

واکاوی پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری با رویکرد ارتقای امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری

هادی رضایی‌راد^{۱*}، سبا شیخی^۲، پرستو سیفی^۳

۱. استادیار گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران (نویسنده مسئول):

(H.rezaeirad@Basu.ac.ir)

۲. دانش‌آموخته دکتری شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳. دانشجوی کارشناسی گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: 1405-03-19

تاریخ بازنگری: 1405-04-21

تاریخ پذیرش: 1405-04-22

چکیده

رشد شتابان شهرنشینی، محدودیت منابع آب و خاک و افزایش آسیب‌پذیری سامانه‌های غذایی، ضرورت بهره‌گیری از الگوهای نوین تولید غذا در محیط‌های شهری را بیش از پیش آشکار ساخته است. در این میان، کشاورزی هوشمند شهری به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های شهر هوشمند، ظرفیت قابل توجهی برای ارتقای امنیت غذایی و افزایش تاب‌آوری شهری دارد. پژوهش حاضر با هدف واکاوی پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری و تبیین الزامات توسعه‌ی آن انجام شد. این پژوهش از نوع مروری-تحلیلی بوده و با رویکرد کیفی و تحلیل محتوای جهت‌دار انجام شده است. داده‌ها از طریق مرور منابع علمی منتشرشده طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ گردآوری شد. از میان منابع منتخب که وارد فرایند تحلیل شدند در مجموع ۶۱۰ کد اولیه با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA 2022 استخراج و طبقه‌بندی گردید. نتایج نشان داد بازدارنده‌های اقتصادی و مادی با سهم ۲۴.۸۵ درصد مهم‌ترین مانع استقرار کشاورزی هوشمند شهری هستند و پس از آن، چالش‌های امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌ها (۱۸.۵۶ درصد) قرار دارند. در مقابل، پیشرفت فناوری و نوآوری با سهم ۲۷.۵۴ درصد و پایداری زیست‌محیطی با سهم ۲۳.۹۱ درصد مهم‌ترین پیشران‌های توسعه‌ی این رویکرد محسوب می‌شوند. یافته‌ها نشان می‌دهد توسعه‌ی کشاورزی هوشمند شهری صرفاً یک مسئله‌ی فناورانه نیست، بلکه فرایندی چندبعدی است که در تعامل میان زیرساخت‌های فناورانه و نهادی، ظرفیت‌های انسانی و اجتماعی و اهداف امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری شکل می‌گیرد. بر این اساس، پژوهش حاضر چارچوبی مفهومی برای استقرار کشاورزی هوشمند شهری ارائه می‌کند که می‌تواند مبنایی برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی توسعه پایدار شهری در ایران باشد.

کلمات کلیدی: امنیت غذایی، تاب‌آوری شهری، شهر هوشمند، فناوری‌های دیجیتال، کشاورزی هوشمند شهری.

رشد سریع جمعیت، توسعه‌ی صنایع و افزایش فشار بر منابع طبیعی، تأمین نیازهای اساسی انسان از جمله غذا، آب، انرژی و مسکن را به یکی از مهم‌ترین چالش‌های جهانی تبدیل کرده است. بر اساس پیش‌بینی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ افزایش قابل توجهی خواهد داشت و در نتیجه تولید محصولات کشاورزی حدود ۷۰ درصد رشد خواهد کرد (FAO, 2009). این شرایط، ضرورت دستیابی به راه‌حل‌های هوشمند، کارآمد و پایدار برای مدیریت منابع و ارتقای بهره‌وری را بیش از پیش برجسته می‌سازد. در چنین بستری، مفهوم شهر هوشمند به‌عنوان رویکردی نوین در مدیریت شهری مطرح شد. این مفهوم که از اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ شکل گرفت و از اواسط دهه‌ی ۲۰۱۰ به‌طور گسترده وارد ادبیات علمی و برنامه‌ریزی شهری شد، با بهره‌گیری از فناوری اطلاعات و ارتباطات، به دنبال بهینه‌سازی خدمات شهری، مدیریت پایدار منابع و ارتقای کیفیت زندگی شهروندان است. مرور مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که شهر هوشمند دارای ابعاد مختلفی از جمله اقتصاد هوشمند، حکمرانی هوشمند، شهروندان هوشمند، محیط‌زیست هوشمند، زیرساخت و فناوری هوشمند، حمل‌ونقل هوشمند، آب و فاضلاب هوشمند، امنیت هوشمند و کشاورزی هوشمند است. هر یک از این ابعاد نقش ویژه‌ای در افزایش کارایی و پایداری شهرها بر عهده دارند.

در میان ابعاد مختلف شهر هوشمند، کشاورزی هوشمند جایگاهی کلیدی دارد؛ زیرا کاهش اراضی کشاورزی، محدودیت منابع آب و انرژی و رشد تقاضای غذایی، کارآمدی روش‌های سنتی تولید را به‌شدت کاهش داده است. کشاورزی هوشمند با بهره‌گیری از فناوری‌هایی نظیر حسگرهای هوشمند، سامانه‌های پایش پیشرفته و تحلیل داده، امکان مدیریت دقیق دما، رطوبت، نیازهای گیاهی و وضعیت تغذیه‌ای را فراهم می‌سازد و از این طریق، مصرف منابع را کاهش داده و بهره‌وری تولید را افزایش می‌دهد (Farrokhi & Gapeleh, 2019; Nasiri Zare et al., 2025). با این حال، کشاورزی هوشمند شهری رویکردی فراتر از کشاورزی هوشمند سنتی است؛ زیرا فناوری‌های دیجیتال را در بستر محدود، پرتراکم و پیچیده‌ی شهر به‌کار می‌گیرد. این رویکرد با استفاده از اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، سنجش از دور، کلان‌داده و سامانه‌های خودکار، امکان تولید پایدار غذا در فضاهای محدود شهری مانند بام‌ها، فضاهای عمودی، محیط‌های کنترل‌شده و گلخانه‌های هوشمند را فراهم می‌کند (Bagheri, 2021; Jamshidi et al., 2023). کشاورزی هوشمند شهری علاوه بر ارتقای بهره‌وری و کاهش مصرف منابع، سبب کاهش اثرات زیست‌محیطی، تقویت اقتصاد محلی، کوتاه‌سازی زنجیره تأمین غذا و افزایش تاب‌آوری شهری می‌شود؛ مزایایی که آن را به یکی از راهبردهای کلیدی مدیریت آینده شهرها تبدیل کرده است (Gunapala et al., 2025).

با وجود پیشرفت‌های جهانی، استقرار کشاورزی هوشمند شهری در ایران همچنان در مراحل ابتدایی قرار دارد. ضعف زیرساخت‌های فناوریانه، کمبود مهارت‌های تخصصی، محدودیت‌های فضایی، نبود سیاست‌های منسجم و چالش‌های نهادی، از مهم‌ترین بازدارنده‌ها و موانع توسعه‌ی این رویکرد محسوب می‌شوند (Arabzadeh et al., 2023; Jozay & Tehranifar, 2026, Mirzaeipour et al., 2025). این در حالی است که شرایط اقلیمی، محدودیت منابع و نیاز فزاینده به ارتقای امنیت غذایی در شهرهای ایران، ضرورت توجه به این الگو و بهره‌گیری از ظرفیت‌های آن برای افزایش تاب‌آوری شهری را دوچندان کرده است.

بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف واکاوی پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری و تحلیل نقش این رویکرد در تقویت امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری انجام شده است. در این مطالعه، ابتدا مفهوم و اجزای کشاورزی هوشمند شهری تبیین می‌شود و سپس با تمرکز بر شناسایی ظرفیت‌ها، فرصت‌ها و چالش‌های موجود، به بررسی عواملی پرداخته می‌شود که می‌توانند به‌عنوان پیشران‌ها، روند توسعه‌ی این الگو را تسهیل کنند یا به‌عنوان بازدارنده‌ها مانع استقرار آن در شهرهای کشور شوند. این تحلیل روشن می‌سازد که کدام موانع نقش اثرگذارتری در کند کردن فرآیند استقرار دارند و کدام ظرفیت‌ها می‌توانند بیشترین تأثیر را در حرکت شهرهای ایران به سمت توسعه‌ی کشاورزی هوشمند شهری داشته باشند.

۲. پیشینه نظری و تجربی

این بخش با هدف تبیین چارچوب نظری و مرور شواهد تجربی پژوهش، ابتدا به مفهوم و ابعاد شهر هوشمند می‌پردازد، سپس روند تکامل و فناوری‌های شکل‌دهنده‌ی کشاورزی هوشمند را بررسی می‌کند. در ادامه، ضرورت‌ها، الگوهای توسعه و سیر تحول کشاورزی

شهری تشریح شده و جایگاه کشاورزی هوشمند شهری به عنوان یکی از محورهای کلیدی امنیت غذایی، تاب‌آوری و توسعه پایدار شهری تبیین می‌شود. در پایان، با مرور مطالعات تجربی پیشین، شکاف‌های دانشی موجود شناسایی و جایگاه پژوهش حاضر تبیین می‌گردد.

۱.۲. مفهوم و ابعاد شهر هوشمند

شهر هوشمند به عنوان پاسخی راهبردی به پیچیدگی‌های فزاینده شهرنشینی، با هدف بهبود کیفیت زندگی، افزایش بهره‌وری خدمات شهری و ارتقای پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی مطرح شده است. این رویکرد بر بهره‌گیری نظام‌مند از فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات و سایر ابزارهای دیجیتال برای مدیریت کارآمد منابع، زیرساخت‌ها و خدمات شهری استوار است (Balouchi et al., 2021; Hatami et al., 2021). در ادبیات علمی، شهر هوشمند به عنوان نظامی یکپارچه و چندوجهی تعریف می‌شود که در آن زیرساخت‌های فیزیکی، فناوری‌های دیجیتال، سرمایه‌ی انسانی و سرمایه‌ی اجتماعی به صورت هماهنگ عمل می‌کنند تا زمینه‌ی رشد اقتصادی پایدار، بهبود حکمرانی شهری و افزایش تاب‌آوری در برابر چالش‌های پیچیده فراهم شود (Caragliu et al., 2011; Gholami Nourabad et al., 2023; Parvin et al., 2025). از این منظر، هوشمندسازی شهری صرفاً به کاربرد فناوری محدود نیست، بلکه فرایندی دانش‌محور و مشارکتی است که یادگیری، نوآوری و تصمیم‌گیری مبتنی بر داده را در مقیاس شهری تقویت می‌کند. با توجه به اینکه شهر هوشمند بستر مفهومی و زیرساختی لازم برای استقرار سامانه‌های دیجیتال، مدیریت داده‌محور و نوآوری فناورانه را فراهم می‌آورد، این رویکرد زمینه‌ساز توسعه‌ی حوزه‌هایی مانند کشاورزی هوشمند شهری است.

