Volume 4, Issue 13, February 2026, 1565-1581.

Online ISSN: 3041-9255

Journal of Human Ecology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Application of circular architecture principles in optimizing fuel consumption in residential buildings in Iran

Omid Zamani*[1] Amirreza Behbahani [2]

1 Master of Architecture, Building Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

2 Master of Architecture, Building Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Keywords

Circular architecture, fuel consumption optimization, residential buildings, sustainability, recycled materials, traditional patterns.

A B S T R A C T

This study investigates the application of circular architecture principles in optimizing fossil fuel consumption in Iranian residential buildings through a qualitative phenomenological approach. Data were collected via semi-structured interviews with 15 professional architects from Tehran, Isfahan, Tabriz, and Shiraz, and analyzed using thematic analysis with NVivo software. The findings identified four main themes: implementation barriers (high costs, lack of technical knowledge, cultural resistance), innovative opportunities (integration of traditional patterns like adobe and windcatchers, digital innovations, interdisciplinary collaboration), practical impacts (20-30% reduction in gas consumption, long-term sustainability, 15-25% CO_2 emission reduction), and proposed solutions (education, local research, community engagement). The paradigmatic model of Strauss and Corbin (1998) revealed that opportunities enhance the core phenomenon (fuel optimization), while barriers moderate it, and solutions manage this moderation. These principles contribute to SDG 7 (affordable and clean energy) and SDG 11 (sustainable cities) while reducing Iran's reliance on fossil fuels. Compared to prior studies, traditional Iranian patterns (e.g., Ghasemi et al., 2020) show similar potential to global approaches (e.g., De Wolf et al., 2024), but cultural and economic barriers are more pronounced in Iran. Recommendations include aligning national regulations with circular principles, subsidizing recycled materials, and educating architects. This study fills a qualitative gap in exploring architects' experiences in Iran, contributing to sustainable architecture development.

*Corresponding Author.

Email Adresses: omidz7856@gmail.com.

Zamani,O. and Behbahani,A. (2026). Application of circular architecture principles in optimizing fuel consumption in residential buildings in Iran. Human Ecology, 4(13), 1565-1581.

Doi: https://doi.org/10.22034/he.2025.550734.1147

سال چهارم، شماره سیزدهم ، زمستان ۱۴۰۴، ۱۵۶۵-۱۵۸۱.

شاپای الکترونیکی: ۹۲۵۵-۳۰۴۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

کاربرد اصول معماری دایره‌ای در بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی ایران

امید زمانی*[۱] امیررضا بهبهانی [۲]

۱ کارشناسی ارشد معماری، علوم ساختمان، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲ کارشناسی ارشد معماری، علوم ساختمان، دانشگاه شهید بهشتی ، تهران، ایران.

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی کاربرد اصول معماری دایره‌ای در بهینه‌سازی مصرف سوخت فسیلی در ساختمان‌های مسکونی ایران، از طریق رویکرد کیفی پدیدارشناختی انجام شد. داده‌ها با استفاده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۵ معمار حرفه‌ای از شهرهای تهران، اصفهان، تبریز و شیراز، جمع‌آوری و با روش تحلیل تماتیک و نرم‌افزار NVivo تحلیل شدند. یافته‌ها چهار تم اصلی را شناسایی کردند: موانع اجرایی (هزینه‌های بالا، کمبود دانش فنی، مقاومت فرهنگی)، فرصت‌های نوآورانه (ادغام الگوهای سنتی مانند خشت و بادگیر، نوآوری‌های دیجیتال، همکاری بین‌رشته‌ای)، تأثیر عملی (کاهش ۳۰٪-۲۰ مصرف گاز، پایداری بلندمدت، کاهش ۲۵٪-۱۵ انتشار CO_2)، و راهکارهای پیشنهادی (آموزش، تحقیق محلی، مشارکت جامعه). الگوی پارادایمی Strauss و Corbin (۱۹۹۸) نشان داد که فرصت‌ها پدیده مرکزی (بهینه‌سازی مصرف سوخت) را تقویت می‌کنند، اما موانع آن را تعدیل می‌کنند، و راهکارها این تعدیل را مدیریت می‌کنند. این اصول با کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، به اهداف توسعه پایدار و امنیت انرژی ایران کمک می‌کنند. مقایسه با مطالعات پیشین نشان داد که الگوهای سنتی ایران پتانسیل مشابهی با رویکردهای جهانی دارند، اما موانع فرهنگی و اقتصادی در ایران برجسته‌ترند. پیشنهادات شامل: هم‌راستایی مقررات ملی با اصول دایره‌ای، یارانه برای مواد بازیافتی، و آموزش معماران است. این پژوهش شکاف کیفی در تجربیات معماران ایرانی را پر کرده و به توسعه معماری پایدار کمک می‌کند.

