

## اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی با استفاده از شاخص‌های توسعه پایدار

ایوب محمدیان<sup>۱\*</sup>، جلیل حیدری دهبویی<sup>۲</sup>، علیرضا قربانی<sup>۳</sup>

۱، استادیار گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۲، دانشیار گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۸/۳/۹ - تاریخ تصویب: ۹۹/۴/۱۵)

### چکیده

بخش کشاورزی با مشکلات متعددی برای تأمین غذای ۹٫۶ میلیارد نفر مواجه است که طبق پیش‌بینی‌های فائو در سال ۲۰۵۰ ساکن این سیاره خواهند بود. تولید محصولات غذایی می‌بایست در سال ۲۰۵۰ به مقدار ۷۰ درصد افزایش یابد. ظهور اینترنت اشیا که یکی از فناوری‌های دیجیتال نوظهور محسوب می‌شود، منجر به ایجاد مسیر جدیدی از تحقیقات ابتکاری در حوزه کشاورزی شده است. بنابراین، در این پژوهش به شناسایی کاربردهای نوآورانه فناوری اینترنت اشیا در کشاورزی پرداخته شده است. پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر نحوه گردآوری داده‌ها از نوع پژوهش‌های کیفی به‌شمار می‌رود. برای شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی به کمک روش فراترکیب، ابتدا ۴۸۰ مقاله بررسی شده که از این بین، ۱۶۸ مقاله برای تجزیه و تحلیل نهایی مورد استفاده قرار گرفته شده است، سپس، کلیه کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی در هشت حوزه کشاورزی شامل زراعت، گلخانه، کشاورزی شهری، باغات، پرورش دام و طیور، پرورش ماهی و آبزیان، جنگل‌داری و شبکه توزیع و تأمین دسته‌بندی شدند. در نهایت، با استفاده از روش تاپسیس فازی و بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار به ترتیب گلخانه هوشمند، شبکه تأمین و توزیع هوشمند، پرورش هوشمند دام و طیور، باغداری هوشمند، پرورش هوشمند ماهی و آبزیان، زراعت هوشمند، جنگل‌داری هوشمند و کشاورزی شهری هوشمند اولویت‌بندی شدند.

### واژه‌های کلیدی: کشاورزی هوشمند، اینترنت اشیا، نوآوری، توسعه پایدار

#### مقدمه

کشاورزی، از طریق دستیابی به اهدافی مانند از بین بردن گرسنگی و فقر، تضمین الگوهای پایدار تولید و مصرف، اقدام فوری برای رویارویی با تغییر اقلیم و آثار آن، حفاظت و استفاده پایدار از اقیانوس‌ها، دریاها، منابع طبیعی (FAO, 2017; Williams, Alter, & Shrivastava, 2018)، نقش مهمی را در تحقق اهداف

۱۷ گانه توسعه پایدار که در سپتامبر ۲۰۱۵، توسط ۱۹۳ کشور به‌منظور بهبود اجتماعی، اقتصادی و محیط زیست جهان به تصویب رسید ایفا می‌کند (GeSI, 2016). طبق پیش‌بینی‌های فائو برای تأمین غذای ۹٫۶ میلیارد نفر از مردم دنیا که تا سال ۲۰۵۰ ساکن این

1. Food and Agriculture Organization (FAO)

(2017) و در سال ۲۰۱۱ به‌عنوان یکی از فناوری‌های نوظهور به چرخه بلوغ فناوری گارتنر اضافه شد (Gartner, 2011). رشد تعداد دستگاه‌های اینترنت‌اشیاء در سال ۲۰۱۴ حدود ۱۴ میلیارد بوده و تا سال ۲۰۲۰ به ۵۰ میلیارد دستگاه خواهد رسید (Kocovic, Behringer, Ramachandran, & Mihajlovic, 2017). از این‌رو، انتظار می‌رود مزایای اقتصادی و اجتماعی قابل توجهی را از طریق صرفه‌جویی در هزینه، خلق ارزش، بهبود بهره‌وری و رشد اقتصادی بوجود آورد (Thierer & Castillo, 2015). در خصوص تعداد بازارهای عمودی اینترنت‌اشیاء در میان صنایع مختلف اتفاق‌آرا وجود ندارد (Rayes & Salam, 2017) و کاربردهای آن از تنوع و تعداد بسیار زیادی برخوردار است، به‌طوری‌که امروزه تاثیرگذاری آن را بر کلیه سطوح زندگی روزمره شامل افراد، کسب و کارها و جامعه می‌توان مشاهده نمود (Vermesan & Friess, Internet of Things From Research and Innovation to Market Deployment, 2014 (a)).

استفاده از فناوری اینترنت‌اشیاء در بخش کشاورزی نیز بسیار گسترده بوده و نوآوری‌هایی مانند نظارت پیشرفته بر محصول، کاشت بهینه، استفاده بهینه از آب، نظارت بر دام و آرایه کشاورزی به‌عنوان سرویس (Rayes & Salam, 2017; Dlodlo & Kalezhi, 2015; Elijah, Abdul Rahman, Orikuhi, Yen Leow, & Nour Hindia, 2018; Talavera, et al., 2017; N. Verdouw, Wolfert, & Tekinerdogan, 2016; Nukala, et al., 2016; Pratim Ray, 2017) به‌طرز چشمگیری منجر به افزایش بهره‌وری و پایداری گردیده‌اند (Vermesan & Friess, 2016 (b)).

ایران به‌عنوان یک کشور در حال گذر از اقتصاد عامل‌محور به اقتصاد کارایی‌محور ۲ جهت‌دستیابی به چشم‌انداز اقتصادی ۱۴۰۴، نیازمند به‌کارگیری اینترنت‌اشیاء در صنایع مختلف و استفاده از مزایای آن در راستای اهداف توسعه پایدار است (Zarei, Mohammadian, & Ghasemi, 2016). با توجه به اینکه در ایران توسعه اینترنت‌اشیاء در حوزه کشاورزی

سیاره خواهند شد، تولید محصولات غذایی می‌بایست به مقدار ۷۰ درصد افزایش یابد، در صورتی که این بخش با مشکلات متعددی نظیر چالش امنیت غذایی، استفاده بی‌رویه از محیط زیست با توجه به شاخص ردپای اکولوژیک (میزان مصرف بشر و اثراتش بر محیط زیست دو برابر ظرفیت زمین گردیده است)، ایمنی غذایی، زنجیره تأمین ناکارآمد و از بین رفتن یک سوم محصولات کشاورزی در هنگام حمل و نقل مواجه است (Vermesan & Friess, 2016 (b)).

با وجود اینکه رشته‌هایی نظیر اتوماسیون و مکاترونیک از طریق توسعه فناوری‌های غیراینترنتی نظیر مکانیزاسیون عملیات مزرعه، پرورش بذرها، متنوع و تکنیک‌های کشت سازگار با محیط‌زیست توانسته‌اند در این حوزه گام مهمی را در بازده تولید، بهبود کیفیت و پایداری بردارند (Gharoon et. al., 2013, Davoodi, et. al., 2014, Zarifian, 2018). همچنان بخش کشاورزی برای دستیابی به تغذیه جمعیت رو به رشد جهان به وسیله اهداف توسعه پایدار با چالش‌هایی که ذکر گردید مواجه است (Christen & Heyer, 2010; Vermesan & Friess, 2016 (b)).

