیکیشن در مقیاس وسیع آزمایش و اثبات شده است؟	آیا تقاضای استفاده از اپلیکیشن در حالت پایدار یا در حال رشد است؟	۸
۳	آیا اپلیکیشن در محیط طبیعی نمایش داده شده و ایرادات آن رفع شده است؟	آیا کاربران از قابلیت‌ها و پشتیبانی اپلیکیشن رضایت داشته‌اند؟	۷
۴	آیا یک نمونه اولیه در محیط مرتبط آزمایش و تأیید شده است؟	آیا اپلیکیشن قابلیت رفع نیازهای مخاطبان اولیه را داشته است؟	۶
۵	آیا اعتبارسنجی ترکیب اجزای اصلی اپلیکیشن، در محیط شبیه‌سازی شده تأیید شده‌اند؟	آیا مدل کسب و کار با توجه ظرفیت بازار قابل توجیه است؟	۵
۶	آیا لایه‌ها و ارکان اصلی اپلیکیشن به صورت جداگانه آزمایش و تأیید شده‌اند؟	آیا اهمیت تقاضای بازار در مورد اپلیکیشن توسط مشتریان، فعالان و بازیگران تأیید شده است؟	۴
۷	آیا دستورها و کدنویسی برنامه تایید شده است؟	آیا تقاضای بازار در مورد یک اپلیکشن خاص شناسایی شده است؟	۳
۸	آیا مدل کسب و کار برای این اپلیکیشن توصیف شده است؟	آیا ایده‌ای در مورد حل نیاز با استفاده از اپلیکیشن تدوین شده است؟	۲
۹	آیا یک ایده اپلیکیشن نوآورانه تدوین شده است؟	آیا به طور محسوس نیازی در بازار وجود دارد؟	۱

علاوه بر ابزار مندرج در جدول فوق، نیاز به یک روش برای تصویرسازی نتیجه وجود دارد. به منظور تعیین انطباق سطوح آمادگی فناوری و آمادگی بازار با رویکرد مدیریت فناوری از ماتریس فناوری-بازار پیشنهاد شده توسط کمیته ارتباط با صنعت بخش ایران (۱۳۹۹) بهره گرفته شد. بنابراین، زمانی که فرآیند پرسشنامه برای دو بعد مختلف آمادگی انجام می‌شود، نتیجه بدست آمده می‌تواند در قالب یک ماتریس نشان داده شود. اگر یک اپلیکیشن در هر دو سطح آمادگی امتیاز پنج یا کمتر دریافت کند، در شرایط عدم آمادگی برای ورود به بازار قرار خواهد گرفت. در صورتی که این امتیاز به صورت متوازن به سطح ۶ برسد، می‌توان اپلیکیشن را در منطقه مهمی به نام ناحیه گذار قلمداد کرد. مناسب‌ترین شرایط برای رویکرد مدیریت فناوری در ارزیابی سطوح آمادگی، حرکت متوازن بر روی قطر ماتریس خواهد بود. در صورتی که یکی از سطوح آمادگی به صورت نامتوازن پیشرفت داشته باشد، آینده اپلیکیشن در ناحیه‌هایی با خطر شکست از سمت بازار یا شکست در ابعاد فنی پیش‌بینی می‌شود. در نهایت، چنانچه هر دو سطح آمادگی فناوری و بازار در سطوح بالاتر از ۶ قرار گیرند، نرم‌افزارها در ناحیه سبز ماتریس به معنای آمادگی برای ورود به بازار دسته بندی خواهند شد. نگاره ۲ این دسته بندی را در قالب یک ماتریس انطباقی نمایش می‌دهد:

نگاره ۲- چارچوب انطباق سطوح آمادگی فناوری و سطح آمادگی بازار با رویکرد مدیریت فناوری