۲.۲. کشاورزی هوشمند: مفهوم، تحول و فناوری‌ها

در بسیاری از کشورها، کشاورزی همچنان سهم قابل توجهی در تولید ناخالص داخلی و اشتغال دارد، اما با چالش‌هایی نظیر تغییرات اقلیمی، کاهش اراضی قابل کشت، بحران آب، گسترش آفات و کاهش نیروی کار مواجه است. در پاسخ به این چالش‌ها، به کارگیری فناوری‌های دیجیتال موجب شکل‌گیری رویکرد «کشاورزی هوشمند» شده است (Hesabi et al., 2023). این رویکرد، ادامه و تکامل کشاورزی دقیق محسوب می‌شود و با هدف افزایش بهره‌وری، کاهش وابستگی به نیروی انسانی و ارتقای تاب‌آوری سیستم‌های تولید غذا توسعه یافته است. اگرچه تعریف واحدی از کشاورزی هوشمند ارائه نشده است، اغلب پژوهش‌ها آن را مجموعه‌ای از روش‌ها و فناوری‌های مبتنی بر فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) می‌دانند که با اتکا بر داده‌های محیطی و زیستی، مدیریت تولید کشاورزی را بهینه می‌کند (Sabet & Mohammadpour, 2022; Suma et al., 2017; Virk et al., 2020). کشاورزی هوشمند با بهره‌گیری از شبکه‌های حسگر، سامانه‌های پردازش داده و پلتفرم‌های تحلیلی، امکان پایش مستمر شرایط اقلیمی، وضعیت رشد گیاه و نهاده‌های مصرفی را فراهم می‌سازد. این فرایند معمولاً شامل سه مرحله جمع‌آوری داده، تحلیل و استخراج الگوها، و به کارگیری نتایج در مدیریت مزرعه است (Sørensen et al., 2019). داده‌های مورد استفاده در کشاورزی هوشمند شامل داده‌های کلان اقلیمی، داده‌های محیطی محلی، اطلاعات مربوط به بستر رشد، داده‌های خارجی و داده‌های امنیت زیستی هستند که از طریق حسگرها، تصاویر ماهواره‌ای و سامانه‌های پایش گردآوری شده و مبنای تصمیم‌گیری داده‌محور را فراهم می‌کنند (De Alwis et al., 2022; Ghasemloo et al., 2024; Mohammadpour, 2024; Tosan et al., 2024).

۳.۲. کشاورزی شهری: ضرورت‌ها، تکامل و الگوهای توسعه

ضرورت‌ها و زمینه‌های شکل‌گیری کشاورزی شهری

در دهه‌های اخیر، چالش‌های حوزه‌ی تأمین غذا در مناطق شهری، همراه با پیامدهای تغییرات اقلیمی نظیر خشکسالی‌های مکرر، سیلاب‌ها و کاهش کیفیت منابع طبیعی، ظرفیت تولید محصولات کشاورزی را محدود کرده و امنیت غذایی شهری را در معرض تهدید قرار داده است. از سوی دیگر، وابستگی شهرها به زنجیره‌های تأمین طولانی و واردات مواد غذایی، آسیب‌پذیری سیستم غذایی

را در برابر بحران‌هایی همچون نوسانات بازار، پاندمی‌ها و تنش‌های ژئوپلیتیکی افزایش داده است (Shon et al., 2023). در چنین شرایطی، توسعه‌ی راهکارهای محلی، پایدار و مبتنی بر نوآوری برای تولید غذای تازه و سالم در درون شهرها به ضرورتی راهبردی تبدیل شده است.

تکامل تاریخی و مفهومی کشاورزی شهری

کشاورزی شهری به‌عنوان بخشی از تحول الگوهای تولید غذا در محیط‌های انسان‌ساخت، ریشه‌ای تاریخی دارد. ایده‌های اولیه کشت در فضاهای محدود شهری از اوایل قرن بیستم مطرح شد و در ادامه با توسعه‌ی روش‌های بدون خاک، دیوارهای سبز و کشت عمودی تکامل یافت. در دهه‌های پایانی قرن بیستم و اوایل قرن بیست‌ویکم، هم‌زمان با پیشرفت کشاورزی دقیق و فناوری‌های داده‌محور، کشاورزی شهری به‌تدریج از فعالیتی کوچک‌مقیاس و تجربی به یک سامانه‌ی تولیدی ساختاریافته و فناوری‌محور ارتقا یافت. این تحول، زمینه‌ساز شکل‌گیری نسل جدیدی از الگوهای تولید غذا در محیط‌های شهری شد که هدف آن‌ها استفاده‌ی بهینه از فضا، کاهش مصرف منابع و افزایش تاب‌آوری سیستم غذایی است (Senthamizh, 2025; Shon et al., 2023; Zadouli Khajeh & Asadi, 2024).

مدل‌ها و سیاست‌های توسعه‌ی کشاورزی شهری

کشاورزی شهری در قالب مدل‌های متنوعی از جمله کشاورزی اجتماعی، پشت‌بامی، درون‌ساختمانی و کشاورزی عمودی توسعه یافته است. این مدل‌ها اغلب مبتنی بر فناوری‌های کشت نوین مانند هیدروپونیک (Hydroponics)، ایروپونیک (Aeroponics) و آکوآپونیک (Aquaponics) هستند که امکان تولید متراکم و کنترل‌شده را در فضاهای محدود شهری فراهم می‌سازند (Chowdhury et al., 2024; Verma et al., 2024; Hakimi, 2023). در سطح جهانی، رشد بازار کشاورزی شهری و گسترش سیاست‌های حمایتی دولتی نشان‌دهنده‌ی اهمیت راهبردی این حوزه است. بسیاری از کشورها، از جمله ایالات متحده، هند و کشورهای اروپایی، با ارائه‌ی مشوق‌های مالی، حمایت‌های فنی و برنامه‌های سیاستی، کشاورزی شهری را به‌عنوان بخشی از راهبردهای توسعه پایدار، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری دنبال می‌کنند (Halvey et al., 2021).

۴.۲. کشاورزی هوشمند شهری

مفهوم و ضرورت توسعه‌ی کشاورزی هوشمند شهری

کشاورزی هوشمند شهری به‌عنوان تکامل‌یافته‌ترین شکل کشاورزی شهری مطرح می‌شود که با تکیه بر فناوری‌های دیجیتال، مدیریت داده‌محور و سامانه‌های محیط کنترل‌شده، به دنبال افزایش بهره‌وری، پایداری و تاب‌آوری سیستم‌های غذایی شهری است (Ferreira et al., 2022; Malekinejad et al., 2020). این رویکرد پاسخی به محدودیت‌هایی نظیر کمبود فضا، ناهمگنی محیط شهری و ضرورت تولید مستمر و قابل پیش‌بینی غذا بوده و حاصل همگرایی سه جریان کشاورزی شهری، کشاورزی دقیق و کشاورزی محیط کنترل‌شده (CEA) است (Christmann et al., 2025; Marvin et al., 2024).

فناوری‌ها و زیرساخت‌های کلیدی

کشاورزی هوشمند شهری مبتنی بر ترکیب فناوری‌هایی نظیر اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، حسگرهای هوشمند، پهپادها و سامانه‌های پردازش ابری است که امکان پایش لحظه‌ای، تحلیل پیشرفته داده‌ها و خودکارسازی فرایندهای کاشت، داشت و برداشت را فراهم می‌کنند (Miller et al., 2025). در سال‌های اخیر، گرایش به استفاده از فناوری‌های لبه (Edge AI)، همجوشی داده‌های سنجش نزدیک و سنجش از دور، و به‌کارگیری پهپادهای هوشمند، توان پاسخ‌گویی و استقلال سامانه‌های کشاورزی شهری را افزایش داده است. با این حال، نبود استانداردهای یکپارچه داده و چالش‌های اقتصادی، از موانع اصلی گسترش این فناوری‌ها در مقیاس شهری به شمار می‌روند (Avasthi et al., 2025).

کارکردها، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری

کشاورزی هوشمند شهری دارای کارکردهای چندگانه‌ی زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی است. این سیستم‌ها با کاهش مصرف آب و نهاده‌های شیمیایی، کوتاه‌سازی زنجیره تأمین و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به بهبود کیفیت محیط شهری کمک می‌کنند. از منظر اقتصادی، افزایش بهره‌وری در واحد سطح، کاهش هزینه‌های تولید و ایجاد مشاغل فناورانه از مهم‌ترین پیامدهای آن است. در بعد اجتماعی نیز، مشارکت شهروندان، ارتقای امنیت و عدالت غذایی و افزایش سواد زیست‌محیطی نقش برجسته‌ای دارد (جدول ۱). از منظر امنیت غذایی، تولید مستمر و کنترل‌شده غذا در محدوده‌ی شهر، وابستگی به منابع بیرونی را کاهش داده و پایداری عرضه را در برابر بحران‌های اقلیمی، اقتصادی و ژئوپلیتیکی تقویت می‌کند. در پژوهش حاضر، تاب‌آوری شهری به توانایی سیستم‌های شهری در حفظ، سازگاری و بازیابی عملکردهای حیاتی خود در برابر بحران‌ها، اختلالات و تنش‌هایی نظیر تغییرات اقلیمی، محدودیت منابع و اختلال در زنجیره تأمین غذا اطلاق می‌شود. از این منظر، کشاورزی هوشمند شهری به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های کلیدی تاب‌آوری شهری، با کاهش شکنندگی زنجیره‌های تأمین، افزایش توان واکنش در شرایط بحرانی و تقویت خدمات اکوسیستم‌های شهری، نقش مهمی در حفظ عملکردهای حیاتی شهر ایفا می‌کند (Gunapala et al., 2025; Steenkamp et al., 2021; Tabrez, 2025).

جدول ۱. کارکردها و مزایای کشاورزی هوشمند شهری

بعد	مهم‌ترین کارکردها و مزایا
زیست‌محیطی	- کاهش مصرف آب از طریق آبیاری دقیق - کاهش وابستگی به سموم و کودهای شیمیایی - کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای با کوتاه‌شدن زنجیره تأمین - کمک به کاهش اثر جزیره حرارتی شهری و بهبود کیفیت هوا
اقتصادی	- افزایش بهره‌وری در واحد سطح - کاهش هزینه‌های تولید به‌واسطه خودکارسازی و مدیریت هوشمند - ایجاد مشاغل جدید در حوزه فناوری‌های کشاورزی و داده‌محور - تقویت بازارهای محلی و کوتاه‌شدن زنجیره تأمین
اجتماعی	- افزایش مشارکت جامعه محلی در تولید غذا - تقویت سرمایه اجتماعی و روابط محله‌ای - ارتقای امنیت و عدالت غذایی - افزایش سواد زیست‌محیطی و آگاهی شهروندان

۲.۵. مرور مطالعات تجربی

مرور ادبیات پیشینه نشان می‌دهد که پژوهش‌های مرتبط با کشاورزی هوشمند شهری در سه محور اصلی قابل طبقه‌بندی‌اند: نخست، مطالعاتی که بر کشاورزی شهری تمرکز داشته‌اند و ظرفیت‌ها، محدودیت‌های فضایی، پیامدهای اجتماعی و نقش این فعالیت در پایداری و امنیت غذایی شهرها را بررسی کرده‌اند. دوم، پژوهش‌هایی که بر فناوری‌ها و سیستم‌های کشاورزی هوشمند از جمله اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، کنترل محیطی و سامانه‌های دقیق متمرکز بوده و به ارزیابی قابلیت‌ها و چالش‌های فنی این فناوری‌ها پرداخته‌اند. محور سوم، تحقیقات جدیدتری هستند که به‌طور مستقیم کشاورزی هوشمند شهری و کشت عمودی را بررسی کرده و به تلفیق فناوری، طراحی شهری، انرژی و مدیریت داده در محیط‌های شهری توجه داشته‌اند. مجموعه‌ی این مطالعات، تصویر جامعی از فرصت‌ها و محدودیت‌های استقرار کشاورزی هوشمند در شهرها ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که توسعه‌ی این رویکرد نیازمند هم‌زمانی پیشرفت‌های فناورانه، چارچوب‌های نهادی مؤثر و برنامه‌ریزی شهری یکپارچه است. جدول ۲، خلاصه‌ای ساختاریافته از تعدادی از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه را ارائه می‌کند.