از جمله راه‌های غلبه بر شکاف‌های موجود جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار در حوزه کشاورزی افزایش استفاده از فناوری‌های نوین ارتباطاتی و اطلاعاتی (ICT) تحت عنوان نوآوری‌های دیجیتال است (Walter, Finger, Huber, & Buchmann, 2017; GeSI, 2016). پارادایم اینترنت‌اشیاء به‌عنوان یکی از این نوآوری‌های دیجیتال جدید، با استفاده از مجموعه‌ای از فناوری‌های پیشرفته و بهم مرتبط همچون فناوری ارتباطات سیار و بی‌سیم، فناوری نانو، فناوری شناسایی از طریق امواج رادیویی و فناوری سنسور هوشمند توانسته است اشیا را جهت اتصال در هر زمان، هر مکان توسط هر چیزی و یا فردی توانمند سازد (Biggs, Garrity, LaSalle, & Polomska, 2016). این واژه که اولین بار در سال ۱۹۹۹ توسط کوین اشتون مطرح شد، در سال ۲۰۰۵ به طور رسمی توسط اتحادیه بین‌المللی مخابرات (ITU) معرفی گردید (Rayes & Salam, 2017).

2. Transition from factor-driven economy to efficiency-driven economy  
3. 1404 outlook (Iran's 2015 outlook)

1. International Telecommunication Union

مشکلاتی نظیر تغییرات آب‌وهوایی؛ از دست رفتن تنوع زیستی؛ تخریب زمین از طریق فرسایش، تراکم، شوری و آلودگی خاک؛ برداشت بی‌رویه و آلودگی منابع آبی؛ افزایش هزینه‌های تولید؛ کاهش پیوسته تعداد کشاورزان و در پی آن فقر و کاهش جمعیت روستایی، پدید آمده است (Velten, Leventon, Jager, & Newig, 2015). امروزه، اینترنت‌اشیا که از آن به‌عنوان یکی از پیشران‌های انقلاب صنعتی چهارم یاد می‌شود (Geng, 2017) قادر است تحول شگرفی در جامعه و تحقق اهداف توسعه پایدار ایجاد کند (E. Benkhelifa, M. Abdel-Maguid, S. Ewenike, & D. Heatley, 2014; Biggs, Garrity, LaSalle, & Polomska, 2016). از آنجا که تصمیم‌گیرندگان برای تحقق اهداف توسعه پایدار مبتنی بر شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی (Merad, Dechy, Serir, Grabisch, & Marcel, 2013) با کاربردهای نوآورانه متنوعی مبتنی بر اینترنت‌اشیا در بخش کشاورزی مواجه هستند (Elijah, Abdul Rahman, Orikumhi, Yen Leow, & Nour Hindia, 2018; Pratim Ray, 2017; N. Verdouw, 2016) Wolfert, & Tekinerdogan, بهره‌گیری از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌تواند به این مهم کمک نماید (Quaddus & Siddique, 2001). با توجه به تنوع کاربردها، مهم‌ترین پژوهش‌هایی که به شناسایی و دسته‌بندی این کاربردها پرداخته‌اند عبارتند از پژوهش Nukala et al. (2016) که به دسته‌بندی کاربردهای اینترنت‌اشیا در سه دسته تولید محصولات کشاورزی، حمل‌ونقل و خرده‌فروشی مواد غذایی پرداخته است. Verdouw et al. (2016) نیز با مرور تحقیقات گذشته کاربردهای فناوری اینترنت‌اشیا در کشاورزی را در نهایت در سه دسته معرفی کرده‌اند که عبارتند از: مزرعه‌داری، پرورش ماهی‌وآبزیان، زنجیره‌تأمین محصولات غذایی، کشاورزی عمومی، پرورش دام و طیور، مصرف محصولات غذایی، گلخانه، کشاورزی فراغت و باغداری. در آخرین پژوهش صورت گرفته نیز تالورا و همکاران (Talavera, et al., 2017) بدون توجه به حوزه‌های کشاورزی در نهایت چهار دسته نظارت، کنترل، پیش‌بینی و لجستیک را به‌عنوان کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی معرفی کرده‌اند.

در مراحل آغازین خود قرار داشته و از سوی دیگر، کاربردهای نوآورانه متنوعی از طریق اینترنت‌اشیا در این حوزه پدید آمده است، به‌منظور جلوگیری از ریسک‌های احتمالی پیاده‌سازی آن، نیاز به برنامه‌ریزی بر مبنای اهداف جهانی توسعه پایدار دارد. در این راستا، از یک طرف با توجه به پیچیدگی و چندوجهی بودن مسایل پایداری (Shen & Tzeng, 2018) و از طرف دیگر، با توجه به بدیع بودن اینترنت‌اشیا و فقدان اطلاعات کامل جهت تصمیم‌گیری سیاست‌گذاران استفاده از نظرات خبرگان و بکارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه (MADM) ضرورت پیدا می‌کند (Luthra, Garg, Mangla, & Berwel, 2018; Kim & Kim, 2016; Mohammadzadeh, et al., 2018; Zarei, Mohammadian, & Ghasemi, 2016; Quaddus & Siddique, 2001; Vinodh, Mulanjur, & Thiagarajan, 2013). با استفاده از این روش بر اساس پارامترهای متعدد می‌توان با اولویت بندی گزینه های تصمیم گیری، بهترین گزینه را انتخاب نمود (Ribeiro, 1996).

هدف این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای اینترنت‌اشیا در کشاورزی بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار است. از این‌رو، این پژوهش به دنبال پاسخ به سؤالات زیر است:

کاربردهای نوآورانه فناوری اینترنت‌اشیا به عنوان یکی از فناوری‌های تحول‌آفرین در هر یک از حوزه‌های کشاورزی چه می‌باشد؟

اولویت کاربردهای نوآورانه فناوری اینترنت‌اشیا به-عنوان یکی از فناوری‌های تحول‌آفرین در هر یک از حوزه‌های کشاورزی براساس شاخص‌های توسعه پایدار در کشور به چه صورت می‌باشد؟

### پیشینه پژوهش

#### کاربردهای اینترنت اشیا در کشاورزی پایدار

مفهوم کشاورزی پایدار نشأت گرفته از مفهوم توسعه پایداری است که طی گزارش کمیته برانتلند در سال ۱۹۸۷ انتشار یافت. این مفهوم به‌منظور مقابله با

