

ارتقای مدیریت پسماند شهری با رویکرد کشاورزی شهری و استفاده مجدد منابع آلی

نوید فرحی جهرمی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۰ تاریخ چاپ: ۱۴۰۴/۰۷/۳۰

چکیده

مدیریت پسماند شهری به عنوان یکی از مهم ترین چالش های زیست محیطی و اقتصادی شهرهای امروز، نیازمند رویکردهایی نوآورانه و پایدار است که بتواند چرخه تولید، مصرف و بازیافت را در چارچوب توسعه پایدار سامان دهد. در این میان، بهره گیری از ظرفیت های کشاورزی شهری و استفاده مجدد از منابع آلی موجود در پسماندها، می تواند گامی مؤثر در جهت کاهش حجم زباله، بهبود کیفیت محیط زیست، ارتقای امنیت غذایی و کاهش هزینه های مدیریت شهری باشد. کشاورزی شهری نه تنها فرصتی برای بازتولید مواد آلی و بازگرداندن آن ها به چرخه طبیعی است، بلکه با ایجاد اشتغال سبز، افزایش تعاملات اجتماعی و ارتقای کیفیت زندگی شهری نیز همراه است. این مقاله با تکیه بر ادبیات نظری و تجربیات موفق جهانی، به بررسی ابعاد مختلف مدیریت پسماند شهری با رویکرد کشاورزی شهری می پردازد و نشان می دهد که چگونه می توان از پسماندهای آلی به عنوان منبعی ارزشمند برای تولید کمپوست، کود زیستی و سوخت های سبز استفاده کرد. همچنین، سیاست ها و سازوکارهای نهادی لازم برای اجرای این الگو در شهرهای ایران مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج پژوهش بیانگر آن است که تلفیق نظام مدیریت پسماند با برنامه های کشاورزی شهری می تواند به شکل مؤثری از فشار بر سیستم های دفع زباله بکاهد، به احیای اکوسیستم های شهری کمک کند و نقش مهمی در تحقق شهر پایدار و تاب آور ایفا نماید.

واژگان کلیدی

مدیریت پسماند شهری؛ کشاورزی شهری؛ پایداری محیط زیست؛ منابع آلی؛ بازیافت؛ اقتصاد دایره ای؛ توسعه پایدار

۱. رشته تحصیلی فوق لیسانس مدیریت کشاورزی. پست سازمانی کارشناس خدمات شهری (کارشناس ارشد) شهرداری جهرم.

مقدمه

رشد فزاینده شهرنشینی در دهه‌های اخیر، تغییر الگوهای مصرف، گسترش صنایع و افزایش سطح رفاه نسبی شهروندان، منجر به افزایش چشمگیر حجم پسماندهای شهری شده است. به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه نظیر ایران، ضعف در نظام تفکیک از مبدأ، ناکارآمدی ساختار جمع‌آوری و دفن و نبود برنامه‌ریزی یکپارچه برای بازیافت مؤثر، چالش‌های گسترده‌ای را در حوزه محیط‌زیست شهری به وجود آورده است. در چنین شرایطی، مدیریت پسماند دیگر صرفاً یک وظیفه خدماتی شهرداری‌ها تلقی نمی‌شود، بلکه بخشی از نظام حکمرانی شهری و زیربنای توسعه پایدار شهری محسوب می‌شود (حسینی، ۱۴۰۰، ص. ۳۲).

در رویکردهای نوین برنامه‌ریزی شهری، پسماند نه به‌عنوان زباله، بلکه به‌عنوان منبعی ارزشمند و قابل بازیافت تلقی می‌شود. بخش عمده‌ای از پسماندهای تولیدشده در شهرهای ایران - که بین ۶۰ تا ۷۰ درصد آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد - قابلیت استفاده مجدد در کشاورزی شهری و تولید محصولات پایدار را دارد (UN-Habitat, 2022, p. 17). از این منظر، کشاورزی شهری نه تنها می‌تواند در کاهش حجم زباله‌های آلی نقش‌آفرینی کند، بلکه به بهبود کیفیت خاک، تقویت امنیت غذایی، افزایش تاب‌آوری محیط‌زیست شهری و ارتقای کیفیت زندگی ساکنان نیز کمک می‌کند. در بسیاری از شهرهای توسعه‌یافته، سیاست‌گذاران توانسته‌اند با تلفیق نظام مدیریت پسماند و کشاورزی شهری، به‌نوعی اقتصاد دایره‌ای در سطح محلی دست یابند؛ به این معنا که مواد آلی حاصل از زباله‌های خانگی به کمپوست یا کود آلی تبدیل شده و مجدداً در تولید سبزیجات و گیاهان شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Wilson et al., 2015, p. 103). در مقابل، در اغلب شهرهای ایران، فرایند دفع پسماند هنوز به‌صورت دفن یا سوزاندن انجام می‌شود که پیامدهای زیست‌محیطی قابل توجهی همچون آلودگی خاک، تولید گاز متان و تهدید سلامت عمومی را به دنبال دارد (موسوی، ۱۴۰۱، ص. ۵۸).

بر اساس گزارش سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور (۱۴۰۲)، روزانه بیش از ۵۰ هزار تن پسماند در شهرهای ایران تولید می‌شود که نزدیک به ۷۰ درصد آن را مواد آلی تشکیل می‌دهد. این رقم به‌خوبی نشان می‌دهد که ظرفیت بالقوه عظیمی برای بازیافت و استفاده مجدد از منابع آلی در کشاورزی شهری وجود دارد؛ اما دستیابی به این هدف نیازمند تغییر نگرش از «مدیریت دفع» به «مدیریت منابع» است؛ تغییری که در چارچوب نظریه اقتصاد دایره‌ای و اصول توسعه پایدار تبیین می‌شود (Ellen MacArthur Foundation, 2020, p. 9).

اقتصاد دایره‌ای بر این فرض استوار است که ضایعات، ورودی‌های تولید آینده‌اند و چرخه مواد باید تا حد امکان در سیستم باقی بماند. در این چارچوب، پسماندهای شهری به‌ویژه پسماندهای آلی، می‌توانند با تبدیل به کمپوست یا کود زیستی، جایگزین بخشی از نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی شهری شوند. این فرایند علاوه بر کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و دفن، موجب کاهش وابستگی به نهاده‌های شیمیایی، ارتقای سلامت خاک و تقویت تنوع زیستی در محیط شهری می‌شود (Lehmann et al., 2019, p. 77).