یافته‌ها

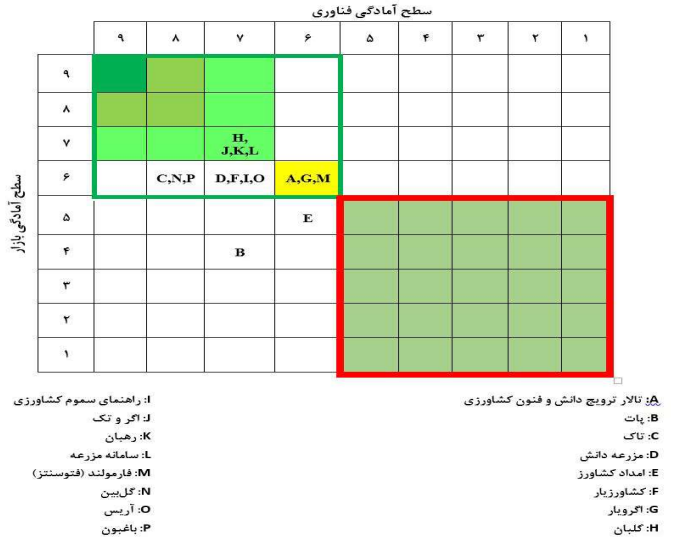
دیدگاه‌های مرتبط با ارزیابی سطوح آمادگی فناوری، به طور عمومی یک سیر زمانی خطی را دنبال می‌کنند. بدین ترتیب که با پدیدار شدن یک ایده، روند تکامل و توسعه نمونه اولیه تا محصول نهایی طی می‌گردد. در سطح آمادگی بازار نیز این روند از احساس نیاز شروع شده و تا پاسخگویی به ظرفیت بازارهای داخلی و خارجی ادامه می‌یابد. با الهام از ادبیات مربوط به اندازه‌گیری‌های آمادگی، رویکرد انطباقی این پژوهش نیز بر پایه مقیاس ۹ نقطه‌ای، در دو بعد مختلف، ساخته شده است. در این فرآیند، اطلاعات موجود در رابطه با وضعیت نرم‌افزارها توسط گروه هدف مورد مطالعه بررسی، نقد و بازبینی شده و به عنوان بخشی از فرآیند علمی برای اعتبارسنجی پرسشنامه بخش کیفی و روش تحقیق بکار گرفته شد. در پایان پس از جمع‌بندی اطلاعات و نظرات گروه هدف مورد مطالعه، اقدام به تعیین سطوح آمادگی فناوری-بازار شد.

همانگونه که در جدول (۳) آمده است، برنامه‌های مورد مطالعه بر پایه کارکرد به چهار گروه اصلی تقسیم شدند. در دسته اول برنامه‌های حوزه رسانه دانش و ارتباطات کشاورزی، دسته دوم برنامه‌های حوزه آموزش، مشاوره و ارایه نهاده‌های کشاورزی، دسته سوم برنامه‌های حوزه هوشمندسازی و پایش مزرعه و دسته چهارم برنامه‌های حوزه هوش مصنوعی در شناسایی گیاهان، آفات و بیماری‌ها قرار گرفته‌اند.