1. Multiple attribute decision making
2. Brundtland

کشاورزی مدرنیته اکولوژیکی و کشاورزی غیرمدرنیته (سنتی)، مبتنی بر اهداف توسعه پایدار در ایران از روش AHP استفاده کرده‌اند. آنها دو گزینه مذکور را بر اساس ۹ معیار بهره‌وری، سودآوری، اشتغال، کیفیت زندگی، عدالت، مشارکت، حفاظت از محیط‌زیست، استفاده عاقلانه از منابع و کیفیت محصولات، ارزیابی کرده‌اند. Poursaeed, Mirdamadi, Malekmohammadi, & Hosseini (۲۰۱۰) به ارزیابی مدل مشارکت در چهار نوع خصوصی، اجاره‌ای، اشتراکی و تعاونی مبتنی بر اهداف توسعه پایدار با استفاده از روش AHP بر اساس ۹ معیار کاهش مهاجرت کشاورزان، تسهیم توسط مهندسیین کشاورزی، یکپارچه‌سازی اراضی، افزایش آگاهی کشاورزان، کشت تناوبی، کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، کاهش استفاده از دفع آفات شیمیایی، توصیه کودی و کارآیی تخصیص پرداختند. Veisi, Liaghati, & Alipour (۲۰۱۶) برای انتخاب استراتژی‌ها و اصول اخلاقی پایداری از ۹ معیار توسعه پایدار شامل انعطاف‌پذیری سیستم‌های کشاورزی، سیاست‌های حمایتی و اعتماد به نفس، عدالت، کیفیت زندگی، کیفیت زمین، سودآوری، استفاده عاقلانه از منابع، امنیت غذایی و کیفیت محصولات با استفاده از روش AHP بهره جستند. Zarei, Mohammadian, & Ghasemi (۲۰۱۶) با استفاده از تکنیک‌های MADM به اولویت‌بندی صنایع مختلف به‌منظور پیاده‌سازی اینترنت‌اشیاء جهت تحقق اهداف توسعه پایدار پرداختند. آنها در این پژوهش از سه معیار اقتصادی، اجتماعی و محیطی برای ارزیابی صنایع مختلف پرداختند. با توجه به مرور ادبیات صورت گرفته در خصوص معیارهای توسعه پایدار در حوزه کشاورزی، در جدول (۱) کلیه معیارها وزیرمعیارهای نهایی کشاورزی مبتنی بر توسعه پایدار ارائه شده است.

به این ترتیب، با توجه به آنکه در تحقیقات قبلی هیچ‌یک از دسته‌بندی‌ها کامل نبوده و نیز با توجه به معیارهای توسعه پایدار اولویت‌بندی نگردیده‌اند؛ در این پژوهش نیاز به دسته‌بندی جامع و رتبه‌بندی کاربردهای اینترنت اشیا بر مبنای معیارهای توسعه پایدار می‌باشد.

#### معیارهای توسعه پایدار در حوزه کشاورزی

Quaddus & Siddique (۲۰۰۱) با مطرح کردن این موضوع که برنامه‌ریزی توسعه پایدار، وظیفه بسیار پیچیده‌ای است، استفاده از روش AHP را در این حوزه پیشنهاد کرده‌اند. آنها در بررسی خود برای انتخاب بهترین پروژه توسعه کشاورزی در حوزه کشاورزی در کشور بنگلادش بر اساس ۱۵ معیار توسعه پایدار که عبارتند از تولید، هزینه، درآمد، سلامت، تغذیه، جایگاه زنان، سیلاب‌های مداوم، استهلاک جنگل، ضایعات صنعت، آب آشامیدنی، تأثیرات آفتی/ حاصلخیزی و کیفیت هوا ارزیابی و انتخاب را انجام داده‌اند. Chiou, Tzeng, & Cheng (۲۰۰۵) با به‌کارگیری روش AHP Fuzzy و انتگرال فازی غیر جمعی<sup>۱</sup> به اتخاذ استراتژی مناسب مبتنی بر توسعه پایدار در حوزه فرآیند تولید محصولات دریایی در کشور تایوان پرداختند. در این پژوهش، از ۱۲ معیار توسعه پایدار استفاده کردند که شامل: امکان‌پذیری فنی، کارآیی هزینه/منفعت، توانایی مدیریتی، پذیرش فناوری جدید، پشتیبانی مالی و امتیاز مالیاتی، پشتیبانی فنی و آموزشی، تمامیت قانون‌گذاری، ارائه دانش، شبکه پردازش ضایعات، بارگذاری محیطی، خلق و حفظ شغل و تأثیر گروه‌های ذی‌نفع بوده است. Rezaei-Moghaddam & Karami (۲۰۰۸) برای انتخاب بین دو روش مدل سازی بر اساس تئوری‌های

1. non-additive fuzzy integral technique

جدول ۱- شاخص‌های نهایی توسعه پایدار

منبع	نوع شاخص	زیرمعیار	معیار اصلی
(Veisi, Liaghati, & Alipour, 2016; Chiou, Tzeng, & Cheng, 2005; Quaddus & Siddique, 2001; Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008)	+	بهره‌وری	اقتصادی
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008; Quaddus & Siddique, 2001)	+	سودآوری	
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008)	+	اشتغال	
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008)	+	کیفیت زندگی	اجتماعی
(Quaddus & Siddique, 2001; Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008)	+	عدالت	
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008)	+	مشارکت	
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008; Zarei, Mohammadian, & Ghasemi, 2016)	+	حفاظت از محیط زیست	زیست محیطی
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008)	+	استفاده عاقلانه از منابع	
(Rezaei-Moghaddam & Karami, 2008; Poursaeed, Mirdamadi, Malekmohammadi, & Hosseini, 2010)	+	کیفیت محصولات	

مرور سیستماتیک ادبیات است در مجموع تعداد ۸ حوزه اصلی کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در کشاورزی شناسایی و مورد تجزیه و تحلیل و تفسیر قرار گرفت که نتایج آن در بخش یافته‌های پژوهش ارائه شده است.

### مرحله دوم-روش تاپسیس فازی

از آنجا که هدف نهایی این پژوهش اولویت‌بندی کاربردهای نوآورانه اینترنت‌اشیاء در حوزه‌های مختلف کشاورزی بر اساس اهداف توسعه پایدار در ایران است؛ در مرحله دوم این پژوهش- همانطور که در نمودار سمت راست شکل ۲ نشان داده شده است- ابتدا معیارهای مربوط به هر یک از اهداف توسعه پایدار شناسایی و استخراج شده است و سپس، با کمک خبرگان این حوزه معیارهای نهایی انتخاب شده‌اند. برای این منظور از طریق روش گلوله برفی خبرگان مورد نظر از سازمان‌های فعال در این حوزه مانند سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، شرکت زمین هوشمند و استارت‌آپ‌های کشاورزی دقیق انتخاب شدند که دارای تجربه و دانش هم در حوزه کشاورزی و هم در حوزه اینترنت اشیا بودند. در ادامه، با استفاده از روش تاپسیس فازی مبتنی بر مقادیر فاصله‌ای فازی به ترتیب، عملیات وزن‌دهی معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها صورت گرفت. در گام آخر، پس از بررسی و تفسیر نتایج حاصل

### مواد و روش‌ها

روش این پژوهش از نوع آمیخته (کیفی - کمی) می‌باشد. در مرحله اول پژوهش از روش فراترکیب و در مرحله دوم از روش تاپسیس فازی استفاده شده است که در ادامه هر یک از دو روش استفاده شده به ترتیب شرح داده شده است:

### مرحله اول- روش فراترکیب

از آنجا که کاربردهای نوآورانه اینترنت‌اشیاء به صورت پراکنده و در حال توسعه است (Kim & Kim, 2016) و در حوزه کشاورزی دارای دامنه کاربردهای مختلفی است (Elijah, Abdul Rahman, Orikumhi, Yen Leow, & Nour Hindia, 2018) در این پژوهش برای شناسایی کاربردهای نوآورانه اینترنت‌اشیاء در کشاورزی همانطور که در نمودار سمت چپ شکل (۲) مشاهده می‌گردد از روش کیفی فراترکیب براساس متدولوژی هفت مرحله‌ای Sandelowski & Barroso (2006) استفاده شده است. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است، با استفاده از ابزار CASP که دارای ۱۰ معیار ارزیابی جهت بررسی روایی مقالات بود، در مجموع ۱۶۸ مقاله نهایی از تعداد ۴۸۰ مقاله انتخاب شدند. برای بررسی پایایی پژوهش از ضریب توافق دو کدگذار با شاخص کاپا استفاده شد. با استفاده از این متدولوژی که یک روش مناسب برای