جدول ۲. مطالعات کلیدی، روش‌ها و یافته‌ها، و ارتباط آن‌ها با پژوهش حاضر

نویسنده / عنوان پژوهش	روش / نوع مطالعه	یافته‌های کلیدی	ارتباط با پژوهش حاضر
Zaręba et al., 2021 (Urban vertical farming as an example of nature-based solutions supporting a healthy society living in the urban environment)	مرور / مطالعه موردی	مزایای اجتماعی، اقتصادی و اقلیمی کشاورزی عمودی؛ نمونه‌های عملی	نشان‌دهنده فرصت‌ها و مزایا (پیشران‌ها: بهره‌وری، فضا، کیفیت)
Huang & Chang, 2021 (Prospects for rooftop farming system dynamics: An action to stimulate water-energy-food nexus synergies toward green cities of tomorrow)	مدل‌سازی / امکان‌سنجی	مدل پیش‌بینی تولید با حداقل مصرف آب برای پشت‌بام‌ها	فناوری‌های بهینه‌سازی آب (پیشران‌های فناورانه)
Ivascu et al., 2021 (The perception and degree of adoption by urbanites towards urban farming)	پیمایشی	شاخص‌های مشارکت شهروندان در کشاورزی شهری: اعتماد، حس اجتماع، لذت‌بردن	جنبه‌های اجتماعی (پیشران‌ها/بازدارنده‌های اجتماعی)
Arabzadeh et al., 2023 (Planning and designing smart plant platforms in the form of home vertical farming in residential and urban spaces of Iran)	کاربردی / تحلیل طراحی	توسعه بسترهای هوشمند کشاورزی عمودی در فضاهای مسکونی؛ ارتقای بهره‌وری فضایی و امنیت غذایی	پیشران‌های طراحی و فضایی استقرار کشاورزی هوشمند شهری و نقش آن در امنیت غذایی
Hardman et al., 2022 (Mainstreaming urban agriculture: Opportunities and barriers to upscaling city farming)	مروری و تجزیه و تحلیل	چالش‌های کشاورزی شهری: مسائل اقتصادی، کیفیت خاک، نگهداری زیرساخت‌ها؛ راهکارهای عملی	موانع مالی/فنی (بازدارنده‌ها)
Van Gerrewey et al., 2022 (Vertical Farming: The Only Way Is Up?)	مرور سیستماتیک/تحلیلی	ارزیابی تجاری، فناوری و چالش‌های پایداری کشاورزی عمودی	هزینه‌های سرمایه‌ای و انرژی (بازدارنده‌های اقتصادی/فنی)
Shon et al., 2023 (Characteristics of smart farms for architectural planning and design)	قابلیت اجرای طراحی/معماری	نیازهای طراحی گلخانه/فضاهای شهری برای ادغام فناوری هوشمند	الزام طراحی (فضا/ساختار) به‌عنوان پیشران/بازدارنده
Oh & Lu, 2023 (Vertical farming - smart urban agriculture for enhancing resilience and sustainability in food security)	مرور ادبیات	کشاورزی عمودی به‌عنوان راهکار تقویت امنیت غذایی؛ نیاز به بهبود کارایی انرژی	مزایا و چالش‌های کشاورزی عمودی (پیشران‌ها و بازدارنده‌ها)
Dibbern et al., 2024 (Main drivers and barriers to the adoption of Digital Agriculture technologies)	مروری / متاآنالیز	هزینه، زیرساخت، آموزش، نگرانی‌های داده‌ای؛ تفاوت‌های منطقه‌ای	مجموعه‌ای از پیشران‌ها و بازدارنده‌ها که در محیط شهری نیز صادق‌اند
Sowmya et al., 2024 (Recent developments and inventive approaches in vertical farming)	مروری	تکنیک‌های جدید و نقش کشاورزی عمودی در تولید متراکم شهری	نوآوری‌های فنی و مسیرهای کاهش هزینه (پیشران)
Teoh et al., 2024	مرور	بررسی پتانسیل، پیشران‌ها و بازدارنده‌های کشاورزی شهری	جمع‌بندی فرصت‌ها و ریسک‌ها در مقیاس شهری

نویسنده / عنوان پژوهش	روش / نوع مطالعه	یافته‌های کلیدی	ارتباط با پژوهش حاضر
(A review on urban farming: Potential, challenges and opportunities) Zikri, 2024 (Smart Urban Farming 5.0: Integration of Vertical Farming Automation and Solar Panels for Maximum Energy Efficiency and Productivity)	تحلیل فنی	ادغام اتوماسیون و انرژی خورشیدی برای افزایش کارایی	پیشران‌های نوآوری و بهینه‌سازی منابع
Aborujilah, 2025 (Towards Sustainable Vertical Farming: A Systematic Review of Energy Return on Investment Efficiency and Optimization Strategies)	مرور نظام‌مند	چالش مصرف انرژی در کشت عمودی و راهکارهای بهینه‌سازی	بازدارنده‌های اقتصادی/فنی و پیشران‌های مدیریت انرژی
Jozay & Tehranifar, 2026 (Vertical Green Systems in Smart Cities: A Comprehensive Review of Design, Functionality and Environmental Impacts)	مروری / تحلیل جامع	مزایای زیست‌محیطی، بهره‌وری فضایی و نقش سامانه‌های سبز عمودی در توسعه شهرهای هوشمند	نقش زیرساخت‌های سبز و طراحی شهری در حمایت از استقرار کشاورزی هوشمند شهری و افزایش تاب‌آوری

۲.۶. شکاف پژوهشی و جایگاه پژوهش حاضر

اگرچه ادبیات موجود نشان می‌دهد که کشاورزی هوشمند شهری و عمودی ظرفیت چشمگیری برای ارتقای امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری دارد، اما مرور پژوهش‌ها حاکی از آن است که مطالعات جامع در خصوص شناسایی و تحلیل پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار این رویکرد هنوز محدود است. بخش قابل توجهی از تحقیقات پیشین بیشتر بر ابعاد فنی یا فناوری‌هایی مانند کشت عمودی، اینترنت اشیا و سامانه‌های خودکار متمرکز بوده‌اند و کمتر به ابعاد نهادی، سیاست‌گذاری، پذیرش اجتماعی، سازگاری با ساختار شهری، و پیامدهای تاب‌آوری و امنیت غذایی پرداخته‌اند. همچنین، ادبیات مربوط به مطالعات تجربی از جمله داده‌های موردکاوی، ارزیابی‌های اقتصادی در اقلیم‌های گوناگون، و بررسی‌های عینی در کشورهای در حال توسعه، اندک است و شکاف مهمی در حوزه‌ی تصمیم‌سازی ایجاد می‌کند. این خلأ در شرایطی برجسته‌تر می‌شود که در کشورهای دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، پژوهش‌های اندکی به‌طور مشخص به استقرار کشاورزی هوشمند شهری اختصاص یافته است. بر این اساس، ضرورت انجام پژوهشی که به واکاوی پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری بپردازد، بیش از پیش احساس می‌شود؛ پژوهشی که بتواند تصویری روشن از عوامل مؤثر بر تحقق این الگو ارائه کرده و شکاف‌های دانشی موجود را در زمینه‌ی ارتقای امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری تکمیل سازد.

۳. روش‌شناسی

این پژوهش از نوع مروری - تحلیلی با رویکرد کیفی - توصیفی و مبتنی بر تحلیل اسنادی و تحلیل محتوای کیفی انجام شد؛ رویکردی که با توجه به ماهیت نوظهور و میان‌رشته‌ای مفهوم «کشاورزی هوشمند شهری» و پیوند آن با حوزه‌های شهر هوشمند، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری، برای واکاوی مفاهیم، مقایسه رویکردها، تحلیل روندهای جهانی و شناسایی شکاف‌های دانشی مناسب ارزیابی می‌شود. داده‌های پژوهش از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و مرور ادبیات گردآوری شد و فرایند جست‌وجو، انتخاب و تحلیل منابع بر اساس استراتژی جست‌وجوی مندرج در جدول ۳ انجام گرفت. منابع منتخب شامل مطالعات مرتبط با کشاورزی هوشمند شهری، شهر هوشمند، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری بودند و پس از غربالگری و ارزیابی علمی وارد فرایند تحلیل محتوای کیفی شدند.

جدول ۳. طراحی مفهومی و استراتژی جستجوی پژوهش در مرور مطالعات کشاورزی هوشمند شهری

مؤلفه	شرح
نوع پژوهش	مروری - تحلیلی (کیفی - توصیفی)، مبتنی بر تحلیل اسنادی و تحلیل محتوای کیفی
بازه زمانی منابع	۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵
زبان منابع	فارسی و انگلیسی
پایگاه‌های اطلاعاتی مورد استفاده	Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer, Taylor & Francis, IEEE Xplore, Google Scholar, SID, Civilica
نوع منابع	مقالات ژورنالی، مقالات مروری، گزارش‌های بین‌المللی و اسناد سیاستی معتبر
کلیدواژه‌های اصلی انگلیسی	Smart Urban Agriculture, Urban Farming, Smart City, Food Security, Urban Resilience, Precision Agriculture, IoT-based Agriculture, Controlled Environment Agriculture (CEA)
کلیدواژه‌های اصلی فارسی	کشاورزی هوشمند شهری، کشاورزی شهری، شهر هوشمند، امنیت غذایی، تاب‌آوری شهری، کشاورزی دقیق، اینترنت اشیا
روش جستجو	جستجوی ترکیبی با استفاده از عملگرهای AND و OR در عنوان، چکیده و کلیدواژه‌ها
معیارهای ورود	ارتباط مستقیم با کشاورزی هوشمند شهری، شهر هوشمند، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری؛ برخورداری از چارچوب نظری و روش‌شناسی معتبر؛ انتشار در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵
معیارهای خروج	منابع تکراری، گزارش‌های غیرمستند، مقالات فاقد ساختار علمی و مطالعات فاقد ارتباط صریح با بستر شهری و مؤلفه هوشمندی
تعداد منابع شناسایی شده اولیه	۹۴۲ منبع
تعداد منابع نهایی منتخب	۵۱ منبع (۲۲ مقاله مروری، ۲۴ مقاله ژورنالی و ۵ گزارش بین‌المللی)
ابزار تحلیل داده‌ها	MaxQDA 2022
روش تحلیل	تحلیل محتوای کیفی جهت‌دار، کدگذاری باز، محوری و انتخابی
اعتبارسنجی یافته‌ها	مثلث‌سازی منابع، بازبینی همتایان، استنتاج تحلیلی، بازکدگذاری دوگانه (ضریب توافق ۰.۸۲)

در این پژوهش، داده‌های خاکستری شامل گزارش‌ها و اسناد سیاستی منتشرشده توسط سازمان‌های بین‌المللی معتبر نظیر FAO، OECD، بانک جهانی و UN-Habitat بود که پس از ارزیابی اعتبار منبع و ارتباط موضوعی وارد فرایند تحلیل شدند. بر این مبنا، در مرحله شناسایی، ۹۴۲ رکورد از پایگاه‌های اطلاعاتی علمی بین‌المللی و داخلی شناسایی شد. پس از حذف ۲۷۱ رکورد تکراری، ۶۷۱ رکورد وارد مرحله غربال عنوان و چکیده شدند. در این مرحله، ۵۸۰ رکورد به دلیل عدم ارتباط مستقیم با کشاورزی هوشمند شهری، تمرکز صرف بر موضوعات غیرشهری یا فقدان ارتباط با امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری حذف گردید. سپس ۹۱ مطالعه از نظر متن کامل بررسی شد و ۴۰ مطالعه دیگر به دلیل عدم دسترسی به متن کامل، ضعف ارتباط مفهومی یا عدم تمرکز بر فرصت‌ها و بازدارنده‌های کشاورزی هوشمند شهری کنار گذاشته شد. در نهایت، ۵۱ مطالعه برای تحلیل محتوای کیفی و کدگذاری انتخاب و

وارد فرایند تحلیل شدند (شکل ۱).