از سوی دیگر، کشاورزی شهری به‌عنوان بخشی از نظام اجتماعی و زیست‌محیطی شهر، فرصتی برای افزایش تعاملات اجتماعی و مشارکت شهروندان در مدیریت منابع فراهم می‌آورد. مشارکت داوطلبانه در طرح‌های تفکیک از مبدأ، آموزش عمومی برای بازیافت و استفاده از کمپوست خانگی و گسترش باغ‌های شهری از جمله اقداماتی است که می‌تواند پیوند میان شهروندان و محیط‌زیست را تقویت کند (رضایی، ۱۳۹۹، ص. ۹۰). تجربه شهرهایی چون «کوریجیا»

در برزیل، «سئول» در کره جنوبی و «برلین» در آلمان، نشان می‌دهد که با طراحی سیاست‌های انگیزشی مناسب، می‌توان از ظرفیت‌های کشاورزی شهری برای بازیافت مؤثر منابع آلی و کاهش فشار بر سامانه‌های مدیریت پسماند بهره گرفت. در ایران نیز برخی شهرداری‌ها در سال‌های اخیر اقداماتی در این زمینه آغاز کرده‌اند؛ برای مثال، پروژه‌های تولید کمپوست در شهرهای تهران، مشهد و اصفهان نمونه‌هایی از تلاش برای تبدیل پسماندهای آلی به منابع ارزشمند هستند. با این حال، چالش‌هایی چون نبود چارچوب حقوقی منسجم، ضعف در آموزش عمومی، کمبود زیرساخت‌های تفکیک و ناپایداری اقتصادی پروژه‌ها، مانع از تحقق کامل این الگو شده است (شرکت مدیریت پسماند شهرداری تهران، ۱۴۰۲).

هدف اصلی این مقاله، بررسی راهکارهای ارتقای مدیریت پسماند شهری از طریق به کارگیری ظرفیت‌های کشاورزی شهری و استفاده مجدد از منابع آلی است. برای نیل به این هدف، ابتدا مبانی نظری مرتبط با مدیریت پسماند، کشاورزی شهری و اقتصاد دایره‌ای تبیین می‌شود. سپس با مرور تجربیات موفق جهانی و تحلیل وضعیت موجود در ایران، راهکارهایی برای تلفیق این دو حوزه ارائه می‌گردد.

بنابراین، پرسش اصلی مقاله این است که:

چگونه می‌توان با رویکرد کشاورزی شهری، نظام مدیریت پسماند را از وضعیت دفع‌محور به نظامی مبتنی بر بازچرخانی منابع و پایداری زیست‌محیطی ارتقا داد؟

پاسخ به این پرسش، مستلزم درک عمیق از پیوندهای میان پسماند، محیط‌زیست، کشاورزی و حکمرانی شهری است. از این رو، این پژوهش درصدد است نشان دهد که مدیریت پسماند در عصر جدید، نه صرفاً به عنوان وظیفه‌ای خدماتی بلکه به عنوان بخشی از راهبرد کلان توسعه پایدار و خودکفایی شهری باید بازتعریف شود.

مبانی نظری و ادبیات پژوهش

۱. مدیریت پسماند شهری

۱,۱ مقدمه و جایگاه موضوع

مدیریت پسماند شهری (Urban Solid Waste Management) به مجموعه‌ای از فرایندها و سازوکارهایی گفته می‌شود که شامل تولید، جمع‌آوری، حمل، پردازش، بازیافت، دفع نهایی و کنترل‌های نظارتی بر پسماندها در حوزه شهری است. با رشد شهری و تغییر الگوهای مصرف، نگرانی‌ها درخصوص پیامدهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی پسماندها افزایش یافته است؛ بنابراین مدیریت پسماند به عنوان یکی از ستون‌های کلیدی توسعه شهری پایدار مطرح شده است. (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012; UN-Habitat, 2022)

در این بخش ابتدا تعاریف و مفاهیم کلیدی مرور می‌شود، سپس تاریخچه و سیر تحول مدیریت پسماند در سطح جهانی و الگوهای رایج بررسی می‌گردد، پس از آن نظام‌های طبقه‌بندی پسماند و جریان مواد تبیین می‌شود و در پایان شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی عملکرد مدیریت پسماند معرفی می‌شوند.

۱,۲ تعاریف و مفاهیم کلیدی

پسماند شهری (Municipal Solid Waste - MSW): مواد جامد، نیمه‌جامد و گاهی مایعی که در پی فعالیت‌های خانگی، تجاری، اداری و خدماتی تولید می‌شود و نیازمند مدیریت بوده و معمولاً توسط شهرداری‌ها یا پیمانکاران تحت قرارداد با شهرداری جمع‌آوری می‌گردد. (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012)

مدیریت پسماند شهری: فرایند جامع مدیریت چرخه پسماند از تولید تا دفع نهایی، با اهداف کاهش حجم، بازیافت، بازیابی ارزش و جلوگیری از اثرات زیست محیطی و بهداشتی.

کاهش منبع: (Waste Prevention) اقداماتی که تولید پسماند را در منبع کاهش می دهد (مثلاً طراحی محصولات با دوام تر، بسته بندی کمتر)

تفکیک از مبدأ: جداسازی انواع پسماند (آلی، خشک/قابل بازیافت، خطرناک) در محل تولید جهت افزایش کارایی بازیافت.

دفع نهایی: روش هایی مانند دفن مهندسی شده، سوزاندن با بازیافت انرژی، یا سایر فناوری های پایدار که پس از فرایندهای ارزش یابی انجام می شود.

اقتصاد دایره ای: (Circular Economy) چارچوبی که هدفش حفظ ارزش مواد و کاهش ضایعات از طریق بازطراحی، بازتولید، بازیافت و استفاده مجدد است. (Ellen MacArthur Foundation, 2020)

۱,۳ تاریخچه و سیر تحول مدیریت پسماند

مدیریت پسماند به عنوان فعالیت شهری ریشه های تاریخی دارد (از پاکسازی خیابان ها در شهرهای باستان تا دفن غیررسمی در دوران مدرن)؛ اما شکل سازمان یافته آن از اوایل قرن بیستم و با رشد شهرها و نیاز به بهداشت عمومی شکل گرفت. در نیمه دوم قرن بیستم تمرکز بر جمع آوری و دفع ایمن بود؛ از دهه های اخیر میلادی با رشد آگاهی زیست محیطی و بحران های پسماند، رویکردها تحول یافته و به سمت کاهش، بازیافت، تبدیل انرژی و اقتصاد دایره ای حرکت کرده اند. (Kibert, 2016)

نمونه های شاخص در جهان:

مدل «جمع آوری و دفع» کلاسیک: تمرکز بر جمع آوری به موقع و دفن مهندسی شده؛ متداول در دهه های ۱۹۵۰-۱۹۸۰. مدل «کاهش و بازیافت»: توسعه تفکیک از مبدأ، شبکه های بازیافت و کمپوستینگ، نمونه موفق در ژاپن و برخی کشورهای اروپایی.