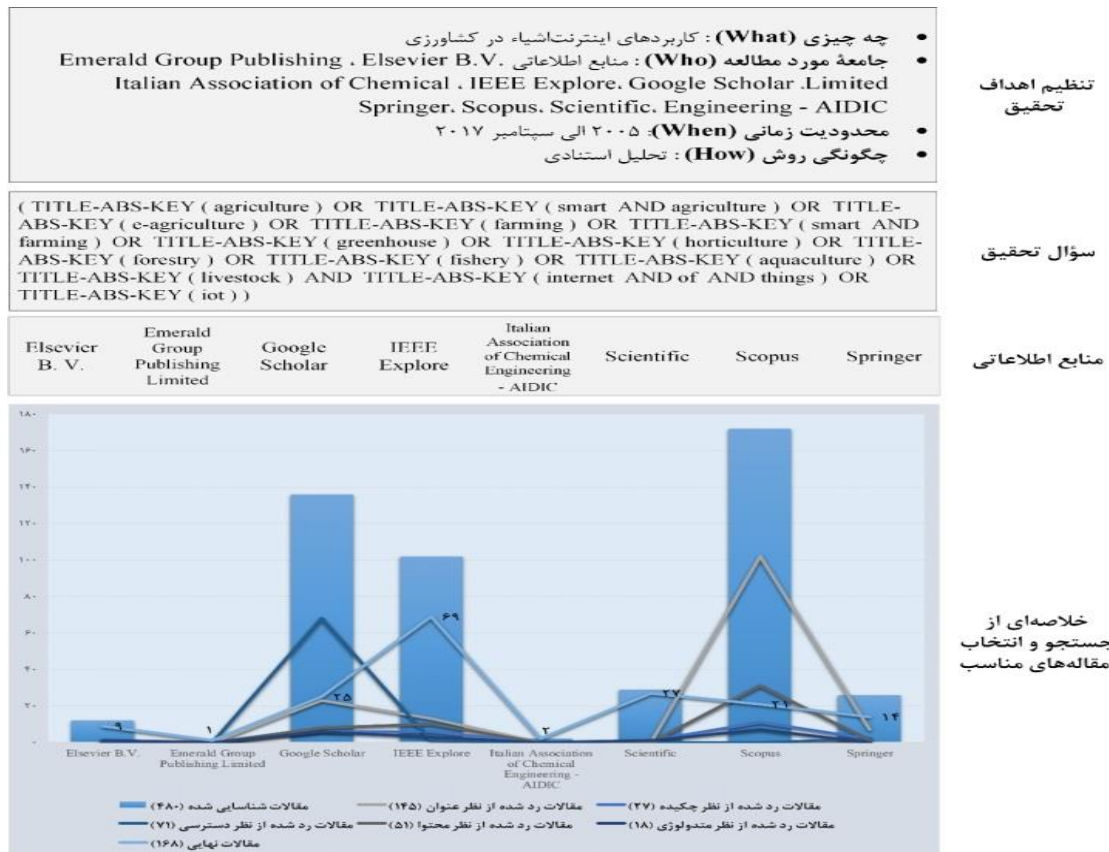
1. Critical Appraisal Skills program (CASP)

بر اساس مشابهت به راه حل (TOPSIS) یکی از تکنیک های عملی و مفید برای رتبه بندی و انتخاب تعداد گزینه های ممکن از طریق فاصله اقلیدسی است.

از اولویت بندی، بهترین گزینه انتخاب شد. در میان روش های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) روش ترجیح

1. Multiple criteria decision making

2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution



شکل ۱- فرآیند شناسایی کاربردهای اینترنت اشیا در حوزه های مختلف

در این پژوهش، از روش تاپسیس فازی که توسط چن ارایه شده است، برای تصمیم گیری چندمعیاره در مسایل تحت شرایط عدم قطعیت به کار گرفته شده است (Rodrigues Lima Junior, Osiro, & Cesar (2014) که در آن از اعداد فازی برای رتبه بندی گزینه ها استفاده شده است. در ادامه، مراحل روش تاپسیس فازی آورده شده است (Wang & Lee, 2009):

- ۱) ایجاد ماتریس تصمیم
- ۲) نرمال سازی ماتریس تصمیم
- ۳) به دست آوردن ماتریس وزین

TOPSIS در ابتدا توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ توسعه یافت. منطق این تکنیک به این صورت است که گزینه ای انتخاب می شود که کوتاه ترین فاصله را نسبت به راه حل ایده آل مثبت (به عنوان مثال برای معیارهای مثبت بزرگترین مقدار و برای معیارهای منفی (هزینه) کوچکترین مقدار ممکن) و بیشترین فاصله را نسبت به راه حل ایده آل منفی (به عنوان مثال، بزرگترین مقدار برای معیار منفی (هزینه) و کوچکترین مقدار را برای معیار مثبت) داشته باشد (Wang & Lee, 2009).

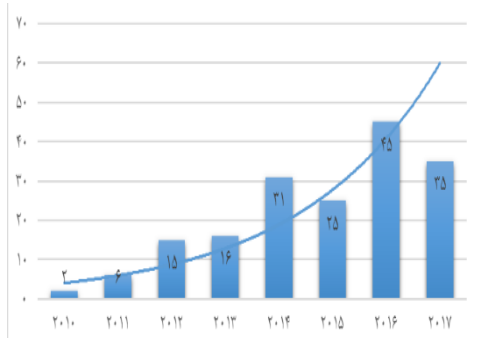
3. Hwang
4. Yoon

5. Fuzzy TOPSIS

### یافته‌های پژوهش

#### تحلیل داده‌های کیفی پژوهش

با تحلیل سالیانه مقالات انتشار یافته طی سال‌های ۲۰۱۰ الی سپتامبر ۲۰۱۷ (شکل ۳ شکل ۳) می‌توان شاهد روند افزایشی استفاده از فناوری اینترنت اشیا در بخش کشاورزی بود.

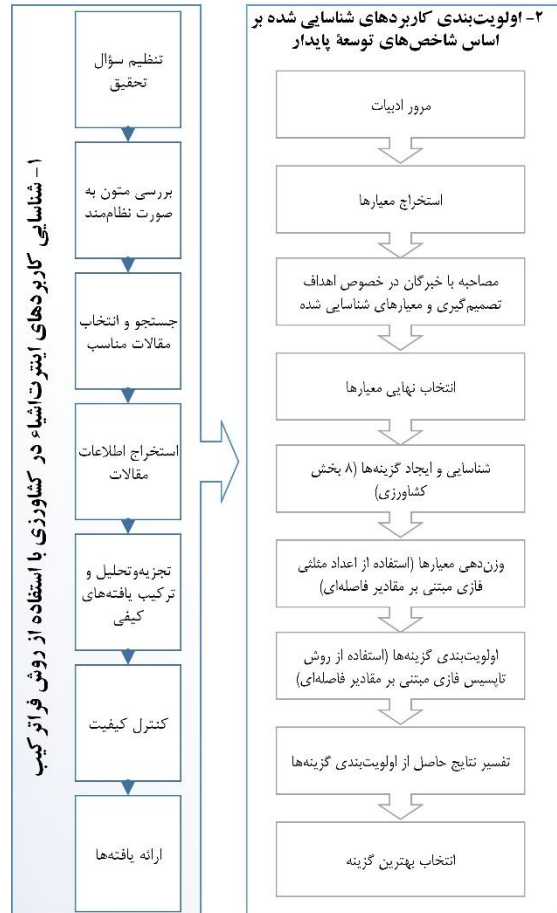


شکل ۳- روند انتشار مقالات اینترنت اشیا در حوزه کشاورزی طی سال‌های ۲۰۱۰ الی ۲۰۱۷

در این پژوهش، کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در ۸ حوزه کشاورزی شامل زراعت، گلخانه، پرورش دام و طیور، باغداری، کشاورزی شهری، پرورش ماهی و آبزیان و شبکه تأمین و توزیع شناسایی گردید که در جدول (۲) به برخی از کاربردهای این هیئت حوزه اشاره شده است.