شکل ۱. نمودار فرایند شناسایی، غربالگری و انتخاب مطالعات پژوهش

پس از انتخاب منابع، داده‌ها در سه مرحله تحلیل شدند (جدول ۴). در مرحله نخست، تمامی متون وارد نرم‌افزار MaxQDA 2022 شدند و مفاهیم پایه، تعاریف، فناوری‌ها و متغیرهای اصلی استخراج گردید. در مرحله دوم، کدگذاری محوری و تماتیک با تکیه بر روش تحلیل محتوای کیفی جهت‌دار و بهره‌گیری از چارچوب‌های نظری انجام شد. کدگذاری بر دو محور اصلی شامل چالش‌ها/بازدارنده‌های کشاورزی هوشمند شهری و فرصت‌ها/پیشران‌های آن انجام گرفت و کدها در قالب کدهای فرعی، تم‌های میانی و تم‌های اصلی سازمان‌دهی شدند. در مرحله سوم، روابط مفهومی میان فناوری‌های هوشمند، توسعه شهر هوشمند، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری تحلیل و الگوی مفهومی نهایی پژوهش تدوین شد.

جدول ۴. فرایند تحلیل داده‌ها و سازمان‌دهی کدها در پژوهش

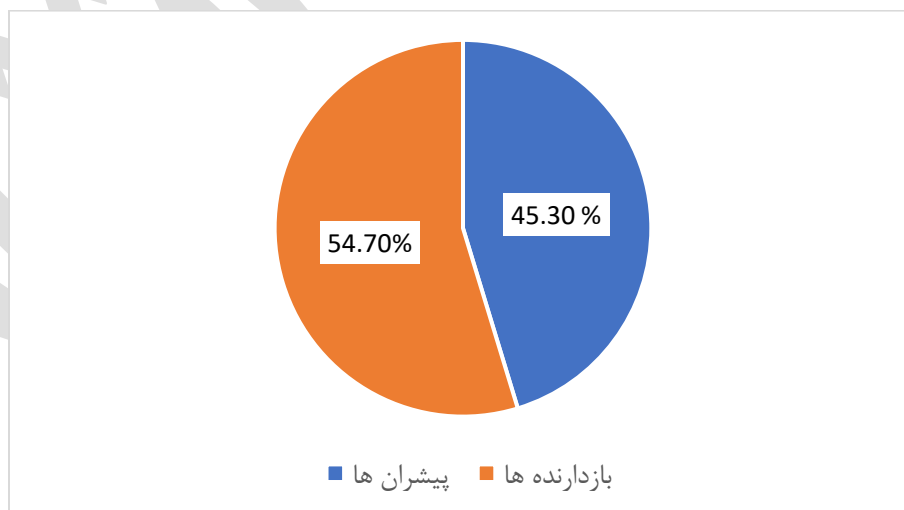
مرحله تحلیل	شرح فعالیت	خروجی حاصل
مرحله اول: استخراج مفاهیم	ورود ۵۱ منبع منتخب به نرم‌افزار MaxQDA 2022 و استخراج مفاهیم، تعاریف، فناوری‌ها و متغیرهای کلیدی	استخراج ۶۱۰ کد اولیه
مرحله دوم: کدگذاری باز	شناسایی مفاهیم مشابه و دسته‌بندی اولیه داده‌ها بر اساس تحلیل محتوای کیفی جهت‌دار	شکل‌گیری کدهای فرعی
مرحله سوم: کدگذاری محوری	تجمع کدهای فرعی و سازمان‌دهی آن‌ها در قالب مضامین میانی	استخراج مضامین میانی مرتبط
مرحله چهارم: کدگذاری انتخابی	طبقه‌بندی نهایی مضامین بر اساس دو محور اصلی پژوهش	شناسایی دو مقوله اصلی «پیشران‌ها» و «بازدارنده‌ها»
مرحله پنجم: تحلیل مفهومی	بررسی ارتباط میان فناوری‌های هوشمند، شهر هوشمند، امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری	تدوین چارچوب مفهومی پژوهش

برای افزایش اعتبار علمی یافته‌ها، از روش‌های مثلث‌سازی منابع، بازبینی همتایان، استنتاج تحلیلی و مقایسه تطبیقی با مدل‌های جهانی استفاده شد. پایایی کدگذاری نیز با بهره‌گیری از بازکدگذاری دوگانه و دستیابی به ضریب توافق ۰.۸۲ تأیید گردید. با توجه به ماهیت مروری - تحلیلی پژوهش و تمرکز آن بر واکاوی مفهومی، تحلیل روندهای جهانی و تدوین چارچوب نظری کشاورزی هوشمند شهری، استفاده از داده‌های میدانی ضرورت نداشت و مطالعه در زمره پژوهش‌های اکتشافی - تحلیلی قرار گرفت.

۴. یافته‌ها

یافته‌های این پژوهش حاصل تحلیل ادبیات موجود در حوزه‌ی کشاورزی هوشمند شهری است و نشان می‌دهد که مفهوم استقرار این رویکرد در شهرها تحت تأثیر مجموعه‌ای از عوامل پیشران و بازدارنده قرار دارد. بررسی داده‌های کیفی نشان داد که در ادبیات تخصصی، توجه قابل توجهی به محدودیت‌ها و بازدارنده‌های پیاده‌سازی و توسعه‌ی نظام کشاورزی هوشمند شهری معطوف شده و در مقابل، بخشی از مطالعات نیز به ظرفیت‌ها و پیشران‌ها پرداخته‌اند. با استخراج و تجمیع این مضامین، الگوی دوگانه‌ای از بازدارنده‌ها و پیشران‌ها شکل گرفت که هر یک از آن‌ها نقش مستقیمی در امکان‌پذیری، کارآمدی و پایداری استقرار کشاورزی هوشمند شهری دارند. در ادامه، مهم‌ترین بازدارنده‌ها و پیشران‌های شناسایی‌شده ارائه می‌شوند تا تصویری جامع از وضعیت موجود و چشم‌انداز توسعه‌ی این رویکرد فراهم گردد.

تحلیل ۵۱ منبع منتخب منجر به استخراج ۶۱۰ کد اولیه شد که از این تعداد، ۳۳۴ کد (۵۴.۷ درصد) به بازدارنده‌ها و ۲۷۶ کد (۴۵.۳ درصد) به پیشران‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری اختصاص یافت. به‌منظور نمایش سهم نسبی این دو دسته اصلی، توزیع فراوانی کدهای استخراج‌شده در شکل ۲ ارائه شده است. همان‌گونه که شکل ۲ نشان می‌دهد، سهم بازدارنده‌ها بیش از پیشران‌ها بوده که بیانگر غلبه‌ی چالش‌ها و محدودیت‌ها بر فرصت‌های موجود در مسیر استقرار کشاورزی هوشمند شهری است. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه فناوری‌های نوین و رویکردهای هوشمند ظرفیت قابل توجهی برای ارتقای امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری فراهم می‌کنند، اما تحقق این ظرفیت‌ها مستلزم غلبه بر موانع اقتصادی، فناورانه، نهادی و اجتماعی است.



شکل ۲. سهم نسبی پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری بر اساس فراوانی کدهای استخراج‌شده

۱.۴. بازدارنده‌ها

تحلیل فراوانی بازدارنده‌ها نشان داد که بازدارنده‌های اقتصادی و مادی با ۸۳ مورد (۲۴.۸۵ درصد)، بیشترین سهم را در میان بازدارنده‌ها داشتند و به عنوان مهم‌ترین مانع در مسیر توسعه‌ی کشاورزی هوشمند شهری شناخته می‌شوند. پس از آن، بازدارنده‌های مرتبط با امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌ها با ۶۲ مورد (۱۸.۵۶ درصد) در رتبه دوم قرار گرفتند. محدودیت‌های فناورانه با ۴۴

کد (۱۳.۱۷ درصد) و کمبود دانش و مهارت با ۴۳ کد (۱۲.۸۷ درصد) نیز سهم قابل توجهی داشتند و نشان دادند که ضعف ظرفیت فنی و انسانی همچنان یکی از بازدارنده‌های اساسی تحقق این رویکرد است. بازدارنده‌های دیگر مانند موانع اقلیمی و محیطی (۳۵ مورد)، کمبود زیرساخت‌های فنی و ارتباطی (۲۷ مورد)، موانع حقوقی و سیاست‌گذاری (۲۱ مورد)، بازدارنده‌های فرهنگی و پذیرش اجتماعی پایین (۱۴ مورد) و در نهایت بی‌اعتمادی به داده‌ها و نگرانی نسبت به صحت آن‌ها (۵ مورد) سهم کمتری اما همچنان مهمی داشتند. جدول زیر توزیع بازدارنده‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۵. فراوانی بازدارنده‌های کشاورزی هوشمند

ردیف	بازدارنده‌ها	فراوانی	درصد کل از بازدارنده‌ها
۱	اقتصادی و مادی	۸۳	۲۴.۸۵
۲	امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌ها	۶۲	۱۸.۵۶
۳	فناوری	۴۴	۱۳.۱۷
۴	کمبود دانش و مهارت	۴۳	۱۲.۱۷
۵	اقلیمی و محیطی	۳۵	۱۰.۴۸
۶	زیرساخت ناکافی	۲۷	۸.۰۸
۷	حقوقی و سیاست‌گذاری	۲۱	۶.۲۹
۸	فرهنگی و پذیرش اجتماعی	۱۴	۴.۱۹
۹	اعتماد به داده و صحت داده	۵	۱.۵۰