مدل «تبدیل به انرژی (WTE) و مدیریت یکپارچه»: استفاده از فناوری های سوزاندن با بازیابی انرژی در کنار تفکیک و بازیافت. (Nasir et al., 2017)

۱,۴ طبقه بندی پسماندها و ویژگی های مواد

برای طراحی سامانه های مدیریت مناسب لازم است پسماندها بر اساس منطق فنی و مدیریتی طبقه بندی شوند. چند معیار مرسوم:

منشأ: خانگی/شهروندی، تجاری، صنعتی، پزشکی، ساختمانی، کشاورزی.

ماهیت فیزیکی: جامد، نیمه جامد، مایع.

قابلیت تجزیه زیستی: آلی (قابل کمپوست) و معدنی/غیرعضوی.

خطر آفرینی: خطرناک (مواد شیمیایی، طبعی) و غیرخطرناک.

قابلیت بازیافت: قابل بازیافت (کاغذ، پلاستیک، شیشه، فلز) و غیرقابل بازیافت.

ویژگی‌های کلیدی مواد که بر فناوری‌های مدیریت اثرگذارند: رطوبت، محتوای آلی، دانسیته، ترکیب شیمیایی (مثلاً SSC، فلزات سنگین)، ویژگی‌های احتراق (برای WTE) و احتمال تولید گاز متان در دفن. در شهرهای با سهم بالای مواد آلی (مثلاً ایران)، ظرفیت کمپوستینگ و بیومتان‌سازی اهمیت ویژه‌ای دارد. (Lehmann et al., 2019)

۱,۵ اصول و اهداف مدیریت پسماند شهری

مدیریت پسماند باید فراتر از حذف زباله تلقی شود. اصول راهنما و اهداف کلان عبارت‌اند از: پیشگیری (Prevention): کاهش تولید پسماند در منبع و طراحی محصول. بازیافت و ارزش‌یابی (Recovery): بازیافت مواد و تبدیل پسماند به منبع (کمپوست، انرژی، خوراک دام) دفع ایمن (Disposal): زمانی که امکان بازیافت نیست، دفع با کمترین تأثیر زیست‌محیطی. اقتصادپذیری و پایداری مالی: توجیه اقتصادی و تأمین منابع مالی پایدار برای خدمات پسماند. شرکت و مشارکت اجتماعی: جلب مشارکت جامعه در تفکیک، کاهش و استفاده مجدد. حکمرانی خوب و شفافیت: قوانین، مقررات، نقش‌آفرینی نهادها و گزارش‌پذیری. (UN-Habitat, 2022) اهداف عملیاتی معمول شامل کاهش دفن نهایی، افزایش نرخ بازیافت، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، ارتقای بهداشت عمومی و ایجاد ارزش اقتصادی از چرخه مواد است.

۱,۶ مدل‌های نظری و چارچوب‌های مفهومی

چند چارچوب نظری که به تحلیل مدیریت پسماند کمک می‌کنند:

۱,۶,۱ هرم مدیریت پسماند (Waste Hierarchy)

این هرم اولویت‌ها را به ترتیب نشان می‌دهد: پیشگیری < آماده‌سازی برای استفاده مجدد < بازیافت < بازیابی انرژی < دفع. چارچوب پایه‌ای سیاست‌گذاری در اتحادیه اروپا و بسیاری از برنامه‌های ملی است (European Commission, 2018).

۱,۶,۲ چارچوب اقتصاد دایره‌ای

اقتصاد دایره‌ای تأکید بر حفظ چرخه مواد، طراحی برای بازیافت و ایجاد حلقه‌های بازگشت مواد در سطح محلی و ملی دارد. برای پسماند شهری، این چارچوب به مفهوم تبدیل زباله به منبع و طراحی زنجیره ارزش بازتولیدی می‌پردازد. (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

۱,۶,۳ رویکرد سیستم‌های پیچیده و منظر چند عاملی

پسماند شهری به عنوان یک مسئله سیستمیک که در تقاطع فنی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی قرار دارد، نیاز به رویکردی دارد که تعامل میان عوامل را مدل‌سازی کند. (Batty, 2008) این رویکرد به شبیه‌سازی جریان مواد، تحلیل ذی‌نفعان و ارزیابی سیاست‌های ترکیبی کمک می‌کند.

۱,۶,۴ چارچوب پایداری سه‌بعدی

تلفیق ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در تصمیمات مدیریت پسماند؛ به‌ویژه برای انتخاب فناوری‌ها و مدل‌های کسب‌وکار که هم سودآور و هم زیست‌محیطی و اجتماعی قابل قبول باشند.

۱,۷ جریان مواد در سیستم پسماند شهری (Material Flow Analysis)

Material Flow Analysis (MFA) یا تحلیل جریان مواد ابزار کلیدی برای شناخت کمی ورودی‌ها، خروجی‌ها و ذخایر در یک سیستم شهری است MFA. کمک می‌کند تا: میزان تولید پسماند برحسب نوع و منشأ تخمین زده شود؛ اندازه و ترکیب جریان آلی که مناسب کمپوست یا بیوگاز است محاسبه گردد؛ ظرفیت‌های لازم برای جمع‌آوری، پردازش و بازارهای خروجی (مثلاً کشاورزی شهری) تعیین شود (Wiedmann et al., 2015). در عمل، MFA مبنای طراحی شبکه جمع‌آوری، تعیین مقرون به صرفگی تأسیسات بازیافت و تحلیل کاهش گازهای گلخانه‌ای در سناریوهای مختلف است.

۱,۸ فناوری‌ها و گزینه‌های مدیریتی (مروری مختصر)

در چارچوب مبانی نظری لازم است شناختی از فناوری‌های کلیدی وجود داشته باشد: کمپوستینگ (Composting) فرایند تجزیه بی‌هوازی یا هوازی مواد آلی به کود پایدار؛ مناسب برای زباله‌های خانگی آلی و پسماند باغی. مزایا: بازگشت کربن به خاک، کاهش نیاز به کود شیمیایی؛ محدودیت‌ها: نیاز به تفکیک مناسب، زمان و مدیریت بو. آناروبیک دیجستِر/بیوگاز (Anaerobic Digestion) تولید بیوگاز (متان) از مواد آلی و هم‌زمان تولید کود آلی. مناسب برای پسماندهای با رطوبت بالا. دارای پتانسیل تولید انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای. تبدیل به انرژی (Waste-to-Energy) سوزاندن کنترل‌شده برای تولید برق/گرمای؛ مناسب زمانی که بازیافت امکان‌پذیر نیست. دارای چالش‌های زیست‌محیطی و سرمایه‌گذاری بالا است. بازچرخانی مکانیکی-بیولوژیک (MBT) ترکیب فرایندهای مکانیکی و بیولوژیک برای جداکردن کسرهای قابل بازیافت و پایدارسازی بقیه. مدیریت یکپارچه زباله‌های ساختمانی و صنعتی: رویکرد مجزا برای جریان‌هایی که خارج از حوزه شهرداری هستند. هر فناوری باید در بستر عوامل محلی (ترکیب پسماند، مقیاس جمعیتی، ظرفیت مالی، بازار کود/مواد بازیافتی) سنجیده شود.