- (۴) به‌دست آورد مقادیر ایده‌آل مثبت و منفی  
(۵) محاسبه فاصله نسبت به راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی

#### (۶) محاسبه نسبت دوری



شکل ۲- فرآیند اجرایی تحقیق

جدول ۲- کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در کشاورزی

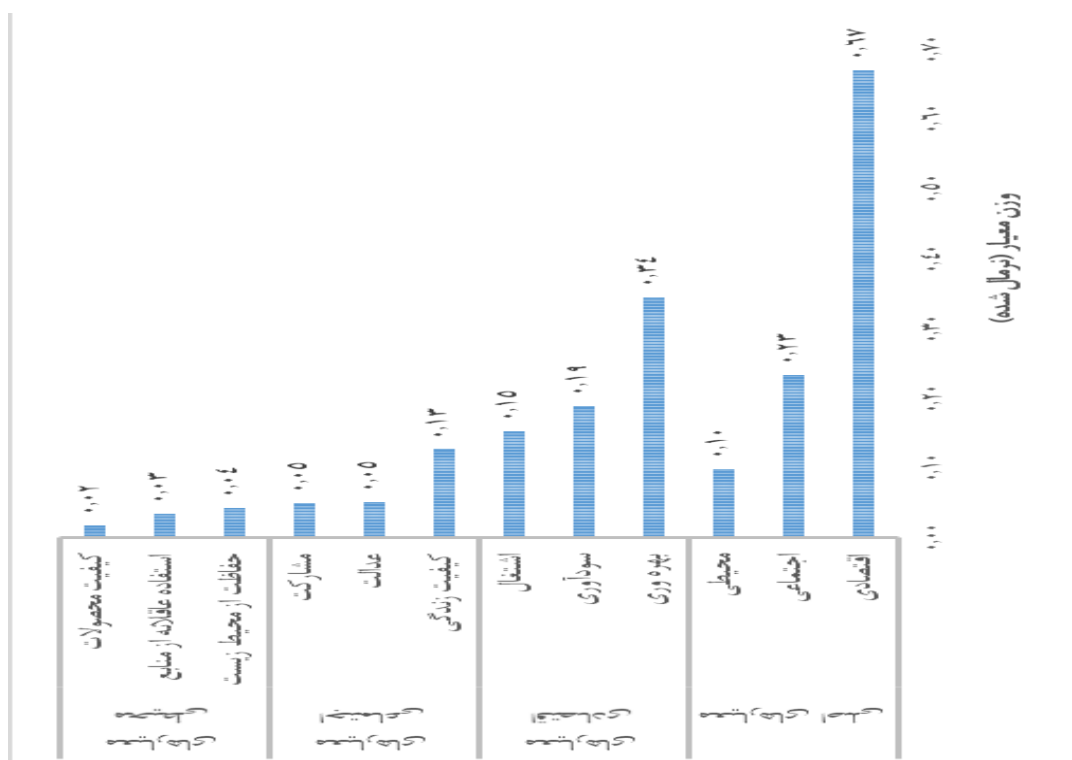
منبع	زمینه کاربرد	حوزه
(Arun Gnanaraj & Gnana Jayanthi, 2016; Bo & Wang, 2011b; Chen, Hu, Wu, Si, & Lin, 2014; Dlodlo & Kalezhi, 2015; Gondchawar & Kawitkar, 2016; Mehta & Patel, 2016; Rajalakshmi & Devi Mahalakshmi, 2016; Ray, 2017; Sharma, Shukla, Bhondekar, Ghanshyam, & Ojha, 2016; Sreekantha & Kavya A.M., 2017; Verdouw, Wolfert, & Tekinerdogan, 2016)	سیستم آبیاری	زراعت هوشمند
(Bo & Wang, 2011b; Dlodlo & Kalezhi, 2015; Mehta & Patel, 2016; Ray, 2017; Sreekantha & Kavya A.M., 2017; Verdouw et al., 2016)	سیستم تشخیص بیماری و آفات	
(Arun Gnanaraj & Gnana Jayanthi, 2016; Bo & Wang, 2011a; Dlodlo & Kalezhi, 2015; Ray, 2017; Sreekantha & Kavya A.M., 2017; Verdouw et al., 2016)	سیستم مدیریت تولید محصول	
(Arun Gnanaraj & Gnana Jayanthi, 2016; Gondchawar & Kawitkar, 2016; Rajalakshmi & Devi Mahalakshmi, 2016; Ray, 2017; Sreekantha & Kavya A.M., 2017)	سیستم نظارت بر پارامترهای محیطی	
(Chen et al., 2014; Mehta & Patel, 2016; Ray, 2017; Sharma et al., 2016; Sreekantha & Kavya A.M., 2017; Verdouw et al., 2016)	سیستم نظارت بر پارامترهای محیطی	گلخانه هوشمند
(I. Mat, Mohd Kassim, Harun, & Mat Yusoff, 2017; Ibrahim Mat, Mohd Kassim, Harun, & Mat Yusoff, 2016)	سیستم آبیاری	
(Kodali & Sahu, 2016)	سیستم نظارت بر پارامترهای محیطی (باغ‌های خانگی)	کشاورزی شهری هوشمند
(Ferrández-Pastor, García-Chamizo, Nieto Hidalgo, & Mora-Martínez, 2017; Pitakphongmetha et al., 2017)	سیستم نظارت بر پارامترهای محیطی (هیدروپونیک)	
(Sivamani, Bae, & Cho, 2013)	سیستم نظارت بر پارامترهای محیطی (کشاورزی عمودی)	
(De Silva & De Silva, 2016; Tu et al., 2016)	سیستم نظارت بر کیفیت آب (سیستم آکواپونیک)	
(Popović et al., 2017)	سیستم آبیاری	باغبانی هوشمند
(Popović et al., 2017)	سیستم تشخیص کود مورد نیاز برای رشد محصول	
(Popović et al., 2017)	سیستم تشخیص بیماری و آفات	
(Dlodlo & Kalezhi, 2015; Sharma et al., 2016)	سیستم شناسایی و ردیابی حیوانات	پرورش هوشمند دام و طیور
(Popović et al., 2017; Sreekantha & Kavya A.M., 2017; Verdouw et al., 2016)	نظارت بر کیفیت آب و شرایط محیطی	پرورش هوشمند ماهی و آبزیان
(Bo & Wang, 2011b; Dlodlo & Kalezhi, 2015)	سیستم ردیابی درختان	جنگل‌داری هوشمند
(Dlodlo & Kalezhi, 2015; Verdouw et al., 2016)	سیستم ردیابی ایمنی محصولات کشاورزی	شبکه تأمین و توزیع هوشمند
(Bo & Wang, 2011b; Chen et al., 2014; Ray, 2017; Sharma et al., 2016; Verdouw et al., 2016)	سیستم مدیریت اطلاعات (ردیابی محصولات کشاورزی در طول زنجیره تأمین)	



گزینه‌ها، توسط خبرگان شناسایی شده که از دانش فنی و تجربه اجرایی در حوزه اینترنت اشیا کشاورزی برخوردار بودند، صورت گرفت. وزن هر یک از شاخص‌های اصلی پس از محاسبات در شکل (۴) نشان داده شده است.