جدول ۳- غربالگری فناوری با برآورد امتیاز سطح آمادگی

نرم‌افزار	حوزه فعالیت	CR* MRL	CR* TRL	MRL	TRL	برآورد ناحیه انطباق
A. تالار ترویج دانش و فنون کشاورزی	تالار ترویج دانش و فنون کشاورزی	۰/۸۳	۰/۸۵	۶	۶	گذار
B. پات	پات	۰/۸۰	۰/۹۱	۴	۷	شکست بازار
C. تاک	تاک	۰/۸۸	۰/۹۲	۶	۸	آمادگی
D. مزرعه دانش	مزرعه دانش	۰/۸۴	۰/۹۲	۶	۷	آمادگی
E. امداد کشاورز	امداد کشاورز	۰/۸۸	۰/۸۴	۵	۶	شکست بازار
F. کشاورزیار	کشاورزیار	۰/۹۰	۰/۸۵	۶	۷	آمادگی
G. اگرویار	اگرویار	۰/۹۲	۰/۹۵	۶	۶	گذار
H. گلبان	گلبان	۰/۸۹	۰/۹۴	۷	۷	آمادگی
I. راهنمای سموم کشاورزی	راهنمای سموم کشاورزی	۰/۸۷	۰/۸۹	۶	۷	آمادگی
J. اگروتک	اگروتک	۰/۸۴	۰/۸۸	۷	۷	آمادگی
K. رهبان	رهبان	۰/۹۲	۰/۹۵	۷	۷	آمادگی
L. سامانه مزرعه	سامانه مزرعه	۰/۹۰	۰/۹۵	۷	۷	آمادگی
M. فارمولند (فتوسنتز)	فارمولند (فتوسنتز)	۰/۸۷	۰/۹۲	۶	۶	گذار
N. گل‌بین	گل بین	۰/۸۲	۰/۸۴	۶	۸	آمادگی
O. آریس	هوش مصنوعی در شناسایی گیاهان، آفات و بیماری‌ها	۰/۸۸	۰/۸۳	۶	۷	آمادگی
P. باغبون	هوش مصنوعی در شناسایی گیاهان، آفات و بیماری‌ها	۰/۸۵	۰/۸۹	۶	۸	آمادگی

در ادامه، به منظور ارزیابی سطح آمادگی انطباقی نرم‌افزارهای ترویج و آموزش کشاورزی یافته‌ها در نگاره ۳ قرار گرفتند. دستاوردهای پژوهش نشان داد که از بین ۱۶ اپلیکیشن مورد مطالعه، تعداد ۱۴ اپلیکیشن در مرحله آمادگی برای ورود به بازار قرار گرفته‌اند و ۲ اپلیکیشن در ناحیه خطر شکست بازار برآورد شده‌اند. در میان ۱۴ اپلیکیشنی که در ناحیه آمادگی قرار گرفتند، ۳ اپلیکیشن در مرحله گذار بوده‌اند. همچنین تعداد ۷ اپلیکیشن از قطر ماتریس که رویکرد مدیریت فناوری به آن تاکید دارد فاصله گرفته‌اند. به عبارت دیگر این ۷ اپلیکیشن، در بعد فناوری نسبت به بازار رشد نامتعادلی را در پیش گرفته‌اند که در صورت عدم کنترل صحیح، ممکن است این روند موجب مواجهه با شکست آن‌ها گردد. لازم به ذکر است، نتایج این تحلیل بر پایه نظرات متخصصان و کاربران از وضعیت فعالیت نرم‌افزارها تا مرداد ماه ۱۴۰۳ ارایه شده است.



نگاره ۳- ماتریس سطوح آمادگی انطباقی نرم‌افزارهای مبتنی بر گوشی هوشمند در حوزه ترویج و آموزش کشاورزی

بحث و نتیجه گیری

این چارچوب پژوهشی، با ادغام مقیاس نه درجه‌ای سطوح آمادگی فناوری (TRL) و آمادگی بازار (MRL) در یک ماتریس تطبیقی، ابزاری جامع برای سنجش یکپارچه فناوری‌های نوین ارایه می‌دهد. طراحی این ماتریس با مشارکت ۱۵ تن از متخصصان حوزه فناوری کشاورزی انجام شده و در این مطالعه، ۱۶ نرم‌افزار بومی این حوزه با استفاده از آن تحلیل شده‌اند. نتایج، دسته‌بندی نرم‌افزارها را در چهار گروه اصلی نشان می‌دهد: (۱) رسانه دانش و ارتباطات کشاورزی، (۲) آموزش، مشاوره و ارایه نهاده‌های کشاورزی، (۳) هوشمندسازی و پایش مزرعه، و (۴) هوش مصنوعی در شناسایی گیاهان، آفات و بیماری‌ها. این طبقه‌بندی، تصویری جامع از توانمندی‌های فناوری‌های بومی در بهبود اثربخشی برنامه‌های ترویجی و آموزشی کشاورزی ترسیم می‌کند. بررسی‌ها همچنین حاکی از آن است که بیشتر این نرم‌افزارها به مرحله بلوغ بازار رسیده‌اند که گویای قابلیت بالای آن‌ها برای جذب توسط جامعه هدف و گسترش کاربرد است. ماتریس طراحی شده با رویکردی نظام‌مند به مدیریت فناوری، ابزاری راهبردی برای اجرای راهکارهای نوآورانه در مواجهه با چالش‌های پویای بخش کشاورزی محسوب می‌شود.