۲.۴. پیشران‌ها

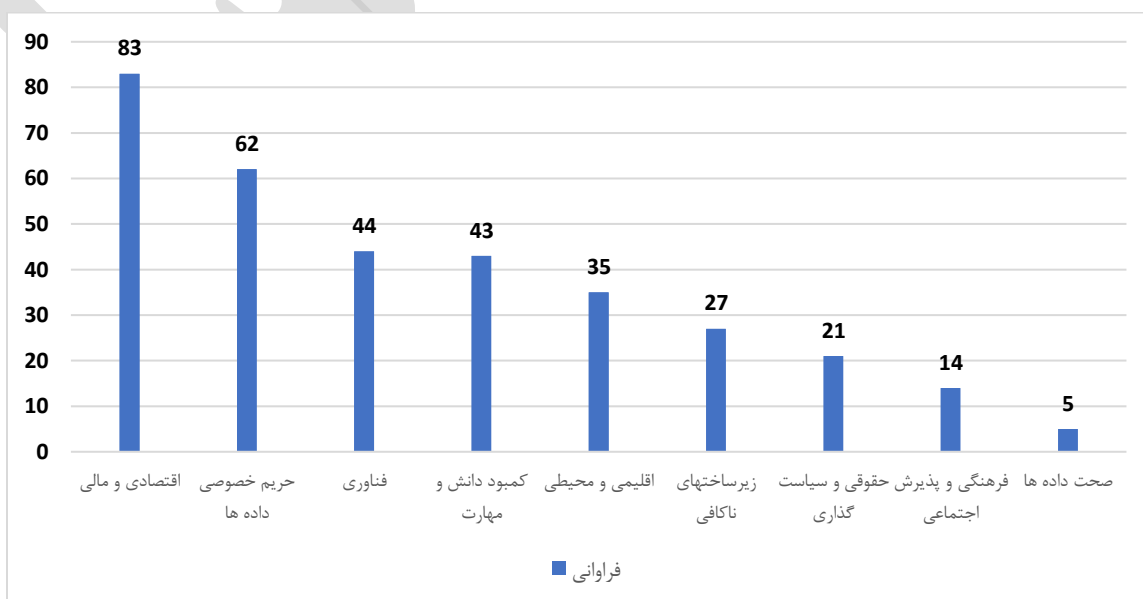
در بخش پیشران‌ها، پیشرفت فناوری و نوآوری با ۷۶ مورد (۲۷.۵۴ درصد) بیشترین سهم را داشت و نشان داد که توسعه‌ی فناوری‌های دیجیتال، اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، پهپادها و تحلیل‌های داده‌محور مهم‌ترین عامل محرک استقرار کشاورزی هوشمند شهری است. پس از آن، پایداری زیست‌محیطی با ۶۶ مورد (۲۳.۹۱ درصد) در جایگاه دوم قرار گرفت و جایگاه مهم کشاورزی هوشمند را در کاهش مصرف منابع، بهینه‌سازی انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برجسته ساخت. سایر پیشران‌ها شامل افزایش دقت و بهره‌وری (۴۱ مورد)، مزایای اقتصادی (۳۵ مورد)، مدیریت بهینه منابع طبیعی (۲۴ مورد)، تقویت امنیت غذایی (۲۳ مورد)، کاهش نیاز به نیروی کار (۴ مورد)، مزیت‌های اجتماعی (۳ مورد) و بهبود زیرساخت و منابع (۲ مورد) بودند. جدول ۶ توزیع پیشران‌ها را نشان می‌دهد:

جدول ۶. فراوانی پیشران‌های کشاورزی هوشمند

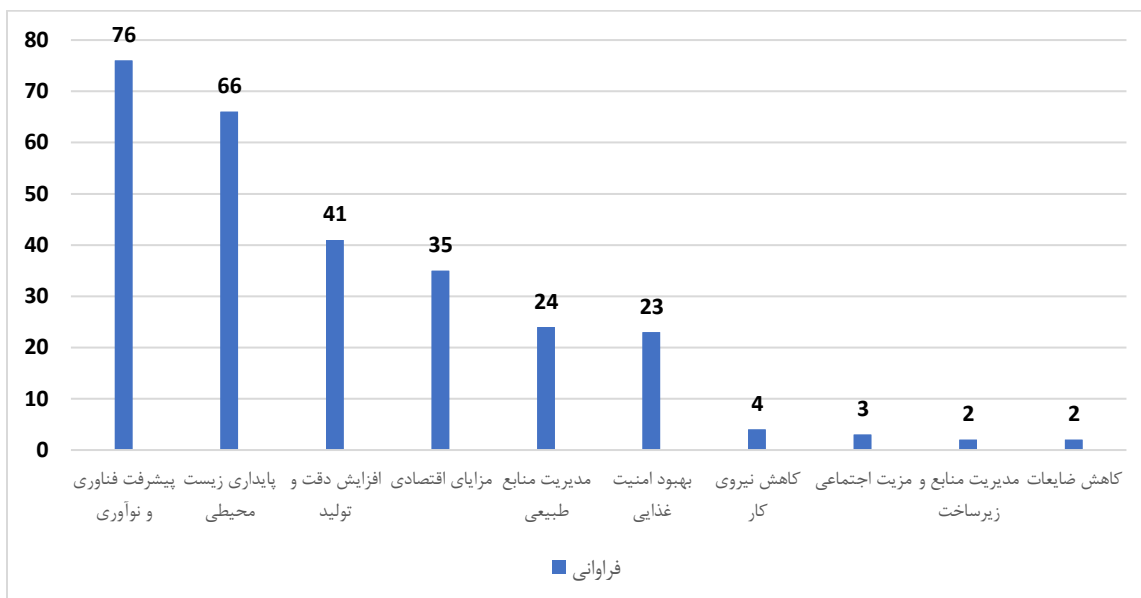
ردیف	پیشران‌ها	فراوانی	درصد کل از پیشران‌ها
۱	پیشرفت فناوری و نوآوری	۷۶	۲۷.۵۴
۲	پایداری زیست محیطی	۶۶	۲۳.۹۱
۳	افزایش دقت و بهره‌وری	۴۱	۱۴.۸۶
۴	مزایای اقتصادی	۳۵	۱۲.۶۸

ردیف	پیشران‌ها	فراوانی	درصد کل از پیشران‌ها
۵	مدیریت منابع طبیعی	۲۴	۸.۷۰
۶	بهبود امنیت غذایی	۲۳	۸.۳۳
۷	کاهش نیروی کار	۴	۱.۴۵
۸	مزیت اجتماعی	۳	۱.۰۹
۹	مزیت منابع و زیرساخت‌ها	۲	۰.۷۲
۱۰	بهینه سازی منابع و کاهش ضایعات	۲	۰.۷۲

این نتایج در نمودار ستونی نیز در شکل‌های ۳ و ۴ ترسیم گردید تا مقایسه‌ی فراوانی‌ها به صورت دیداری امکان‌پذیر باشد. همان‌گونه که در نمودار مشاهده می‌شود، فاصله‌ی قابل توجهی میان بازدارنده‌های اقتصادی و سایر بازدارنده‌ها وجود دارد و در بخش پیشران‌ها نیز دو عامل پیشرفت فناوری و نوآوری و پایداری زیست‌محیطی بیشترین سهم را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین بررسی محتوای کدهای استخراج‌شده نشان داد که بخش قابل توجهی از پیشران‌های شناسایی‌شده، به‌ویژه پیشرفت فناوری، پایداری زیست‌محیطی، مدیریت بهینه منابع طبیعی و تقویت امنیت غذایی، به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم در افزایش تاب‌آوری شهری نقش دارند. این عوامل با کاهش وابستگی به زنجیره‌های تأمین طولانی، افزایش پایداری تولید غذا، بهبود مدیریت منابع و افزایش توان سازگاری شهرها در برابر بحران‌های اقلیمی و اقتصادی، زمینه ارتقای تاب‌آوری سیستم‌های شهری را فراهم می‌کنند.



شکل ۳. نمودار ستونی بازدارنده‌های کشاورزی هوشمند شهری



شکل ۴. نمودار ستونی پیشران‌های کشاورزی هوشمند شهری

۵. بحث و تفسیر یافته‌ها

بحث و تفسیر یافته‌های این پژوهش بر پایه‌ی تحلیل مجموعه‌ای از بازدارنده‌ها و پیشران‌ها استوار است که بر استقرار کشاورزی هوشمند شهری با رویکرد ارتقای امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری تأثیر می‌گذارند. یافته‌ها نشان می‌دهد که استقرار این الگو نه صرفاً یک فرایند فناورانه، بلکه پدیده‌ای چندبعدی و درهم‌تنیده با ساختارهای اقتصادی، نهادی، اجتماعی و محیطی شهر است. بررسی هم‌زمان موانع و محرک‌ها آشکار می‌سازد که مسیر توسعه‌ی کشاورزی هوشمند در بستر شهری، تحت تأثیر تعامل پویای محدودیت‌های ساختاری و فرصت‌های فناوری قرار دارد و بدون درک این پویایی نمی‌توان به سیاست‌گذاری کارآمد و برنامه‌ریزی مبتنی بر شواهد دست یافت. همچنین یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که پیشران‌ها و بازدارنده‌های شناسایی شده، فراتر از تأثیرگذاری بر استقرار کشاورزی هوشمند شهری، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارتقای تاب‌آوری شهری دارند. از یک سو، بازدارنده‌های اقتصادی و مادی، محدودیت‌های فناورانه و ضعف زیرساخت‌های فنی و ارتباطی، با کاهش ظرفیت پذیرش و توسعه سامانه‌های نوین تولید غذا، موجب افزایش آسیب‌پذیری شهرها در برابر بحران‌های ناشی از اختلال در زنجیره تأمین، تغییرات اقلیمی و محدودیت منابع می‌شوند. از سوی دیگر، پیشرفت فناوری و نوآوری، پایداری زیست‌محیطی، مدیریت بهینه منابع طبیعی و تقویت امنیت غذایی، از طریق افزایش بهره‌وری، کاهش وابستگی به منابع بیرونی و بهبود پایداری سیستم‌های تولید و توزیع غذا، ظرفیت تاب‌آوری شهرها را در مواجهه با تنش‌ها و بحران‌های آینده تقویت می‌کنند. از این منظر، توسعه کشاورزی هوشمند شهری نه تنها ابزاری برای افزایش تولید غذا، بلکه راهبردی برای ارتقای تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های شهری محسوب می‌شود. با اتکا بر یافته‌های پژوهش و ادبیات نظری موجود، مهم‌ترین بازدارنده‌ها و پیشران‌های اثرگذار بر پذیرش و گسترش کشاورزی هوشمند شهری در قالب جداول ۷ و ۸ تبیین می‌شوند تا تصویری جامع از موانع، ظرفیت‌ها و مسیرهای محتمل آینده ارائه شود.

جدول ۷. بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری، سهم نسبی، تحلیل و پشتوانه‌ی پژوهشی

بازدارنده	سهم نسبی	محورهای تحلیلی کلیدی	مطالعات تأییدکننده (نمونه‌های شاخص)	پیامد برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی
اقتصادی و مادی	۲۴.۸۵	هزینه‌ی بالای زمین شهری، سرمایه‌گذاری اولیه‌ی فناوری، هزینه‌های جاری، بازده نامطمئن، طولانی بودن دوره‌ی بازگشت سرمایه	Teoh et al., 2024; Whittinghill & Sarr, 2021; Pickles et al., 2025	مشوق‌های مالی، وام‌های خرد، مشارکت عمومی - خصوصی، تخصیص فضاهای بلااستفاده‌ی شهری
امنیت سایبری و حریم خصوصی داده‌ها	۱۸.۵۶	ریسک حملات سایبری، ابهام مالکیت داده، تمرکز داده در پلتفرم‌های ابری، نگرانی‌های اخلاقی	Campoverde-Molina & Luján-Mora, 2025; Miller et al., 2025	تدوین سیاست حاکمیت داده، رمزنگاری، هوش مصنوعی غیرمتمرکز، ارتقای سواد داده
فناوری	۱۳.۱۷	دقت محدود حسگرها، نوسانات کالیبراسیون، ناسازگاری پلتفرم‌ها، دشواری یکپارچه‌سازی داده	Rajak et al., 2023; Ahoa et al., 2025; Miller et al., 2025	استانداردسازی تجهیزات، توسعه‌ی زیرساخت دیجیتال، سرمایه‌گذاری در هوش مصنوعی مقاوم به خطا
کمبود دانش و مهارت	۱۲.۱۷	ضعف مهارت عملی، پیچیدگی سیستم‌ها، نبود ظرفیت انسانی تخصصی	Amarasinghe et al., 2024; Kumar et al., 2025; Teoh et al., 2024	آموزش تخصصی، ترویج نوین، شبکه‌های یادگیری دانشگاه-دولت-صنعت
اقلیم و محیط‌زیست	۱۰.۴۸	تنش آبی، دمای بالا، فرسودگی تجهیزات، مصرف انرژی، ضایعات الکترونیکی	Miller et al., 2025; Dzvene et al., 2025	توسعه‌ی فناوری سازگار با اقلیم خشک، تجهیزات کم‌مصرف و مقاوم
زیرساخت ناکافی	۸.۰۸	ضعف اینترنت و برق، نبود زیرساخت آب و پساب، ناپایداری شبکه	Dibbern et al., 2024; Olatinwo et al., 2025	تقویت زیرساخت انرژی و ارتباطات، یکپارچه‌سازی با برنامه‌ریزی شهری
حقوقی و سیاست‌گذاری	۶.۲۹	نبود چارچوب مالکیت داده، مسئولیت هوش مصنوعی، ضعف زون‌بندی و مقررات شهری	Zampati, 2023; Yuan et al., 2022; Gavai et al., 2025	تدوین مقررات داده، شفافیت الگوریتمی، حمایت از کشاورزان خرد
فرهنگی و پذیرش اجتماعی	۴.۱۹	مقاومت ذهنی، ترس از فناوری، نگاه سنتی به کشاورزی شهری	Ivascu et al., 2021; Ilieva et al., 2022	آموزش عمومی، پروژه‌های مشارکتی، اعتمادسازی اجتماعی
اعتماد به داده و صحت داده	۱.۵۰	خطای حسگرها، نویز داده، قطعی ارتباطی، داده‌های ناهمگن	Fizza et al., 2021; Miller et al., 2025	استانداردسازی، اعتبارسنجی داده، تصفیه داده و بلاک‌چین