### رتبه‌بندی کاربردها با استفاده از روش تاپسیس فازی

همانطور که در بخش پیشینه پژوهش اشاره شد، ۹ معیار توسعه پایدار با توجه به مرور پیشینه ادبیات شناسایی گردید. سپس، ارزیابی معیارها و اولویت‌بندی



شکل ۴- وزن شاخص‌های پایداری

جدول ۳- امتیاز و اولویت کاربردهای نوآورانه اینترنت اشیا در کشاورزی

رتبه	CC <sub>i</sub>	<sup>-</sup> d	<sup>+</sup> d	حوزه
۶	۴۹۷.۰	۰۷۴.۰	۰۷۵.۰	زراعت هوشمند
۱	۸۵۹.۰	۱۹۵.۰	۰۳۲.۰	گلخانه هوشمند
۸	۰۶۶.۰	۰۱۰.۰	۱۳۹.۰	کشاورزی شهری هوشمند
۴	۵۵۴.۰	۰۸۲.۰	۰۶۶.۰	باغداری هوشمند
۳	۶۱۸.۰	۰۹۲.۰	۰۵۷.۰	پرورش هوشمند دام و طیور
۵	۵۱۸.۰	۰۷۷.۰	۰۷۲.۰	پرورش هوشمند ماهی و آبزیان
۷	۱۴۶.۰	۰۲۲.۰	۱۲۷.۰	جنگل‌داری هوشمند
۲	۸۴۶.۰	۱۲۶.۰	۰۲۳.۰	شبکه تأمین و توزیع هوشمند

با توجه به **Error! Reference source not found.** حوزه گلخانه هوشمند به عنوان برترین گزینه انتخاب شده است، که نشان‌دهنده توانایی این حوزه برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار بر اساس معیارهای بهره‌وری، سودآوری، اشتغال، کیفیت زندگی، عدالت، مشارکت، حفاظت از محیط‌زیست، استفاده عاقلانه از منابع و کیفیت محصولات است. شبکه تأمین و توزیع هوشمند و پرورش دام و طیور به ترتیب رتبه‌های دوم و سوم را به خود اختصاص دادند.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

امروزه، بخش کشاورزی با مسایل عمده‌ای مانند امنیت غذایی، ایمنی غذایی، استفاده بیش از حد از محیط‌زیست و تأثیرات مخرب بر آن، ناکارآمدی زنجیره تأمین و از بین رفتن محصولات کشاورزی حین حمل‌ونقل روبرو است. از آنجا که علوم نوین نظیر اتوماسیون، مکترونیک و کشاورزی دقیق توانسته‌اند تأثیرات مثبتی در بازده تولید، بهبود کیفیت و پایداری ایجاد کنند، همچنان این بخش برای فائق آمدن بر چالش‌های موجود ناتوان است.

اینترنت‌اشیاء از طریق همگرایی فناوری‌هایی نظیر عظیم‌داده، رایانش ابری، بلاک‌چین و غیره توانسته است روی بازارهای عمودی از طریق خلق محصولات و سرویس‌های داده‌محور، خلق مدل‌های کسب‌وکار جدید و بهبود تصمیم‌گیری‌ها از طریق تحلیل‌های کلان داده تأثیر شگرفی بر آنها بگذارد. بنابراین، می‌توان ادعا کرد که اینترنت‌اشیاء از طریق ارائه راه‌کارهایی همسو با شاخص‌های توسعه پایدار، قادر است بخش کشاورزی را در جهت غلبه بر چالش‌های ذکر شده، توانمند سازد.

با توجه به پتانسیل فناوری اینترنت‌اشیاء در ایجاد مسیر جدیدی از تحقیقات ابتکاری در حوزه کشاورزی و توجه به اینکه سرعت تولید منابع علمی رو به افزایش است، ضرورت ترکیب و یکپارچه سازی یافته‌های موجود، امری اجتناب‌ناپذیر کرده است. بنابراین، در این پژوهش به کمک روش فراترکیب با انجام مرور سیستماتیک، ابتدا به شناسایی کاربردهای نوآورانه اینترنت‌اشیاء در کشاورزی پرداخته شده است. براساس این روش، ابتدا ۴۸۰ مقاله استخراج شده است که از این بین ۱۶۸ مقاله برای بررسی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. براساس تحلیل‌های صورت گرفته هشت حوزه اصلی از کاربردهای نوآورانه اینترنت‌اشیاء در کشاورزی شناسایی گردید.

در گام بعد، کاربردهای نوآورانه شناسایی شده بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار اولویت‌بندی شدند. وزن‌های شاخص‌های توسعه پایدار، اقتصادی (۰/۶۷)، اجتماعی (۰/۲۳) و زیست‌محیطی (۰/۱۰) نشان می‌دهد که برای پیاده‌سازی پروژه‌های مبتنی بر اینترنت‌اشیاء در کشاورزی بایستی بیشتر به پایداری اقتصادی اهمیت

داد. این در حالیست که یکی از چالش‌های اصلی که بخش کشاورزی با آن روبرو است استفاده از روش‌های تولید کشاورزی سنتی است که باعث شده بیش از ظرفیت سیاره زمین استفاده کند. علاوه بر آن جهانی شدن، تغییرات آب‌وهوایی، حرکت از اقتصاد مبتنی بر سوخت فسیلی به سوی اقتصاد مبتنی بر محیط‌زیست و رقابت بر سر زمین، آب تازه و نیروی کار منجر به پیچیدگی‌های بیشتر و ایجاد چالش تغذیه در جهان و بهره‌برداری اضافی شده است. با توجه به پتانسیل بالقوه اینترنت‌اشیاء در تحقق اهداف توسعه پایدار، پیشنهاد می‌شود که بیشتر بر روی جنبه زیست‌محیطی پروژه‌ها تمرکز شود.

بر اساس شاخص‌های توسعه پایدار، کاربردهای نوآورانه اینترنت‌اشیاء در حوزه کشاورزی به ترتیب اولویت عبارت بودند از: ۱- گلخانه هوشمند، ۲- شبکه تأمین و توزیع هوشمند، ۳- پرورش هوشمند دام و طیور، ۴- باغداری هوشمند، ۵- پرورش هوشمند ماهی و آبزیان، ۶- زراعت هوشمند، ۷- جنگل‌داری هوشمند، ۸- کشاورزی شهری هوشمند. از آنجا که کشور ایران امروزه با مشکلات جدی مانند تغییرات آب‌وهوایی؛ از دست رفتن تنوع زیستی؛ تخریب زمین از طریق فرسایش، تراکم، شوری و آلودگی خاک؛ برداشت بی‌رویه و آلودگی منابع آبی؛ افزایش هزینه‌های تولید؛ کاهش پیوسته تعداد کشاورزان و در پی آن، فقر و کاهش جمعیت روستایی روبرو است، پیاده‌سازی و توسعه راه‌کارهای اینترنت‌اشیاء نظیر سیستم آبیاری، سیستم تشخیص بیماری و آفات، سیستم مدیریت تولید محصول (بهینه‌سازی تصمیم‌گیری‌ها و بهبود کیفیت محصول از طریق جمع‌آوری داده‌های میزان بارندگی، رطوبت برگ، دما، رطوبت هوا و خاک، شوری، تابش خورشید، آفات و فعالیت‌های انسانی)، سیستم کوددهی، سیستم مدیریت انرژی در حوزه‌های قابل کنترل گلخانه و باغداری، کاربردهایی نظیر سیستم ردیابی ایمنی محصولات کشاورزی، سیستم مدیریت اطلاعات (شفافیت بیشتر در زنجیره تأمین، بهبود کیفیت و کاهش زمان تدارکات از طریق پایش و پیگیری محصولات کشاورزی)، مکانیسم قیمت‌گذاری بلادرنگ محصولات کشاورزی (بر اساس ویژگی‌های کیفی محصولات حاصل از پایش کیفیت آنها