توسعه فناوری‌های نوین در راستای بهبود عملکرد بخش کشاورزی، همواره با چالش‌هایی در پیاده‌سازی و پذیرش این فناوری‌ها در جامعه مخاطب روبرو بوده است. همانگونه که محققان همچون ویک و همکاران (۲۰۲۱) و سالوادور کارولا و همکاران (۲۰۲۴) بیان داشته‌اند، سطح آمادگی فناوری‌های نوین به مثابه یک شاخص بین‌المللی برای ارزیابی تبدیل شده و به صورت زبان علمی مشترک برای بحث در مورد توسعه فناوری عمل می‌کند. تلاش برای توسعه یک روش‌شناسی بومی برای ارزیابی متعادل‌تر و گسترده‌تر آمادگی فناوری، باید توامان با همسویی اصطلاحات موجود در ادبیات آمادگی فناوری (منکینز، ۲۰۰۹؛ هدر، ۲۰۱۷؛ کوبوس و همکاران، ۲۰۱۸؛ هسنور و همکاران، ۲۰۱۷)، چالش‌های مرتبط با ماهیت فعالیت‌های کشاورزی حال حاضر در کشور ایران را نیز مد نظر قرار دهد. در این پژوهش سعی بر آن بوده است که ایده توسعه فناوری از طریق مقیاس‌های آمادگی با تمرکز بر جنبه‌های فنی و بازار، بتواند مقدمات پذیرش اجتماعی آن توسط کاربران را فراهم آورد. با ارایه یک چارچوب ارزیابی ساختاریافته و جامع، این تحقیق چندین مزیت کلیدی را در پی داشت.

در وهله اول، این تحقیق ابزار ارزشمندی برای ارزیابی و حمایت از پیشرفت نرم‌افزارهای بخش کشاورزی از طریق تصمیم گیری آگاهانه و تخصیص منابع راهبردی صندوق‌های

پژوهش و فناوری را فراهم می‌کند. بدین ترتیب با شناسایی نرم‌افزارهایی که آماده استقرار در بازار هستند، می‌توان منابع را با کارایی بیشتری تخصیص داد و اطمینان حاصل کرد که سرمایه‌گذاری‌ها به سمت نوآوری‌های امیدوارکننده هدایت می‌شوند. همچنین درک روشن از سطوح آمادگی فناوری می‌تواند روند انتشار نوآوری‌های مرتبط با نرم‌افزارهای مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در بین مروجان و کشاورزان را تسریع کند. این سازوکار ترویج و آموزش مجازی به عنوان مکملی برای رهیافت‌های متعارف، با نواقصی همچون کمبود تعداد مروجان، دوری مکانی و کاستی‌های مراکز تحقیقاتی کشاورزی در انتشاریافته‌ها مقابله خواهد نمود.

در این پژوهش نرم‌افزارهای مبتنی بر گوشی‌های هوشمند در حوزه ترویج و آموزش کشاورزی، از منظر آمادگی فناوری-بازار با استفاده از روش‌شناسی انطباقی توصیف و ارزیابی شده است. باید تأکید شود که امتیازات داده شده به نرم‌افزارهای مختلف در این پژوهش، به صورت کاملا بی‌طرف و تنها با هدف علمی با توجه به اطلاعات عمومی موجود در زمان نگارش انجام شده است. توسعه‌دهندگان ممکن است اطلاعات یا دیدگاه‌هایی داشته باشند که با ارزیابی این پژوهش همخوانی نداشته باشد. به صورت کلی، امتیازاتی که استفاده شده است بر پایه بروزترین شاخص‌های علمی در مورد دانش فعلی کاربرد این نرم‌افزارها از دیدگاه متخصصان است.