جدول ۸. پیشران‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری، سهم نسبی، تحلیل و پشتوانه پژوهشی

پیشران	سهم نسبی	محورهای تحلیلی کلیدی	مطالعات تأییدکننده (نمونه‌های شاخص)	پیامد برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی
پیشرفت فناوری و نوآوری	۲۷.۵۴	اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، کشت عمودی، پایش لحظه‌ای، داده‌محوری، اتوماسیون	Singh & Singh, 2024; Gupta et al., 2025	سرمایه‌گذاری در زیرساخت دیجیتال، حمایت از نوآوری، توسعه-ی اکوسیستم فناوری
پایداری زیست‌محیطی	۲۳.۹۱	کاهش مصرف آب و انرژی، کنترل نهاده‌ها، کاهش آلاینده‌ها، کاهش جزیره‌ی حرارتی	Singh & Singh, 2024; Gupta et al., 2025; Padhiary et al., 2025	پیوند کشاورزی هوشمند با سیاست‌های اقلیمی و توسعه‌ی پایدار

پیشران	سهم نسبی	محورهای تحلیلی کلیدی	مطالعات تأییدکننده (نمونه‌های شاخص)	پیامد برای سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی
افزایش دقت و بهره‌وری	۱۴.۸۶	کنترل دقیق شرایط رشد، کاهش اتلاف نهاده‌ها، ثبات کیفیت محصول	Kumar et al., 2025; Padhiary et al., 2025; Singh & Singh, 2024	ارتقای بهره‌وری واحد سطح، کاهش هزینه تولید، افزایش رقابت‌پذیری
مزایای اقتصادی	۱۲.۶۸	کاهش هزینه‌های نهاده‌ها، افزایش عملکرد، ایجاد مشاغل جدید، سودآوری بلندمدت	Bilal et al., 2023; Moghayedi et al., 2022	مشوق‌های اقتصادی، جذب سرمایه‌گذاری خصوصی، توسعه بازارهای محلی
مدیریت منابع طبیعی	۸.۷۰	مصرف بهینه‌ی آب، انرژی و کود، سیستم‌های بدون خاک، تصمیم‌گیری داده‌محور	Liu et al., 2025; Gupta et al., 2025	ادغام کشاورزی هوشمند با سیاست‌های مدیریت منابع
بهبود امنیت غذایی	۸.۳۳	تولید پایدار درون‌شهری، کاهش وابستگی به واردات، کاهش اتلاف زنجیره‌ی تأمین	Gunapala et al., 2025; Zivhave & Kornienko, 2025	تقویت تاب‌آوری غذایی، تولید محلی، برنامه‌ریزی غذایی شهری
کاهش نیاز به نیروی کار	۱.۴۵	اتوماسیون، رباتیک، کاهش خطای انسانی، کاهش هزینه‌ی دستمزد	Bazargani & Deemyad, 2024; Widianto & Juarto, 2023	حمایت از اتوماسیون، توسعه مهارت‌های جدید نیروی کار
مزیت اجتماعی	۱۰.۰۹	مشارکت اجتماعی، سرمایه‌ی اجتماعی، ارتقای سواد غذایی، کیفیت زندگی	Ilieva et al., 2022; Zhou et al., 2023; Tabrez, 2025	برنامه‌های مشارکتی، ترویج شهری، افزایش پذیرش اجتماعی
مزیت منابع و زیرساخت‌ها	۰.۷۲	زیرساخت دیجیتال، انرژی پایدار، فضاهای بلااستفاده شهری	Christmann et al., 2025; Fei et al., 2025	توسعه زیرساخت شهری، بازآفرینی فضاهای شهری
بهینه‌سازی منابع و کاهش ضایعات	۰.۷۲	کاهش هدررفت آب و نهاده‌ها، کاهش ضایعات پس از برداشت، زنجیره‌ی کوتاه	Dongyu, 2019; Sowmya et al., 2024	اقتصاد چرخشی، کاهش ضایعات غذایی، مدیریت هوشمند زنجیره تأمین

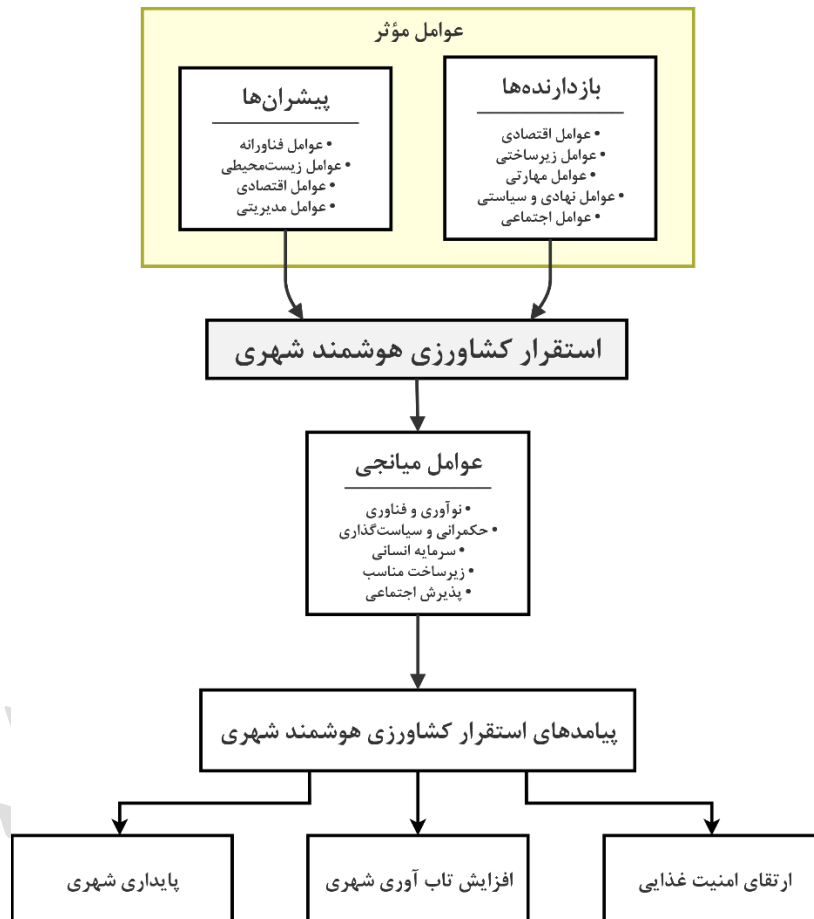
۶. مدل مفهومی و دستاورد نظری پژوهش

تحلیل شواهد حاصل از منابع منتخب نشان داد که توسعه کشاورزی هوشمند شهری تحت تأثیر همزمان پیشران‌های فناورانه، زیست‌محیطی، اقتصادی و مدیریتی و نیز بازدارنده‌های اقتصادی، زیرساختی، مهارتی، نهادی و اجتماعی قرار دارد (شکل ۵). چارچوب مفهومی پژوهش بیان می‌کند که امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری صرفاً پیامد پیشرفت فناوری نیست، بلکه حاصل هم‌افزایی میان نوآوری، سیاست‌گذاری، ظرفیت انسانی، زیرساخت‌های مناسب و پذیرش اجتماعی است. بر این اساس، استقرار موفق کشاورزی هوشمند شهری مستلزم اتخاذ رویکردی نظام‌مند و چندجانبه است که ابعاد فنی، اقتصادی، اجتماعی و حکمرانی را به‌طور هم‌زمان مدنظر قرار دهد.

۷. محدودیت‌های پژوهش

یافته‌های این پژوهش مبتنی بر تحلیل اسنادی و مرور ادبیات جهانی در حوزه‌ی کشاورزی هوشمند شهری است؛ بنابراین تعمیم مستقیم نتایج به شرایط ایران نیازمند انجام مطالعات میدانی، ارزیابی‌های اقتصادی و بومی‌سازی متناسب با ویژگی‌های اقلیمی، نهادی و زیرساختی کشور است. همچنین، محدود بودن مطالعات تجربی و موردکاوی‌های مرتبط با کشاورزی هوشمند شهری در کشورهای در حال توسعه،

از جمله محدودیت‌های پژوهش حاضر محسوب می‌شود. از این رو، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده با بهره‌گیری از داده‌های میدانی، رویکردهای کمی و مطالعات موردی، امکان اعتبارسنجی و بومی‌سازی یافته‌های حاضر را فراهم آورند.



شکل ۵. مدل مفهومی پژوهش درباره تعامل پیشران‌ها و بازدارنده‌های استقرار کشاورزی هوشمند شهری

۸. نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که روند فزاینده‌ی شهرنشینی، تشدید تغییرات اقلیمی، کاهش منابع آب و فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، به‌ویژه در کشورهایی مانند ایران، ضرورت بازاندیشی در مدل‌های تولید غذا و الگوهای توسعه شهری را بیش از هر زمان دیگری برجسته ساخته است. در چنین بستری، کشاورزی هوشمند شهری به‌عنوان بخشی کلیدی از راهبردهای شهر هوشمند، نه تنها پاسخی فناورانه به چالش‌های تولید غذا، بلکه ابزاری راهبردی برای ارتقای پایداری زیست‌محیطی، بهبود کیفیت زیست شهری، افزایش تاب‌آوری و تقویت امنیت غذایی محسوب می‌شود. یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که ادغام فناوری‌های نوین همچون اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، سامانه‌های سنجش از دور و پهپادها در نظام‌های تولیدی شهری، می‌تواند نقطه عطفی در بهینه‌سازی مدیریت منابع محدود، ارتقای دقت عملیاتی، کاهش وابستگی به روش‌های سنتی و افزایش بهره‌وری فضایی و عملکردی شهرها ایجاد کند.

با وجود این ظرفیت‌ها، تحلیل بازدارنده‌ها و پیشران‌های استخراج‌شده از ادبیات نشان می‌دهد که استقرار کشاورزی هوشمند شهری نیازمند رویکردی است که به شرایط محلی، محدودیت‌های ساختاری و ظرفیت‌های فناورانه توجه دارد. بازدارنده‌های اقتصادی و مادی، چالش‌های فناورانه، محدودیت‌های دانش و مهارت، ضعف زیرساختی، نگرانی‌های امنیت داده و کاستی‌های حقوقی و سیاستی، موانع

اصلی توسعه‌ی این رویکرد محسوب می‌شوند. این موانع نشان می‌دهند که حتی در صورت دسترسی به فناوری، نبود سازوکارهای مالی کارآمد، استانداردهای فنی، زیرساخت‌های ارتباطی پایدار و مقررات حمایتی، می‌تواند فرایند پیاده‌سازی را با کندی یا حتی شکست مواجه سازد.