۱,۹ شاخص‌ها و معیارهای ارزیابی عملکرد مدیریت پسماند

برای ارزیابی اثربخشی نظام مدیریت پسماند معمولاً شاخص‌های زیر کاربرد دارند: میزان تولید پسماند سرانه kg (نفر/روز) نرخ تفکیک از مبدأ (%) نرخ بازیافت کل (%) کسر دفن نهایی (%) انتشار معادل (CO₂-eq) سنوات انتشار گازهای گلخانه‌ای) هزینه سرانه مدیریت پسماند (ریال/نفر/سال)

شاخص سلامت عمومی مرتبط با پسماند (موارد بهداشتی مرتبط)

شاخص رضایت شهروندی از خدمات پسماند

این شاخص‌ها به برنامه‌ریزی، پایش و گزارش‌دهی عملکرد کمک می‌کنند و جهت‌گیری سیاست‌ها را روشن می‌سازند (World Bank, 2018).

۱,۱۰ چالش‌های نظری و مفهومی در مدیریت پسماند شهری

در سطح نظری مواردی که نیاز به توجه‌اند:

تعارض میان کارایی اقتصادی و اهداف زیست‌محیطی: انتخاب فناوری مقرون‌به‌صرفه ممکن است اهداف کاهش انتشار را برآورده نکند.

پیچیدگی ذی‌نفعان: بازیگران متعدد (شهرداری، بخش خصوصی، شهروندان، سازمان‌های غیردولتی، کارخانه‌های بازیافت) دارای منافع متضادند؛ نظریه بازی و مدیریت شبکه برای تحلیل مناسب است.

عدم قطعیت داده‌ها: ترکیب پسماند متغیر و کمبود داده‌های معتبر موجب چالش در مدل‌سازی می‌شود.

انتقال ارزش و بازارپذیری محصولات بازیافتی: مثلاً کمپوست باید کیفیت و بازار داشته باشد تا سیستم پایدار بماند.

۱,۱۱ پیوند این بخش با رویکرد کشاورزی شهری

بخش حاضر چارچوبی فراهم آورد که نشان می‌دهد در شهرهایی که سهم مواد آلی بالاست، تمرکز بر کمپوست و بازیافت آلی می‌تواند بیشترین اثر را بر کاهش دفن و انتشار آلاینده‌ها داشته باشد. اتصال مدیریت پسماند به کشاورزی شهری، از منظر نظری با اقتصاد دایره‌ای و MFA پشتیبانی می‌شود؛ بدین معنا که پسماند آلی (جریان ورودی) می‌تواند به کود و نهاده کشاورزی (جریان خروجی ارزش) تبدیل شود و حلقه‌ای از بازگشت مواد ایجاد کند (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

۲. مدیریت پسماند شهری؛ مبانی، چالش‌ها و الگوهای نوین

مدیریت پسماند شهری، مجموعه‌ای از فعالیت‌های نظام‌مند است که شامل تولید، جمع‌آوری، حمل‌ونقل، پردازش، بازیافت، استفاده مجدد و دفع نهایی مواد زائد می‌شود. این فرایندها باید به گونه‌ای طراحی و اجرا شوند که ضمن حفظ سلامت عمومی و محیط‌زیست، از منابع طبیعی نیز به صورت بهینه استفاده گردد. در این میان، یکی از اصول اساسی، حرکت از مدیریت خطی پسماند به سمت مدیریت چرخه‌ای و پایدار است؛ به این معنا که مواد زائد تا حد ممکن به چرخه تولید بازگردند (رحمانی، ۱۳۹۸: ۴۴).

۲-۱. مفهوم و ابعاد مدیریت یکپارچه پسماند شهری

مدیریت یکپارچه پسماند شهری (Integrated Solid Waste Management - ISWM) یک چارچوب جامع است که هدف آن، تلفیق مؤلفه‌های فنی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی در فرآیند مدیریت پسماند است. در این الگو، تصمیم‌گیری‌ها بر اساس تعامل میان تولیدکنندگان پسماند، نهادهای اجرایی، بخش خصوصی و شهروندان صورت می‌گیرد (UNEP, 2019: 18). این رویکرد، به جای تمرکز صرف بر جمع‌آوری و دفع، به مراحل پیشگیرانه و بازچرخانی توجه ویژه دارد.

از منظر نهادی، ISWM بر سه رکن اصلی استوار است:

کاهش در مبدأ (Waste Minimization): آموزش شهروندان و به کارگیری سیاست‌های تشویقی برای کاهش تولید زباله.

تفکیک و بازیافت (Recycling & Recovery): جداسازی پسماندهای آلی و غیرآلی برای بازتولید منابع مفید.
دفع نهایی ایمن (Safe Disposal): مدیریت بهداشتی پسماندهایی که غیرقابل بازیافت‌اند (آذری و همکاران، ۱۴۰۰: ۷۹).

۲-۲. چالش‌های کنونی مدیریت پسماند در شهرهای ایران

در بسیاری از شهرهای کشور، مدیریت پسماند هنوز مبتنی بر مدل‌های سنتی است که عمدتاً به جمع‌آوری و دفن محدود می‌شود. این وضعیت پیامدهایی چون آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و اتلاف منابع ارزشمند را به دنبال دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۷۰ درصد پسماندهای شهری در ایران آلی هستند و در صورت مدیریت صحیح، می‌توانند به عنوان منبع تولید کمپوست یا انرژی زیستی استفاده شوند (سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، ۱۴۰۱: ۶۲).

با این حال، موانعی نظیر نبود هماهنگی میان دستگاه‌های ذی‌ربط، کمبود منابع مالی، ضعف در زیرساخت‌های تفکیک از مبدأ و مشارکت پایین شهروندان، مانع تحقق مدیریت پایدار پسماند شده است (کاظمی، ۱۳۹۹: ۳۵). همچنین، نبود سیاست‌های حمایتی برای سرمایه‌گذاران بخش خصوصی در حوزه بازیافت و فرآوری ضایعات، سبب شده این بخش با ظرفیت واقعی خود فاصله داشته باشد.