به طور کلی، یافته‌های ارایه شده در درجه اول یک ابزار نقشه برداری بومی برای ارزیابی نرم‌افزارهای تخصصی حوزه ترویج و آموزش کشاورزی است. در گام بعدی، این ابزار برای تکمیل پژوهش‌های مرتبط با پذیرش فناوری‌های نوین مبتنی بر نرم‌افزارها در حوزه کشاورزی مختلف کاربردهای فراوانی خواهد داشت. بنابراین الگوی ارزیابی انطباقی فناوری-بازار تدوین شده در این تحقیق، می‌تواند کمک شایانی به بحث جاری در مورد توسعه ارزیابی‌های نماید. زیرا این اقدام، با در نظر گرفتن شاخص‌ها مرتبط با بازار، حرکتی فراتر از ارزیابی تک بعدی سطح بلوغ فناوری بوده است. همچنین از سوی دیگر، یک الگوی بومی برای ارزیابی‌های آتی در روند فعالیت نرم‌افزارهای حوزه ترویج و آموزش کشاورزی پدید آورده است. با این حال، ذکر این نکته ضروری است که روش‌شناسی‌های ارایه شده برای ارزیابی سطوح آمادگی، به صورت مستمر نیاز به اصلاح و بهبود بر مبنای شرایط زمانی، مکانی و موضوعی دارد.

پانوشت‌ها

1- Technology Readiness Level (TRL)
2- Market Readiness Level (MRL)
3- NASA
4- Judgmental sampling or Purposive Sampling
5- Coefficient of reproducibility
6- Guttman scale

منبع‌ها

باقری، نیکروز و جوادی، ارژنگ. (۱۴۰۱). ارزیابی سطح فناوری در تولید محصولات راهبردی کشاورزی ایران. فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی. ۲۰(۴۷)، ۴۱-۵۴.

فولادی، قاسم. (۱۳۸۷). ارزیابی و استفاده از سطوح آمادگی فناوری. انتشارات مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی، تهران.

حبیبی، آرش. (۱۴۰۰). روش پژوهش پیشرفته. نارون دانش، تهران.

نعیمی، امیر، . نجفلو، پریسا و سبحانی، سید محمد جواد. (۱۳۹۴). نقش آموزش، ترویج و اطلاع رسانی در توسعه فناوری زیستی کشاورزی از دیدگاه متخصصان. پژوهش مدیریت آموزش کشاورزی. ۷(۳۳)، ۹۷-۱۱۰.

کمیته ارتباط با صنعت بخش ایران. ۱۳۹۹ روش تدوین اسناد کلان راهبردی برای فرصت‌های شغلی، سرمایه‌گذاری و کارآفرینی: مطالعه موردی در صنعت ارتباطات و فناوری اطلاعات. قابل دسترس در :https://blog.ieee.org.ir

Diaz, A. C., Sasaki, N., Tsusaka, T. W., & Szabo, S. (2021). Factors affecting farmers' willingness to adopt a mobile app in the marketing of bamboo products. Resources, Conservation & Recycling Advances, 11, 200056.

Erdogan, S., Kartal, M. T., & Pata, U. K. (2024). Does climate change cause an upsurge in food prices?. Foods, 13(1), 154-169.

Fernandez, J. A. (2010). Contextual role of TRLs and MRLs in technology management (No. SAND2010-7595). Sandia National Laboratories (SNL), Albuquerque, NM, and Livermore, CA (United States).

Hasenauer, R., Gschöpf, A., & Weber, C. (2016, September). Technology readiness, market readiness and the triple bottom line: An empirical analysis of innovating startups in an incubator. In 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET) (pp. 1387-1428). IEEE.

Héder, M. (2017). From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. The Innovation Journal, 22(2), 1-23.

Kampa, R. K. (2023). Combining technology readiness and acceptance model for investigating the acceptance of m-learning in higher education in India. Asian Association of Open Universities Journal, 18(2), 105-120.

Khan, N. A., Qijie, G., Ali, S., Shahbaz, B., & Shah, A. A. (2019). Farmers' use of mobile phone for accessing agricultural information in Pakistan. Ciência Rural, 49, e20181016.