از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به همپوشانی حوزه‌های مختلف کشاورزی با یکدیگر اشاره نمود، که مانع ارزیابی دقیق هر یک از راه‌کارهای اینترنت‌اشیا شده بود. همچنین، به دلیل تخصصی بودن موضوعات مرتبط با کاربردهای اینترنت اشیا در بخش کشاورزی، برخی خبرگان توانمندی ارزیابی دقیق تمام گزینه‌ها را بعضاً نداشته و لذا، از فرآیند ارزیابی کنار گذاشته شدند. این در حالی است که بهره‌گیری از روش‌های محاسباتی مقابله با تردید همچون مجموعه-های مردد می‌تواند در تحقیقات آتی مدنظر محققین قرار گیرد.

در حین تولید، انتقال و توزیع) در حوزه شبکه تأمین و توزیع هوشمند و در نهایت، کاربردهایی نظیر سیستم نظارت بر رفتار، تغذیه و ردیابی حیوانات جهت بهبود روش‌های تغذیه مطلوب حیوانات، شرایط محیطی، وضعیت سلامت و جلوگیری از دزدیده شدن آنها در حوزه پرورش هوشمند دام و طیور می‌تواند تا حد زیادی بر این مشکلات در بخش کشاورزی غلبه کند. علاوه بر این، حوزه‌های مذکور با توجه به نظرات خبرگان از چالش‌های کمتری از نظر پیاده‌سازی کاربردهای اینترنت‌اشیا مواجه هستند. بنابراین، این حوزه‌ها بایستی به‌عنوان اولویت‌های اصلی در زمینه پیاده‌سازی راه‌کارهای مبتنی بر اینترنت‌اشیا در نظر گرفته شوند.

## REFERENCES

1. Arun Gnanaraj, A., & Gnana Jayanthi, J. (2016). Smart, connected IoT applications for maximizing agricultural business performance. *International Journal of Control Theory and Applications*, 9(27), 313–319. Retrieved from <http://www.serialsjournals.com/serialjournalmanager/pdf/1477480165.pdf>
2. Benkhelifa, E., Abdel-Maguid, M., Ewenike, S. & Heatley, D. (2014). The Internet of Things: the Eco-System for Sustainable Growth. *Computer Systems and Applications (AICCSA), 2014 IEEE/ACS 11th International Conference on*, 836-842.
3. Biggs, P., Garrity, J., LaSalle, C., & Polomska, A. (2016). *Harnessing the The Internet of Things for Global Development*. Switzerland: International Telecommunication Union .
4. Bo, Y., & Wang, H. (2011b). The Application of Cloud Computing and the Internet of Things in Agriculture and Forestry. In *2011 International Joint Conference on Service Sciences* (pp. 168–172). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IJCSS.2011.40>
5. Chen, J., Hu, T., Wu, J. H., Si, H. P., & Lin, K. Y. (2014). Applications of Internet of Things in Facility Agriculture. *Applied Mechanics and Materials*, 685, 517–523. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.685.517>
6. Chiou, H.-K., Tzeng, G.-H., & Cheng, D.-C. (2005). Evaluating sustainable fishing development strategies using fuzzy MCDM approach. *Omega*, 223-234.
7. Christen, O., & Heyer, W. (2010). Sustainable Development of Agriculture, Fisheries, and Forestry. In O. Christen, V. Squires, R. Lal , & R. Hudson, *Interdisciplinary and Sustainability Issues in Food and Agriculture* (pp. 68-96). EOLSS Publications.
8. Davoodi H., Shabanali Ghomi, H., ; Kalantari, Kh.,( 2014). Strategies to improve the functions of Science and Technology Parks in Agricultural Technology Development. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 45(2), 351-361(in Farsi)
9. De Silva, P. C. P., & De Silva, P. C. A. (2016). Ipanera: An Industry 4.0 based architecture for distributed soil-less food production systems. In *2016 Manufacturing & Industrial Engineering Symposium (MIES)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/MIES.2016.7780266>
10. Dlodlo, N., & Kalezhi, J. (2015). The internet of things in agriculture for sustainable rural development. In *2015 International Conference on Emerging Trends in Networks and Computer Communications (ETNCC)* (pp. 13–18). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ETNCC.2015.7184801>
11. Elijah, O., Abdul Rahman, T., Orikumhi, I., Yen Leow, C., & Nour Hindia, M. (2018). An Overview of *Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges*. *IEEE Internet of Things Journal*, 3758-3773. doi:10.1109/JIOT.2018.2844296
12. FAO. (2017). *Ending poverty and hunger by investing in agriculture and rural areas*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
13. Ferrández-Pastor, F.-J., García-Chamizo, J.-M., Nieto Hidalgo, M., & Mora-Martínez, J. (2017). User-centered design of agriculture automation systems using internet of things paradigm. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 10586 LNCS). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67585-5\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67585-5_7)
14. Gartner. (2011). *Internet of Things added to the 2011 hype cycle*. Retrieved from Postscapes: <https://www.postscapes.com/internet-of-things-added-to-the-2011-hype-cycle/>