در مقابل، نتایج پژوهش تأکید می‌کند که پیشران‌هایی همچون پیشرفت فناوری و نوآوری، پایداری زیست‌محیطی، افزایش بهره‌وری، مدیریت هوشمند منابع و بهبود امنیت غذایی، ظرفیت‌های چشمگیر و شتاب‌دهنده‌ای برای توسعه‌ی کشاورزی هوشمند شهری فراهم می‌کنند. بهره‌گیری از آبیاری دقیق و حسگرهای هوشمند می‌تواند مصرف آب را به شکل معناداری کاهش دهد و فناوری‌های دیجیتال قادرند نیاز به نیروی کار، ضایعات تولید و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند. افزون‌بر این، تولید غذای تازه در نزدیکی مراکز مصرف، بهبود کیفیت هوا، کاهش اثر جزایر گرمایی، ارتقای عدالت فضایی و ایجاد فرصت‌های شغلی جدید، از دستاوردهای قابل توجه این رویکرد است. این موارد نشان می‌دهد که کشاورزی هوشمند شهری تنها یک فناوری نیست، بلکه سازوکاری تحول‌آفرین برای بهبود کیفیت زندگی شهروندان و تقویت تاب‌آوری شهرهاست.

فراتر از شناسایی صرف پیشران‌ها و بازدارنده‌ها، دستاورد اصلی این پژوهش ارائه نگاهی یکپارچه به کشاورزی هوشمند شهری در چارچوب امنیت غذایی و تاب‌آوری شهری است. برخلاف بسیاری از مطالعات پیشین که عمدتاً بر فناوری‌های منفرد، کشاورزی عمودی یا جنبه‌های فنی تمرکز داشته‌اند، این پژوهش با تحلیل نظام‌مند ادبیات موجود و تجمیع کدهای استخراج‌شده از منابع منتخب، نشان داد که استقرار موفق کشاورزی هوشمند شهری حاصل بهم‌کنش هم‌زمان عوامل فناورانه، اقتصادی، نهادی، زیرساختی و اجتماعی است. بر این اساس، کشاورزی هوشمند شهری نباید صرفاً به‌عنوان یک فناوری تولید غذا تلقی شود، بلکه باید آن را بخشی از نظام تاب‌آوری و پایداری شهری دانست که تحقق آن نیازمند هم‌افزایی میان نوآوری فناورانه، سیاست‌گذاری حمایتی، توسعه زیرساخت‌ها و ارتقای ظرفیت‌های انسانی است. این نگرش را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین ارزش افزوده و دستاورد نظری پژوهش حاضر قلمداد کرد. در مجموع، این پژوهش نشان داد که آینده‌ی کشاورزی هوشمند شهری در گرو ترکیب سازگارانه‌ی سه عنصر است: سیاست‌گذاری هوشمند، زیرساخت فناورانه‌ی تقویت‌شده و سرمایه‌ی انسانی توانمند. برنامه‌ریزان و مدیران شهری می‌توانند با اتخاذ سیاست‌های حمایتی، ایجاد مشوق‌های مالی، استانداردسازی فناوری‌ها، توسعه‌ی زیرساخت‌های دیجیتال و گسترش برنامه‌های آموزشی، مسیر استقرار این رویکرد نوین را هموار سازند. پیوند میان فناوری‌های پیشرفته، دانش بومی و برنامه‌ریزی یکپارچه‌ی شهری، بستری فراهم می‌کند که در آن شهرها می‌توانند هم‌زمان پویایی اقتصادی، عدالت اجتماعی و پایداری زیست‌محیطی را محقق کنند. بر این اساس، کشاورزی هوشمند شهری قادر است به‌عنوان یکی از بازوهای اصلی تحول شهرهای ایران، حرکت به سوی آینده‌ای تاب‌آور، سبز و هوشمند را تسریع بخشد.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله نویسندگان به سهم برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

مقاله‌ی حاضر، حامی مادی و معنوی نداشته است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

منابع

- Aborujilah, A. (2025). Towards Sustainable Vertical Farming: A Systematic Review of Energy Return on Investment Efficiency and Optimization Strategies. *Sustainability*, 17(18), 8142. <https://doi.org/10.3390/su17188142>
- Ahoa, E., Kassahun, A., Verdouw, C., & Tekinerdogan, B. (2025). Challenges and Solution Directions for the Integration of Smart Information Systems in the Agri-Food Sector. *Sensors*, 25(8), 2362. <https://doi.org/10.3390/s25082362>
- Amarasinghe, A. A. Y., Amarasinghe, S. T. C., & Polwaththa, K. P. G. D. M. (2024). Biotechnological tools in precision and smart agriculture: Innovations, sustainability, and economic impacts. *International Journal of Research in Agronomy*, 7(12), 727-734. <https://doi.org/10.33545/2618060x.2024.v7.i12i.2251>
- Arabzadeh, J., Bolkhari Ghehi, H., Mofidi Shemirani, S. M., Etesami, I., Shahcheraghi, A. (2023). Planning smart vegetated surfaces inform of House Vertical Farm in Iranian residence and urban spaces. *Journal of Regional Planning*, 12(48), 271-288. <https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.27478.3861> [In Persian]
- Avasthi, S., Chauhan, R., & Tripathi, S. L. (2025). Artificial intelligence-powered agriculture and sustainable practices in developing countries. In *Hyperautomation in Precision Agriculture* (pp. 49-62). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-24139-0.00005-9>
- Bagheri, N. (2021). The role of remote sensing technology in the advancement of smart agriculture. *Journal of Agricultural Information Science and Technology*, 3(2), 1-9. <https://doi.org/10.22092/aistj.2021.356748.1054> [In Persian]
- Balouchi, E., Behboudi, M. R., & Torabi, M. (2021). Designing a smart city model inspired by the assumptions of new public service and evaluating its infrastructural components in the municipality of Bandar Abbas. *Iranian Journal of Public Management Studies*, 4(2), 159-189. <https://doi.org/10.22034/jipas.2022.295680.1202> [In Persian]
- Bazargani, K., & Deemyad, T. (2024). Automation's Impact on Agriculture: Opportunities, Challenges, and Economic Effects. *Robotics*, 13(2), 33. <https://doi.org/10.3390/robotics13020033>
- Bilal, M., Tayyab, M., Hamza, A., Shahzadi, K., & Rubab, F. (2023). The Internet of Things for Smart Farming: Measuring Productivity and Effectiveness. *Engineering Proceedings*, 58(1), 106. <https://doi.org/10.3390/ecsa-10-16012>
- Campoverde-Molina, M., & Luján-Mora, S. (2025). Cybersecurity in smart agriculture: A systematic literature review. *Computers & Security*, 150, 104284. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.104284>
- Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Chowdhury, H., Argha, D. B. P., & Ahmed, M. A. (2023). Artificial intelligence in sustainable vertical farming. *arXiv preprint arXiv:2312.00030*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.00030>
- Christmann, A. S., Graf-Drasch, V., & Schäfer, R. (2025). Smart Urban Agriculture: A.-S. Christmann et al. *Business & Information Systems Engineering*, 67(2), 247-264. <https://doi.org/10.1007/s12599-024-00863-w>
- De Alwis, S., Hou, Z., Zhang, Y., Na, M. H., Ofoghi, B., & Sajjanhar, A. (2022). A survey on smart farming data, applications and techniques. *Computers in Industry*, 138, 103624. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103624>
- Dibbern, T., Romani, L. A. S., & Massruhá, S. M. F. S. (2024). Main drivers and barriers to the adoption of Digital Agriculture technologies. *Smart Agricultural Technology*, 8, 100459. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100459>
- Dongyu, Q. (2019). Moving forward on reducing food loss and waste. In J. von Braun, M. Sánchez Sorondo, & R. Steiner (Eds.), *Reduction of food loss and waste* (Scripta Varia No. 147, pp. 25-32). Pontifical Academy of Sciences. <https://doi.org/10.18356/32f21f8c-en>
- Dzvene, A. R., Zhou, L., Slayi, M., & Dirwai, T. L. (2025). A scoping review on challenges and measures for climate change in arid and semi-arid agri-food systems. *Discover Sustainability*, 6(1), 151. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00945-z>
- Farrokhi, G., & Gapeleh, M. (2019). Smart farming based on Internet of Things. *Roshd-e Fanavari*, 15(59), 29-36. <https://doi.org/10.52547/jstpi.20750.15.59.29> [In Persian]

- Fei, S., Wu, R., Liu, H., Yang, F., & Wang, N. (2025). Technological innovations in urban and peri-urban agriculture: Pathways to sustainable food systems in metropolises. *Horticulturae*, 11(2), 212. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020212>
- Ferreira, A. C. D. A., Titotto, S. L. M. C., & Akkari, A. C. S. (2022). Urban agriculture 5.0: an exploratory approach to the food system in a super smart society. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 7(4), 455. <https://doi.org/10.33889/ijmems.2022.7.4.030>
- Fizza, K., Jayaraman, P. P., Banerjee, A., Georgakopoulos, D., & Ranjan, R. (2021). Evaluating sensor data quality in Internet of Things smart agriculture applications. *IEEE Micro*, 42(1), 51-60. <https://doi.org/10.1109/mm.2021.3137401>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). *How to feed the world in 2050*. FAO. https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- Gavai, A. K., Bouzembrak, Y., Xhani, D., Sedrakyan, G., Meuwissen, M. P., Souza, R. G. S., ... & van Hillegersberg, J. (2025). Agricultural data Privacy: Emerging platforms & strategies. *Food and Humanity*, 4, 100542. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100542>
- Ghasemloo, N., Matkan, A. A., Alimohammadi Sarab, A., Aghighi, H., & Mirbagheri, B. (2024). Application of Internet of Things technology in collecting environmental information of agricultural lands using the Sensor Observation Service. *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 14(4), 50–70. <https://doi.org/10.30495/girs.2023.691226> [In Persian]
- Gholami Nourabad, H., Mirehei, M., & Javid, A. (2023). Explaining the smart governance model with a participatory approach in urban decision-making (Case study: Tehran). *Spatial Planning and Geomatics*, 26(1), 119–139. <https://doi.org/10.50541/HSMSP.26.1.113> [In Persian]
- Gunapala, R., Gangahagedara, R., Wanasinghe, W. C. S., Samaraweera, A. U., Gamage, A., Rathnayaka, C., ... & Merah, O. (2025). Urban agriculture: A strategic pathway to building resilience and ensuring sustainable food security in cities. *Farming System*, 3(3), Article 100150. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2025.100150>
- Gupta, S., Chowdhury, S., Govindaraj, R., Amesho, K. T., Shangdiar, S., Kadhila, T., & Iikela, S. (2025). Smart Agriculture Using IoT for Automated Irrigation, Water and Energy Efficiency. *Smart Agricultural Technology*, 12, 101081. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101081>
- Hakimi, H. (2023). Vertical farming: A smart agriculture solution to the land crisis. *Journal of Agricultural Information Science and Technology*, 5(2), 11–19. <https://doi.org/10.22092/jaist.2023.361667.1085> [In Persian]
- Halvey, M. R., Santo, R. E., Lupolt, S. N., Dilka, T. J., Kim, B. F., Bachman, G. H., Clark, J. K., & Nachman, K. E. (2021). Beyond backyard chickens: A framework for understanding municipal urban agriculture policies in the United States. *Food Policy*, 103, 102013. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.102013>
- Hardman, M., Clark, A., & Sherriff, G. (2022). Mainstreaming urban agriculture: Opportunities and barriers to upscaling city farming. *Agronomy*, 12(3), 601. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030601>
- Hatami A, sasanpour F, ziparo A, soleymani M. (2021). Smart Sustainable City: Concept, Aspects and Indices. *Applied Research in Geographical Sciences*, 21(60), 315-339. <https://doi.org/10.52547/jgs.21.60.315> [In Persian]
- Hesabi, f., Jafarpanah, I., Karshenas, A., & Ahmadzadeh, M. h. (2023). Technological Trends collection In Smart Agriculture. *Journal of Entrepreneurial Strategies Agriculture*, 10(2), 100-115. <https://doi.org/10.61186/jea.10.20.94> [In Persian]
- Huang, A., & Chang, F.-J. (2021). Prospects for rooftop farming system dynamics: An action to stimulate water-energy-food nexus synergies toward green cities of tomorrow. *Sustainability*, 13(16), 9042. <https://doi.org/10.3390/su13169042>
- Ilieva, R. T., Cohen, N., Israel, M., Specht, K., Fox-Kämper, R., Fargue-Lelièvre, A., Ponizy, L., Schoen, V., Caputo, S., Kirby, C. K., Goldstein, B., Newell, J. P., & Blythe, C. (2022). The Socio-Cultural Benefits of Urban Agriculture: A Review of the Literature. *Land*, 11(5), 622. <https://doi.org/10.3390/land11050622>