Kobos, P. H., Malczynski, L. A., La Tonya, N. W., Borns, D. J., & Klise, G. T. (2018). Timing is everything: A technology transition framework for regulatory and market readiness levels. Technological Forecasting and Social Change, 137, 211-225

Konfo, T. R. C., Djouhou, F. M. C., Hounhouigan, M. H., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., & Sohounhloue, C. K. D. (2023). Recent advances in the use of digital technologies in agri-food processing: A short review. Applied Food Research, 100329.

Kumar, R. (2023). Farmers' Use of the Mobile Phone for Accessing Agricultural Information in Haryana: An Analytical Study. Open Information Science, 7(1), 20220145.

Mankins, J. C. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. Acta Astronautica, 65(9-10), 1216-1223.

Pylianidis, C., Osinga, S., & Athanasiadis, I. N. (2021). Introducing digital twins to agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 184, 105942.

Rolandi, S., Brunori, G., Bacco, M., & Scotti, I. (2021). The digitalization of agriculture and rural areas: Towards a taxonomy of the impacts. Sustainability, 13(9), 5172.

Salvador-Carulla, L., Woods, C., de Miquel, C., & Lukersmith, S. (2024). Adaptation of the technology readiness levels for impact assessment in implementation sciences: The TRL-IS checklist. Heliyon, 10(9), e29930.

Takahashi, K., Muraoka, R., & Otsuka, K. (2020). Technology adoption, impact, and extension in developing countries' agriculture: A review of the recent literature. Agricultural Economics, 51(1), 31-45.

Vik, J., Melås, A. M., Stræte, E. P., & Søraa, R. A. (2021). Balanced readiness level assessment (BRLa): A tool for exploring new and emerging technologies. Technological Forecasting and Social Change, 169, 120854.

Alignment of the TRL-MRL for Selected Smartphone-Based Applications in Agricultural Extension and Education

Ehsan Sadeghizadeh[1], Seyed Mohammad Javad Sobhani[2], Masoumeh Forouzani[3]

1- Department of Agricultural Extension and Education, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

2- Department of Agricultural Extension and Education, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

3- Department of Agricultural Extension and Education, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran

Abstract

The imperative to achieve food security, sustainable agricultural practices, and smart farming development has reinforced technology studies with a sociological perspective. The deep interconnection between agricultural development strategies and technological transformations highlights the need for novel tools and methodologies to assess technology in support of innovation and entrepreneurship. Accordingly, this qualitative study aimed to develop an innovative framework for evaluating smartphone-based applications in agricultural extension and education, based on balancing technology readiness level (TRL) and market readiness level (MRL). The research instrument was a questionnaire derived from the nine-cell TRL-MRL matrix, the face and content validity of which was confirmed by university experts in agricultural extension and education, as well as subject-matter specialists proficient in technology assessment. Additionally, the reliability of the tool was estimated to be satisfactory, with a Guttman's reproducibility coefficient (CR ≥ 0.80). Using the TRL-MRL matrix, the performance of 16 domestic agricultural extension and education applications was evaluated through a survey of 15 experts. Based on the findings, the applications were classified into four main categories: (1) agricultural knowledge and communication media, (2) education, consulting, and agricultural input provision, (3) farm smartification and monitoring, and (4) artificial intelligence in plant, pest, and disease identification. This classification provides an overview of the current status and developmental potential of agricultural extension and education applications. Furthermore, the findings revealed that most of these applications are at the market readiness stage, indicating their potential for widespread adoption and societal penetration. The proposed comparative matrix, with its structured approach to technology management, can serve as a lever for implementing innovative solutions to the evolving challenges of the agricultural sector.

Index Terms: Technology Readiness Level (TRL), Market Readiness Level (MRL), Applications, Agricultural Extension and Education, Adaptive Matrix.

Corresponding Author: Seyed Mohammad Javad Sobhani

Email: mj.sobhani@asnrukh.ac.ir

Received: 2024/11/11 **Accepted:** 2025/03/18