15. Geng, H. (2017). *Internet of Things and Data Analytics Handbook*. John Wiley & Sons.
16. GeSI. (2016). *How Digital Solutions Will Drive Progress Towards The Sustainable Development Goals*. Brussels: Global e-Sustainability Initiative (GeSI).
17. Gharoon, Z., Shabanalifomi, H., Kalantari, Kh, Masoomianasl, A., (2013). Factors Influencing Use of Information Technology (IT) in Management of Dairy Farms (A Case of: Western Part of Tehran Province), *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 43(4), 561-572(in Farsi)
18. Gondchawar, N., & Kawitkar, R. S. (2016). IJARCCCE IoT based Smart Agriculture. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 5(6), 838-842. <https://doi.org/10.17148/IJARCCCE.2016.56188>
19. Kim, S., & Kim, S. (2016). A multi-criteria approach toward discovering killer IoT application in Korea. *Technological Forecasting & Social Change*, 102, 143-155. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.007>
20. Kocovic, P., Behringer, R., Ramachandran, M., & Mihajlovic, R. (2017). *Emerging Trends and Applications of the Internet of Things*. Hershey, PA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-2437-3
21. Kodali, R. K., & Sahu, A. (2016). An IoT based soil moisture monitoring on Losant platform. In *Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016* (pp. 764–768). <https://doi.org/10.1109/IC3I.2016.7918063>
22. Luthra, S., Garg, D., Mangla, S., & Berwel, Y. (2018). Analyzing challenges to Internet of Things (IoT) adoption and diffusion: An Indian context. *Procedia Computer Science*, 125, 733-739. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.12.094>
23. Mat, I., Mohd Kassim, M. R., Harun, A. N., & Mat Yusoff, I. (2016). IoT in Precision Agriculture applications using Wireless Moisture Sensor Network. In *2016 IEEE Conference on Open Systems (ICOS)* (pp. 24–29). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICOS.2016.7881983>
24. Mehta, A., & Patel, S. (2016). IOT based smart agriculture research opportunities and challenges. *International Journal For Technological Research In Engineering ISSN*, 4(3), 2347–4718. Retrieved from [www.ijtre.com](http://www.ijtre.com)
25. Merad, M., Dechy, N., Serir, L., Grabisch, M., & Marcel, F. (2013). Using a multi-criteria decision aid methodology to implement sustainable development principles within an organization. *European Journal of Operational Research*, 224(3), 603-613. doi:10.1016/j.ejor.2012.08.019
26. Mohammadzadeh, A., Ghafoori, S., Mohammadian, A., Mohammadkazemi, R., Mahbanoei, B., & Ghasemi, R. (2018). A Fuzzy Analytic Network Process (FANP) approach for prioritizing internet of things challenges in Iran. *Technology in Society*, 53, 124-134. doi:<https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.01.007>
27. N. Verdouw, C., Wolfert, S., & Tekinerdogan, B. (2016). Internet of Things in Agriculture. *CAB Reviews*. 11(35),1-12. doi:10.1079/PAVSNR201611035
28. Nukala, R., Panduru, K., Shields, A., Riordan, D., Doody, P., & Walsh, J. (2016). Internet of Things: A review from 'Farm to Fork'. *2016 27th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)*. Londonderry, UK: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/ISSC.2016.7528456
29. Pitakphongmetha, J., Boonnam, N., Wongkoon, S., Horanont, T., Somkiadcharoen, D., & Prapakornpilai, J. (2017). Internet of things for planting in smart farm hydroponics style. In *20th International Computer Science and Engineering Conference: Smart Ubiquitous Computing and Knowledge, ICSEC 2016* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSEC.2016.7859872>
30. Popović, T., Latinović, N., Pešić, A., Zečević, Ž., Krstajić, B., & Djukanović, S. (2017). Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140, 255–265. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.06.008>
31. Poursaeed, A., Mirdamadi, M., Malekmohammadi, I., & Hosseini, J. (2010). The partnership models of agricultural sustainable development based on Multiple Criteria Decision Making (MCDM) in Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 5(23), 3185-3190.
32. Pratim Ray, P. (2017). Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 9, 395-420.
33. Quaddus, M., & Siddique, M. (2001). Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach. *Environment International*, 27(2-3), 89-95. doi:[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00066-6](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00066-6)
34. Rajalakshmi, P., & Devi Mahalakshmi, S. (2016). IOT based crop-field monitoring and irrigation automation. In *Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent Systems and Control, ISCO 2016* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCO.2016.7726900>
35. Ram, V., Vishal, H., Dhanalakshmi, S., & Vidya, P. (2015). Regulation of water in agriculture field using Internet Of Things. *2015 IEEE Technological Innovation in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR)* (pp. 112-115). Chennai: IEEE.

36. Rayes, A., & Salam, S. (2017). *Internet of Things—From Hype to Reality*. Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-44860-2
37. Rezaei-Moghaddam, K., & Karami, E. (2008). A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP. *Sustainable Agricultural Development Models*, 10(4), 407-426.
38. Ribeiro, R. (1996). Fuzzy multiple attribute decision making: a review and new preference elicitation techniques. *Fuzzy sets and systems*, 78(2), 155-182.
39. Rodrigues Lima Junior, F., Osiro, L., & Cesar Ribeiro Carpinetti, L. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194-209.
40. Sandelowski, M., & Barroso, J. (2006). *Handbook for Synthesizing Qualitative Research*. New York: Springer Publishing Company, Inc.
41. Sharma, D., Shukla, A. K., Bhonekar, A. P., Ghanshyam, C., & Ojha, A. (2016). A Technical Assessment of IOT for Indian Agriculture Sector. *IJCA Proceedings on National Symposium on Modern Information and Communication Technologies for Digital India, MICTDI 2016*(1), 1–5. Retrieved from <http://www.ijcaonline.org/proceedings/mictdi2016/number1/26543-1601>
42. Shen, K.-Y., & Tzeng, G.-H. (2018). Advances in multiple criteria decision making for sustainability: Modeling and applications. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5), 1-7. doi:10.3390/su10051600
43. Sivamani, S., Bae, N., & Cho, Y. (2013). A smart service model based on ubiquitous sensor networks using vertical farm ontology. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2013(12), 161495. <https://doi.org/10.1155/2013/161495>
44. Sreekantha, D. K., & Kavya A.M. (2017). Agricultural crop monitoring using IOT - a study. In *2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)* (pp. 134–139). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCO.2017.7855968>
45. Talavera, J., Tobón, L., Gómez, J., Culman, M., Aranda, J., Parra, D., . . . Garreta, L. (2017). Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 104, 283-297.
46. Thierer, A., & O’Sullivan, A. (2015). Projecting the growth and economic impact of the internet of things. *George Mason University, Mercatus Center, VA, USA*, 1-10, Retrieved December 6 2020 from <http://mercatus.org/publication/projecting-growth-and-economic-impact-internet-things>
47. Tu, D. T. C., Duong, P. B., Vuong, N. T. H., Luan, P. H., Nghia, N. H., Dien, P. N., ... Buu, C. H. (2016). The Cactus Device-An Ultimate Solution for Irrigation. In *Proceedings - 3rd International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD 2016* (pp. 270–273). IEEE. <https://doi.org/10.1109/GTSD.2016.67>
48. Veisi, H., Liaghati, H., & Alipour, A. (2016). Developing an ethics-based approach to indicators of sustainable agriculture using analytic hierarchy process (AHP). *Ecological Indicators*, 60, 644-654.
49. Velten, S., Leventon, J., Jager, N., & Newig, J. (2015). What Is Sustainable Agriculture? A Systematic Review. *sustainability*, 7, 7833-7865. doi:10.3390/su7067833
50. Verma, N., & Usman, A. (2016). Internet of Things (IoT): A relief for Indian farmers. *2016 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)* (pp. 831-835). Seattle: IEEE.
51. Vermesan, O., & Friess, P. (2014 (a)). *Internet of Things From Research and Innovation to Market Deployment*. River Publishers.
52. Vermesan, O., & Friess, P. (2016 (b)). *Digitising the Industry Internet of Things Connecting the Physical, Digital and Virtual Worlds*. River Publisher.
53. Vinodh, S., Mulanjur, G., & Thiagarajan, A. (2013). Sustainable concept selection using modified fuzzy TOPSIS: a case study. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(2), 109–116.
54. Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(24) 6148–6150. doi:www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1707462114
55. Wang, T.-C., & Lee, H.-D. (2009). Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights. *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980–8985.
56. Williams, J., Alter, T., & Shrivastava, P. (2018). Systemic governance of sustainable agriculture: Implementing sustainable development goals and climate-friendly farming. *Outlook on Agriculture*, 47(3), 192-195. doi:10.1177/0030727018795907
57. Zarei, M., Mohammadian, A., & Ghasemi, R. (2016). Internet of Things in Industries: a Survey for Sustainable Development. *Innovation and Sustainable Development*, 10(4), 419-442.
58. Zarifian, Sh., (2018). Factors Affecting the Adoption of Trickle Irrigation by Palm Cultivators of Dashtestan, Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 48(4), 647-655 (In Farsi).