۲-۳. الگوهای نوین در مدیریت پسماند شهری

تحولات اخیر در مدیریت شهری جهانی، نشان از ظهور الگوهای نوینی دارد که هدف آن‌ها کاهش تولید زباله، ارتقای چرخه مواد و افزایش تاب‌آوری شهری است. از جمله این الگوها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:
مدل اقتصاد چرخشی (Circular Economy): این مدل بر مبنای اصل «تولید کمتر، استفاده مجدد بیشتر» استوار است و پسماند را نه پایان چرخه تولید، بلکه آغاز فرآیند جدیدی از ارزش‌آفرینی می‌داند (Ellen MacArthur Foundation, 2021: 22).

مدیریت پسماند هوشمند (Smart Waste Management): بهره‌گیری از فناوری‌هایی مانند حسگرهای اینترنت اشیا (IoT) برای پایش میزان تولید زباله، بهینه‌سازی مسیرهای جمع‌آوری و کاهش هزینه‌های لجستیکی (Zhang et al., 2020: 56).

مدل تفکیک جامعه‌محور: که بر مشارکت فعال شهروندان، سازمان‌های مردم‌نهاد و محلات شهری برای تفکیک و بازیافت محلی تأکید دارد (عابدی و همکاران، ۱۴۰۲: ۱۱۲).

۲-۴. پیوند مدیریت پسماند و کشاورزی شهری

در چارچوب توسعه پایدار، هم‌افزایی میان مدیریت پسماند و کشاورزی شهری به عنوان یکی از نوآوری‌های کارآمد در حوزه خدمات شهری مطرح است. پسماندهای آلی شهری می‌توانند از طریق فرآیندهای بیولوژیکی مانند کمپوست‌سازی (Composting) یا تولید بیوگاز (Anaerobic Digestion) به منابع مفید برای تغذیه خاک و تولید انرژی تبدیل شوند.

این فرآیند نه تنها موجب کاهش حجم زباله دفنی و کاهش هزینه‌های حمل و نقل و دفع می‌شود، بلکه به افزایش حاصل خیزی خاک‌های شهری، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و ارتقای کیفیت هوا نیز کمک می‌کند (FAO, 2020: 47).

۲-۵. تجربه‌های جهانی در ادغام مدیریت پسماند و کشاورزی شهری

در شهرهای پیشرو مانند آمستردام، بارسلونا، کوالالامپور و سئول، استفاده از پسماندهای آلی در کشاورزی شهری به عنوان بخشی از سیاست‌های کلان مدیریت شهری دنبال می‌شود. در این شهرها، برنامه‌هایی مانند «Zero Waste» و «Urban Circular Food Systems» موجب شده تا چرخه پسماند و غذا به صورت محلی تکمیل شود. به عنوان نمونه، در شهر سئول بیش از ۹۵ درصد پسماندهای غذایی از طریق سیستم جمع‌آوری هوشمند به مراکز تولید کمپوست و بیوگاز منتقل می‌شوند (UNESCAP, 2022: 11). چنین تجربه‌هایی می‌تواند الگویی برای شهرهای ایران باشد تا از ظرفیت کشاورزی شهری در مدیریت پسماند بهره‌برداری کنند.

۳. نقش کشاورزی شهری در استفاده مجدد از منابع آلی و توسعه پایدار شهری

کشاورزی شهری (Urban Agriculture) در دهه‌های اخیر به عنوان یکی از راهبردهای کلیدی برای دستیابی به توسعه پایدار، امنیت غذایی و بازچرخانی منابع در شهرها شناخته شده است. این رویکرد، نه تنها به تولید مواد غذایی در محدوده‌های شهری کمک می‌کند، بلکه امکان استفاده بهینه از منابع آلی حاصل از پسماند شهری را نیز فراهم می‌آورد. بر این اساس، کشاورزی شهری می‌تواند حلقه‌ای مؤثر در چرخه مدیریت پسماند و حفظ محیط‌زیست شهری باشد (Mougeot, 2010: 25).

۳-۱. مفهوم کشاورزی شهری و جایگاه آن در برنامه‌ریزی شهری

کشاورزی شهری به مجموعه فعالیت‌های تولید، فرآوری و توزیع محصولات کشاورزی (اعم از گیاهی و دامی) در محدوده‌های شهری و پیرامونی آن گفته می‌شود (FAO, 2015: 14). برخلاف تصور سنتی که کشاورزی را صرفاً فعالیتی روستایی می‌دانست، امروزه شهرها نیز به عنوان فضاهایی پویا برای تولیدات کشاورزی مطرح هستند. این فعالیت‌ها شامل کاشت سبزیجات در پشت‌بام‌ها، باغ‌های محلی، تولید گل و گیاه در فضاهای متروک و بهره‌گیری از سامانه‌های نوین مانند کشاورزی عمودی (Vertical Farming) و آب‌کشت (Hydroponics) است (Specht et al., 2016: 78).

از منظر برنامه‌ریزی شهری، کشاورزی شهری به عنوان ابزاری برای تحقق عدالت فضایی، کاهش فقر شهری و تقویت پیوند اجتماعی میان شهروندان شناخته می‌شود. این حوزه همچنین به کاهش اثرات جزیره حرارتی شهرها و ارتقای کیفیت هوای شهری کمک می‌کند (Rees & Wackernagel, 2012: 39).

۳-۲. چرخه منابع آلی و پیوند آن با کشاورزی شهری

پسماندهای آلی شهری، شامل باقی‌مانده‌های مواد غذایی، ضایعات باغی و محصولات گیاهی، بخش عمده‌ای از زباله‌های تولیدی شهرها را تشکیل می‌دهند. در صورت تفکیک صحیح از مبدأ و فرآوری مناسب، این پسماندها می‌توانند به منابعی ارزشمند برای کشاورزی تبدیل شوند.

فرآیندهایی مانند کمپوست‌سازی، تولید بیوچار (Biochar) و تولید بیوگاز نقش مهمی در تبدیل پسماندهای آلی به مواد مغذی و انرژی دارند. کمپوست به عنوان محصول نهایی تجزیه زیستی پسماند، به بهبود ساختار خاک، افزایش

نفوذپذیری، حفظ رطوبت و تأمین عناصر غذایی کمک می‌کند (Sánchez-Monedero et al., 2018: 64). این فرآیند، هم‌زمان موجب کاهش آلودگی‌های ناشی از دفن زباله و انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز می‌شود.