- Ivascu, L., Frank Ahimaz, D., Arulanandam, B. V., & Tirian, G.-O. (2021). The perception and degree of adoption by urbanites towards urban farming. *Sustainability*, 13(21), 12151. <https://doi.org/10.3390/su132112151>
- Jamshidi, B., Dehghani Sanij, H., & Kazem Aliloo, V. (2023). Cost-effective smart agriculture technologies for small-scale farmers. *Journal of Agricultural Information Science and Technology*, 6(2), 45–54. <https://doi.org/10.22092/jaist.2023.364219.1108> [In Persian]
- Jozay, M., & Tehranifar, A. (2026). Vertical green systems in smart cities: A comprehensive review of design, functionality and environmental impacts. In *Proceedings of the 9th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran. (Tabriz, Iran)* <https://isnac.ir/ABFF-ABDECH>
- Kumar, S. N., Suriyan, K., Jacob, A. T., Varghese, A., & Francis, E. (2025). Smart farming for a sustainable future: implementing IoT-based systems in precision agriculture. *Bulletin of the National Research Centre*, 49(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01366-8>
- Liu, L., Cheng, W., & Kuo, H.-W. (2025). A Narrative Review on Smart Sensors and IoT Solutions for Sustainable Agriculture and Aquaculture Practices. *Sustainability*, 17(12), 5256. <https://doi.org/10.3390/su17125256>
- Malekinejad, H., Mohammadzadeh, F., & Taherpour, M. (2020). The role of urban agriculture in increasing agricultural productivity and food security. *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 8(3), 43–58. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.24235970.1399.8.3.2.1> [In Persian]
- Marvin, S., Rickards, L., & Rutherford, J. (2024). The urbanisation of controlled environment agriculture: Why does it matter for urban studies?. *Urban Studies*, 61(8), 1430-1450. <https://doi.org/10.1177/00420980231200991>
- Miller, T., Mikiciuk, G., Durlik, I., Mikiciuk, M., Łobodzińska, A., & Śnieg, M. (2025). The IoT and AI in Agriculture: The Time Is Now—A Systematic Review of Smart Sensing Technologies. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 25(12), 3583. <https://doi.org/10.3390/s25123583>
- Mirzaeipour, F., Zare, S., & Zare, S. (2025). Urban smart agriculture: A revolutionary future in sustainable food production in cities. In *Proceedings of the First National Conference on Advances in Urban Planning, Architecture, and Civil Engineering* (Sari, Iran). <https://civilica.com/doc/2384089> [In Persian]
- Moghayedi, A., Richter, I., Owoade, F. M., Kapanji-Kakoma, K. K., Kaliyadasa, E., Francis, S., & Ekpo, C. (2022). Effects of urban smart farming on local economy and food production in urban areas in African cities. *Sustainability*, 14(17), 10836. <https://doi.org/10.3390/su141710836>
- Mohammadpour, M. (2024). Internet of Things and smart agriculture. *Journal of Agricultural Information Science and Technology*, 7(1), 69–76. <https://doi.org/10.22092/jaist.2024.365193.1115> [In Persian]
- Nasiri Zare, S., Riahi, V., & Afrakhteh, H. (2025). An Approach To Subject Smart Agriculture Focused on Scientific Research in the SCOPUS Database. *Journal of Rural Research*, 16(3), 73-89. <http://doi.org/10.22059/jrur.2025.375780.1939> [In Persian]
- Oh, S., & Lu, C. (2023). Vertical farming-smart urban agriculture for enhancing resilience and sustainability in food security. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 98(2), 133-140. <https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2141666>
- Olatinwo, D. D., Myburgh, H. C., De Freitas, A., & Abu-Mahfouz, A. M. (2025). A Review of Smart Crop Technologies for Resource Constrained Environments: Leveraging Multimodal Data Fusion, Edge-to-Cloud Computing, and IoT Virtualization. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 14(5), 99. <https://doi.org/10.3390/jsan14050099>
- Padhiary, M., Kumar, A., & Sethi, L. N. (2025). Emerging technologies for smart and sustainable precision agriculture. *Discover Robotics*, 1(1), 6. <https://doi.org/10.1007/s44430-025-00006-0>
- Parvin, F., Ghazinoory, S., Khosravi, E., & Karaji, F. (2025). Analyzing factors affecting smart city governance. *Governance and Development Journal*, 5(2), 73–98. <https://doi.org/10.22111/JIPAA.2025.475843.1210> [In Persian]
- Pickles, S., Stefoska-Needham, A., Charlton, K. (2025). Factors influencing the economic sustainability and viability of soil-based urban and peri-urban agricultural enterprises in OECD countries: a scoping

- review. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 40(27), 1-26. <https://doi.org/10.1017/s1742170525100094>
- Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100776. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>
- Sabet, F., Mohammadpour, M. (2022). Smart farming. *Extension Journal of Agricultural Information Science and Technology*, 4(7), 58-49. <https://doi.org/10.22092/aistj.2022.359077.1067> [In Persian]
- Senthamizh, R. (2025). Urban agriculture in a changing world: a thematic review of global trends, innovations, governance, and pathways to sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1624426. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1624426>
- Shon, D., Lee, E., Lee, Y., Lee, J., & Byun, N. (2023). Characteristics of smart farms for architectural planning and design. *Buildings*, 13(1), 93. <https://doi.org/10.3390/buildings13010093>
- Singh, R., & Singh, K. K. (2024). Enhancing Agricultural Efficiency Through Smart Farming and Internet of Things Enabled Precision Agriculture. *Agricultural Science Digest*, 1-6. <https://doi.org/10.18805/ag.d-6039>
- Sørensen, C.A.G., Kateris, D., Bochtis, D. (2019). ICT Innovations and Smart Farming. In: Salampasis, M., Bournaris, T. (eds) *Information and Communication Technologies in Modern Agricultural Development*. HAICTA 2017. Communications in Computer and Information Science, vol 953. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12998-9_1
- Sowmya, C., Anand, M., Indu Rani, C., Amuthaselvi, G., & Janaki, P. (2024). Recent developments and inventive approaches in vertical farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1400787. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1400787>
- Steenkamp, J., Cilliers, E. J., Cilliers, S. S., & Lategan, L. (2021). Food for thought: Addressing urban food security risks through urban agriculture. *Sustainability*, 13(3), 1267. <https://doi.org/10.3390/su13031267>
- Suma, N., Samson, S. R., Saranya, S., Shanmugapriya, G., & Subhashri, R. (2017). IOT based smart agriculture monitoring system. *International Journal on Recent and Innovation Trends in computing and communication*, 5(2), 177–181. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v9i1.5452>
- Tabrez, Z. (2025). Sustainable cities: enhancing food systems with urban agriculture. *Discover Food*, 5(1), 173. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00439-x>
- Teoh, S. H., Wong, G. R., & Mazumdar, P. (2024). A review on urban farming: Potential, challenges and opportunities. *Innovations in Agriculture*, 7, 1–11. <https://doi.org/10.3897/ia.2024.127816>
- Tosan, M., Khashaei Siuki, A., Maroosi, A., & Gharib, M. R. (2024). A review of smart water management in the implementation of sustainable agriculture based on the Internet of Things. *Water Management in Agriculture*, 11(1), 145–166. https://wmaj.iaid.ir/article_185939_6fd335e386071bedb12c0f2102199248.pdf [In Persian]
- Van Gerrewey, T., Boon, N., & Geelen, D. (2021). Vertical farming: The only way is up?. *Agronomy*, 12(1), 2. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010002>
- Verma, S., Kumar, A., Kumari, M., Kumar, N., Hansda, S., Saurabh, A., ... & Rathore, S. D. (2024). A Review on Hydroponics and Vertical Farming for Vegetable Cultivation: Innovations and Challenges. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(12), 801-821. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i123190>
- Virk, A. L., Noor, M. A., Fiaz, S., Hussain, S., Hussain, H. A., Rehman, M., Ahsan, M., & Ma, W. (2020). Smart farming: an overview. In *Smart village technology: concepts and developments*, vol 17. (pp. 191–201). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37794-6_10
- Whittinghill, L., & Sarr, S. (2021). Practices and Barriers to Sustainable Urban Agriculture: A Case Study of Louisville, Kentucky. *Urban Science*, 5(4), 92. <https://doi.org/10.3390/urbansci5040092>
- Yuan, G. N., Marquez, G. P. B., Deng, H., Iu, A., Fabella, M., Salonga, R. B., ... & Cartagena, J. A. (2022). A review on urban agriculture: technology, socio-economy, and policy. *Heliyon*, 8(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11583>

- Zadouli Khajeh, S., & Asadi, A. (2024). Identifying the influential components on the development of urban agriculture using a futures studies approach (Case study: Tabriz). *Journal of Geographical Engineering of Territory*, 9(2), 53–70. <https://doi.org/10.22034/jget.2024.440527.1535> [In Persian]
- Zampati, F. (2023). Ethical and legal considerations in smart farming: A farmer's perspective. In *Towards responsible plant data linkage: data challenges for agricultural research and development* (pp. 257-272). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13276-6_13
- Zaręba, A., Krzemińska, A., & Kozik, R. (2021). Urban vertical farming as an example of nature-based solutions supporting a healthy society living in the urban environment. *Resources*, 10(11), 109. <https://doi.org/10.3390/resources10110109>
- Zhou, Y., Wei, C., & Zhou, Y. (2023). How does urban farming benefit participants? Two case studies of the Garden City Initiative in Taipei. *Land*, 12(1), 55. <https://doi.org/10.3390/land12010055>
- Zikri, F. (2024). Smart Urban Farming 5.0: Integration of Vertical Farming Automation and Solar Panels for Maximum Energy Efficiency and Productivity in Major Cities in Indonesia. *Agricultural Power Journal*, 1(3), 52-62. <https://doi.org/10.70076/apj.v1i3.82>
- Zivhave, M., & Kornienko, K. (2025). Urban Agriculture's 'Invisible' Short Food Value Chain: How Small-scale Farming Contributes to Johannesburg Food Security. In *Urban Forum* (Vol. 36, No. 1, pp. 91-113). Dordrecht: Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s12132-024-09521-6>