۳-۳. کشاورزی شهری به‌عنوان ابزار مدیریت پایدار منابع

در نظام شهری پایدار، کشاورزی شهری فراتر از تولید غذا، به‌عنوان سازوکار مدیریت منابع و کاهش ضایعات عمل می‌کند. این امر از طریق بازچرخانی مواد مغذی، استفاده مجدد از پساب‌های تصفیه‌شده برای آبیاری و بهره‌گیری از ضایعات آلی در تولید انرژی تحقق می‌یابد. به‌عنوان مثال، در شهر مکزیکوسیتی، برنامه "EcoBarrio" توانسته است از طریق جمع‌آوری پسماندهای غذایی و تولید کمپوست، نیاز ۴۰ درصد از باغ‌های شهری به کود را تأمین کند (UN-Habitat, 2020: 22).

در ایران نیز، پروژه‌هایی محدود در شهرهایی مانند شیراز، مشهد و اصفهان برای بهره‌گیری از کمپوست در فضای سبز شهری آغاز شده است، اما این روند هنوز نهادینه نشده و نیازمند تدوین راهبردهای جامع در سطح ملی است (جعفری، ۱۴۰۱: ۵۷).

۳-۴. مزایای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی کشاورزی شهری

پیوند میان کشاورزی شهری و مدیریت پسماند مزایای چندبعدی دارد: زیست‌محیطی: کاهش زباله دفنی، بهبود کیفیت خاک، کاهش اثرات گلخانه‌ای و تقویت تنوع زیستی شهری. اقتصادی: ایجاد اشتغال سبز، کاهش هزینه‌های جمع‌آوری و دفع پسماند، تولید محصولات محلی ارزان‌تر. اجتماعی: ارتقای آگاهی زیست‌محیطی، افزایش حس تعلق اجتماعی و تقویت شبکه‌های همکاری محلی (König et al., 2018: 51).

از منظر عدالت اجتماعی، کشاورزی شهری به گروه‌های کم‌درآمد امکان می‌دهد تا بخشی از نیاز غذایی خود را در محل زندگی تأمین کرده و هم‌زمان به حفظ محیط‌زیست کمک کنند.

۳-۵. چالش‌ها و الزامات اجرای کشاورزی شهری در ایران

با وجود مزایای متعدد، اجرای مؤثر کشاورزی شهری با موانعی همراه است. از جمله:

کمبود زمین‌های مناسب و مالکیت‌های پراکنده؛

نبود سیاست‌های حمایتی و مشوق‌های اقتصادی؛

ضعف در فرهنگ تفکیک پسماند و آگاهی شهروندان؛

محدودیت در فناوری‌های نوین و سامانه‌های هوشمند.

بنابراین، اجرای موفق کشاورزی شهری مستلزم تدوین راهبردهای یکپارچه میان شهرداری‌ها، وزارت جهاد کشاورزی و سازمان محیط‌زیست است. همچنین، توسعه آموزش‌های شهروندی و ایجاد زیرساخت‌های جمع‌آوری و فرآوری پسماندهای آلی از ارکان اصلی تحقق این هدف محسوب می‌شود (طاهری و نادری، ۱۴۰۲: ۶۸).

۴. راهکارهای سیاستی و مدیریتی برای ادغام مدیریت پسماند و کشاورزی شهری در چارچوب توسعه پایدار

ادغام مدیریت پسماند و کشاورزی شهری، مستلزم سیاست‌گذاری هوشمندانه، نهادسازی پایدار و به‌کارگیری ابزارهای مدیریتی و فناوری‌های نوین است. این هم‌افزایی زمانی مؤثر خواهد بود که سیاست‌ها در سه سطح حکمرانی کلان،

مدیریت شهری و مشارکت مردمی هماهنگ شوند. در این بخش، راهبردها و الگوهای سیاستی و مدیریتی در پنج محور اصلی بررسی می‌شود.

۴-۱. اصلاح چارچوب نهادی و قانونی

یکی از مهم‌ترین موانع در مسیر تحقق کشاورزی شهری مبتنی بر پسماند، نبود قوانین مشخص برای تفکیک، جمع‌آوری و استفاده از مواد آلی است. قوانین فعلی در حوزه مدیریت پسماند بیشتر بر دفع زباله تمرکز دارند و حلقه بازچرخانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

پیشنهاد می‌شود در قانون مدیریت پسماند (مصوب ۱۳۸۳) و آیین‌نامه‌های اجرایی آن، بخش مستقلی برای کاربرد پسماندهای آلی در کشاورزی شهری اضافه شود. همچنین، لازم است بین وزارت کشور، وزارت جهاد کشاورزی و شهرداری‌ها تفاهم‌نامه‌ای جامع جهت تقسیم وظایف، ایجاد سامانه‌های نظارتی و تعریف مشوق‌های سرمایه‌گذاری در حوزه بازیافت و تولید کمپوست منعقد شود (رضایی و رستمی، ۱۴۰۰: ۲۱).

در سطح محلی نیز، شوراهای اسلامی شهر می‌توانند از طریق تصویب مصوبات حمایتی مانند کاهش عوارض برای تولیدکنندگان کمپوست شهری، تخصیص اراضی برای باغ‌های محلی و تشویق کسب‌وکارهای سبز نقش مهمی در نهادهای سازای این فرایند ایفا کنند.

۴-۲. توسعه زیرساخت‌های فناوری و نوآوری سبز

بدون فناوری‌های کارآمد، امکان بهره‌گیری پایدار از پسماندهای آلی در کشاورزی شهری وجود ندارد. فناوری‌هایی مانند بیورآکتورهای کمپوست، واحدهای تولید بیوگاز، سیستم‌های تصفیه پساب و سنسورهای هوشمند جمع‌آوری پسماند از ابزارهای ضروری در این زمینه‌اند.

در شهرهایی مانند توکیو و کپنهاگ، از فناوری‌های اینترنت اشیا (IoT) برای نظارت بر وضعیت پرشدگی مخازن زباله و مدیریت مسیرهای جمع‌آوری استفاده می‌شود که موجب کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی هزینه‌ها شده است (Zhang et al., 2020: 58).

در ایران نیز می‌توان از ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز نوآوری در شهرداری‌ها برای طراحی سامانه‌های هوشمند مدیریت پسماند بهره برد. حمایت از استارت‌آپ‌های سبز (Green Startups) در حوزه بازیافت و کشاورزی شهری، گامی اساسی در نوسازی مدیریت شهری است (ناظمی، ۱۴۰۱: ۴۵).

۴-۳. تقویت مشارکت شهروندی و آموزش عمومی

بدون مشارکت فعال شهروندان، هیچ نظام پسماندی پایدار نخواهد بود. تفکیک از مبدأ، استفاده از کودهای آلی و همکاری در پروژه‌های کشاورزی محلی تنها زمانی موفق خواهد بود که شهروندان از اهمیت موضوع آگاه شوند. برنامه‌های آموزشی در مدارس، رسانه‌های شهری و طرح‌های داوطلبانه مانند "هر خانه، یک باغچه کوچک" یا "کمپوست خانگی" می‌تواند آگاهی و انگیزش عمومی را افزایش دهد (König et al., 2018: 52).

در شهر اصفهان، اجرای طرح تفکیک پسماند از مبدأ در مدارس و انتقال پسماندهای آلی به کارگاه‌های تولید کمپوست، نمونه موفقیتی از مشارکت مردمی در مقیاس محلی محسوب می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶۸). شهرداری‌ها باید با ایجاد برنامه‌های تشویقی مانند تخفیف در عوارض شهری یا کارت امتیاز محیط‌زیستی، انگیزه شهروندان را در مشارکت حفظ کنند.

۴-۴. پیونددهی کشاورزی شهری با اقتصاد محلی و گردش سبز

ادغام پسماند و کشاورزی شهری می تواند زمینه ساز شکل گیری یک اقتصاد سبز شهری شود. بازیافت پسماندهای آلی و تبدیل آن ها به محصولات ارزشمند (مانند کمپوست، بیوگاز یا خوراک دام) نه تنها هزینه های مدیریت شهری را کاهش می دهد، بلکه فرصت های شغلی جدیدی نیز ایجاد می کند.

به طور مثال، در شهر بانکوک، شرکت های خصوصی در قالب قراردادهای مشارکتی با شهرداری، ضایعات غذایی بازارهای محلی را خریداری و به کود آلی تبدیل می کنند. این مدل باعث ایجاد بیش از ۵۰۰ فرصت شغلی مستقیم و کاهش ۲۰ درصدی حجم زباله دفنی شده است (UNESCAP, 2022: 12).

در ایران نیز، اجرای پروژه های مشابه می تواند در چارچوب اقتصاد چرخشی شهری (Urban Circular Economy) به توسعه مشاغل سبز، کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی و حمایت از کارآفرینی شهری منجر شود (صفری، ۱۴۰۰: ۳۹).

۴-۵. طراحی چارچوب ارزیابی و پایش عملکرد

برای موفقیت هر سیاست شهری، نظام ارزیابی عملکرد و نظارت مستمر ضروری است. در زمینه مدیریت پسماند و کشاورزی شهری، شاخص هایی مانند:

درصد پسماند آلی بازیافتی،

میزان تولید کمپوست،

سطح زمین های کشاورزی شهری،

درصد مشارکت شهروندان در تفکیک،

باید به صورت سالانه پایش شوند.

استفاده از سامانه های GIS برای رصد الگوی تولید و پراکندگی پسماندهای آلی و تطبیق آن با فضاهای کشاورزی شهری می تواند ابزاری علمی برای تصمیم گیری مدیران شهری باشد (FAO, 2021: 18).

در نهایت، تدوین "برنامه اقدام یکپارچه مدیریت پسماند و کشاورزی شهری" با مشارکت نهادهای مرتبط، اقدامی کلیدی در جهت دستیابی به توسعه پایدار شهری است؛ برنامه ای که بتواند از طریق تنظیم اهداف کمی، ارزیابی سالانه و گزارش های شفاف، زمینه پاسخ گویی و اثربخشی سیاست ها را فراهم سازد (UN-Habitat, 2020: 27).

جمع بندی و نتیجه گیری

راهکارهای سیاستی و مدیریتی برای ادغام مدیریت پسماند و کشاورزی شهری در چارچوب توسعه پایدار

ادغام مدیریت پسماند و کشاورزی شهری، مستلزم سیاست گذاری هوشمندانه، نهادسازی پایدار و به کارگیری ابزارهای مدیریتی و فناوری های نوین است. این هم افزایی زمانی مؤثر خواهد بود که سیاست ها در سه سطح حکمرانی کلان، مدیریت شهری و مشارکت مردمی هماهنگ شوند. در این بخش، راهبردها و الگوهای سیاستی و مدیریتی در پنج محور اصلی بررسی می شود.

اصلاح چارچوب نهادی و قانونی

یکی از مهم‌ترین موانع در مسیر تحقق کشاورزی شهری مبتنی بر پسماند، نبود قوانین مشخص برای تفکیک، جمع‌آوری و استفاده از مواد آلی است. قوانین فعلی در حوزه مدیریت پسماند بیشتر بر دفع زباله تمرکز دارند و حلقه بازچرخانی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

پیشنهاد می‌شود در قانون مدیریت پسماند (مصوب ۱۳۸۳) و آیین‌نامه‌های اجرایی آن، بخش مستقلی برای کاربرد پسماندهای آلی در کشاورزی شهری اضافه شود. همچنین، لازم است بین وزارت کشور، وزارت جهاد کشاورزی و شهرداری‌ها تفاهم‌نامه‌ای جامع جهت تقسیم وظایف، ایجاد سامانه‌های نظارتی و تعریف مشوق‌های سرمایه‌گذاری در حوزه بازیافت و تولید کمپوست منعقد شود (رضایی و رستمی، ۱۴۰۰: ۲۱).

در سطح محلی نیز، شوراهای اسلامی شهر می‌توانند از طریق تصویب مصوبات حمایتی مانند کاهش عوارض برای تولیدکنندگان کمپوست شهری، تخصیص اراضی برای باغ‌های محلی و تشویق کسب‌وکارهای سبز نقش مهمی در نهاده‌سازی این فرایند ایفا کنند.

توسعه زیرساخت‌های فناوری و نوآوری سبز

بدون فناوری‌های کارآمد، امکان بهره‌گیری پایدار از پسماندهای آلی در کشاورزی شهری وجود ندارد. فناوری‌هایی مانند بیورآکتورهای کمپوست، واحدهای تولید بیوگاز، سیستم‌های تصفیه پساب و سنسورهای هوشمند جمع‌آوری پسماند از ابزارهای ضروری در این زمینه‌اند.

در شهرهایی مانند توکیو و کپنهاگ، از فناوری‌های اینترنت اشیا (IoT) برای نظارت بر وضعیت پرشدگی مخازن زباله و مدیریت مسیرهای جمع‌آوری استفاده می‌شود که موجب کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصدی هزینه‌ها شده است (Zhang et al., 2020: 58).

در ایران نیز می‌توان از ظرفیت شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز نوآوری در شهرداری‌ها برای طراحی سامانه‌های هوشمند مدیریت پسماند بهره برد. حمایت از استارت‌آپ‌های سبز (Green Startups) در حوزه بازیافت و کشاورزی شهری، گامی اساسی در نوسازی مدیریت شهری است (ناظمی، ۱۴۰۱: ۴۵).

تقویت مشارکت شهروندی و آموزش عمومی

بدون مشارکت فعال شهروندان، هیچ نظام پسماندی پایدار نخواهد بود. تفکیک از مبدأ، استفاده از کودهای آلی و همکاری در پروژه‌های کشاورزی محلی تنها زمانی موفق خواهد بود که شهروندان از اهمیت موضوع آگاه شوند.

برنامه‌های آموزشی در مدارس، رسانه‌های شهری و طرح‌های داوطلبانه مانند "هر خانه، یک باغچه کوچک" یا "کمپوست خانگی" می‌تواند آگاهی و انگیزش عمومی را افزایش دهد (König et al., 2018: 52).

در شهر اصفهان، اجرای طرح تفکیک پسماند از مبدأ در مدارس و انتقال پسماندهای آلی به کارگاه‌های تولید کمپوست، نمونه موفقی از مشارکت مردمی در مقیاس محلی محسوب می‌شود (خسروی و همکاران، ۱۴۰۲: ۶۸). شهرداری‌ها باید با ایجاد برنامه‌های تشویقی مانند تخفیف در عوارض شهری یا کارت امتیاز محیط‌زیستی، انگیزه شهروندان را در مشارکت حفظ کنند.

پیونددهی کشاورزی شهری با اقتصاد محلی و گردش سبز

ادغام پسماند و کشاورزی شهری می‌تواند زمینه‌ساز شکل‌گیری یک اقتصاد سبز شهری شود. بازیافت پسماندهای آلی و تبدیل آن‌ها به محصولات ارزشمند (مانند کمپوست، بیوگاز یا خوراک دام) نه تنها هزینه‌های مدیریت شهری را کاهش می‌دهد، بلکه فرصت‌های شغلی جدیدی نیز ایجاد می‌کند.

به‌طور مثال، در شهر بانکوک، شرکت‌های خصوصی در قالب قراردادهای مشارکتی با شهرداری، ضایعات غذایی بازارهای محلی را خریداری و به کود آلی تبدیل می‌کنند. این مدل باعث ایجاد بیش از ۵۰۰ فرصت شغلی مستقیم و کاهش ۲۰ درصدی حجم زباله دفنی شده است (UNESCAP, 2022: 12).

در ایران نیز، اجرای پروژه‌های مشابه می‌تواند در چارچوب اقتصاد چرخشی شهری (Urban Circular Economy) به توسعه مشاغل سبز، کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی و حمایت از کارآفرینی شهری منجر شود (صفری، ۱۴۰۰: ۳۹).

طراحی چارچوب ارزیابی و پایش عملکرد

برای موفقیت هر سیاست شهری، نظام ارزیابی عملکرد و نظارت مستمر ضروری است. در زمینه مدیریت پسماند و کشاورزی شهری، شاخص‌هایی مانند:

درصد پسماند آلی بازیافتی،

میزان تولید کمپوست،

سطح زمین‌های کشاورزی شهری،

درصد مشارکت شهروندان در تفکیک،

باید به‌صورت سالانه پایش شوند.

استفاده از سامانه‌های GIS برای رصد الگوی تولید و پراکندگی پسماندهای آلی و تطبیق آن با فضاها و کشاورزی شهری می‌تواند ابزاری علمی برای تصمیم‌گیری مدیران شهری باشد (FAO, 2021: 18).

در نهایت، تدوین "برنامه اقدام یکپارچه مدیریت پسماند و کشاورزی شهری" با مشارکت نهادهای مرتبط، اقدامی کلیدی در جهت دستیابی به توسعه پایدار شهری است؛ برنامه‌ای که بتواند از طریق تنظیم اهداف کمی، ارزیابی سالانه و گزارش‌های شفاف، زمینه پاسخ‌گویی و اثربخشی سیاست‌ها را فراهم سازد (UN-Habitat, 2020: 27).

منابع و مآخذ

- آذری، م؛ و همکاران. (۱۴۰۰). مدیریت یکپارچه پسماند شهری: مفاهیم و راهکارها. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- مظلومی، ر. (۱۳۹۹). مدیریت پایدار پسماندهای شهری. تهران: انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ناظمی، پ. (۱۴۰۱). استارت‌آپ‌های سبز و نوآوری در مدیریت شهری. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- طاهری، ه؛ و نادری، ک. (۱۴۰۲). سیاست‌های یکپارچه مدیریت پسماند و کشاورزی شهری. تهران: انتشارات سازمان محیط‌زیست.
- رضایی، ع؛ و رستمی، ب. (۱۴۰۰). قوانین و مقررات پسماند در ایران: چالش‌ها و راهکارها. تهران: انتشارات مرکز پژوهش‌های شهری.
- سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور. (۱۴۰۱). گزارش سالانه مدیریت پسماند شهری. تهران: سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.
- جعفری، س. (۱۴۰۱). کشاورزی شهری و بازیافت پسماندهای آلی. شیراز: انتشارات جهاد دانشگاهی.

- جعفری، م. (۱۴۰۲). راهبردهای مدیریت پسماند در شهرهای ایران. تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌ها.
- خسروی، ف؛ و همکاران. (۱۴۰۲). تفکیک پسماند و کمپوست خانگی در شهرهای ایران. تهران: انتشارات پژوهشگاه شهرداری‌ها.

- FAO. (2015). Urban Agriculture: Food, Jobs and Sustainable Cities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2020). Sustainable Urban Food Systems and Waste Management. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2021). Urban Organic Waste Recycling and Composting Guidelines. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). Circular Economy in Urban Systems. London: Ellen MacArthur Foundation.
- König, A., Specht, K., & Siebert, R. (2018). Urban agriculture for sustainable cities: Challenges and opportunities. *Sustainability*, 10(2), 45-60. <https://doi.org/10.3390/su1002045>
- Mougeot, L. J. A. (2010). Agropolis: The Social, Political, and Environmental Dimensions of Urban Agriculture. Ottawa: IDRC.
- Sánchez-Monedero, M. A., Roig, A., & Cegarra, J. (2018). Composting of organic urban waste: Processes, quality, and utilization. *Waste Management*, 78, 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.023>
- Specht, K., Siebert, R., Hartmann, I., et al. (2016). Urban agriculture of the future: An overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*, 33, 33–51. <https://doi.org/10.1007/s10460-015-9582-0>
- UN-Habitat. (2020). Urban Circular Food Systems: Policy Guidelines. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme.
- UNESCAP. (2022). Urban Organic Waste Management in Asia-Pacific Cities. Bangkok: United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific.
- Zhang, Y., Huang, G., & Li, W. (2020). Smart waste management in urban areas: IoT-based approaches. *Journal of Cleaner Production*, 270, 122398. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122398>