واژگان کلیدی

معماری دایره‌ای بهینه‌سازی

مصرف سوخت

ساختمان‌های مسکونی

پایداری مواد بازیافتی.

ارجاع به این مقاله: زمانی، امید و بهبهانی، امیررضا. (۱۴۰۴). کاربرد اصول معماری دایره‌ای در بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی ایران. اکولوژی انسانی، ۴(۱۳)،۱۵۶۵-۱۵۸۱.

۱. مقدمه

در عصر حاضر، با تشدید بحران‌های زیست‌محیطی، محدودیت منابع طبیعی و تغییرات اقلیمی، معماری به عنوان یکی از عوامل اصلی مصرف انرژی و تولید ضایعات، نقش محوری در گذار به سمت پایداری ایفا می‌کند.

بخش ساختمان‌سازی در سطح جهانی حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد، که این امر ضرورت اتخاذ رویکردهای نوین پایدار را برجسته می‌سازد(World Green Building Council, ۲۰۲۳) . در ایران، به عنوان کشوری با اقتصاد وابسته به سوخت‌های فسیلی، چالش‌های انرژی دوچندان است. مصرف گاز طبیعی در بخش مسکونی، که عمدتاً برای گرمایش استفاده می‌شود، حدود ۴۰ درصد از کل مصرف ملی را تشکیل می‌دهد و شدت مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی ایران تقریباً سه برابر میانگین جهانی است (Nikkhah et al., ۲۰۲۳). این وضعیت نه تنها به آلودگی هوا و وابستگی به واردات سوخت دامن می‌زند، بلکه با اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد، به ویژه SDG ۷ (انرژی مقرون‌به‌صرفه و پاک) و SDG ۱۱ (شهرها و جوامع پایدار)، در تضاد قرار دارد. در این میان، اصول معماری دایره‌ای به عنوان یک پارادایم نوظهور، پتانسیل بالایی برای بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش وابستگی به منابع فسیلی ارائه می‌دهد.

معماری دایره‌ای را می‌توان به عنوان رویکردی سیستم‌محور تعریف کرد که چرخه حیات کامل ساختمان‌ها و مواد ساختمانی را بازطراحی می‌کند، با هدف حذف ضایعات، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و گردش محصولات و مواد در بالاترین سطح ارزش ممکن بر خلاف مدل خطی سنتی "استخراج–تولید–مصرف–دورریزی"، معماری دایره‌ای بر سه اصل کلیدی استوار است: حذف ضایعات و آلودگی از طراحی اولیه، گردش محصولات و مواد (مانند بازاستفاده و بازیافت)، و بازسازی طبیعت از طریق استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مواد محلی این رویکرد نه تنها به کارایی منابع (مانند کاهش شدت مصرف مواد و انرژی/آب) تأکید دارد، بلکه ساختمان‌ها را به عنوان "نیروگاه‌های کارآمد منابع" طراحی می‌کند که قابلیت تطبیق، تکامل و مشارکت مثبت در اکوسیستم را دارند (Ugreen.io, ۲۰۲۴) در ساختمان‌های مسکونی، این اصول می‌تواند از طریق استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد بازیافتی برای عایق‌بندی حرارتی، طراحی مدولار برای بازسازی آسان، و ادغام سیستم‌های غیرفعال مانند سایه‌بان‌های طبیعی، مصرف سوخت فسیلی را تا ۳۰–۲۵ درصد کاهش دهد (McKinsey & Company, ۲۰۲۵). تاریخچه معماری دایره‌ای ریشه در مفاهیم اقتصادی دایره‌ای دارد که از دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط والتر استاهل مطرح شد، جایی که او بر "طول عمر محصولات" و "بازسازی صنعتی" تأکید کرد. با این حال، این مفهوم در حوزه معماری تا دهه ۲۰۱۰ به طور گسترده توسعه نیافت. نقطه عطف کلیدی، تأسیس بنیاد الن مک آرتور در سال ۲۰۱۰ بود. که گزارش Towards the Circular Economy را در سال ۲۰۱۲ منتشر کرد و اقتصاد دایره‌ای را به عنوان مدلی restorative (بازسازی‌کننده) معرفی نمود، با تمرکز بر انرژی تجدیدپذیر و ردیابی ضایعات (World Green Building Council, ۲۰۲۳). در سطح اروپایی، اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۵ استراتژی "Circular Economy Package" را تصویب کرد که ساختمان‌سازی را به عنوان یکی از اولویت‌ها هدف قرار داد، و منجر به استانداردهایی مانند (DGNB) شد که "ساختمان دایره‌ای" را به عنوان ابزاری برای حل مشکلات تأمین مواد، زیست‌محیطی و بهداشتی تعریف کرد. در دهه ۲۰۲۰، با شیوع همه‌گیری کووید–۱۹ و بحران‌های زنجیره تأمین، معماری دایره‌ای شتاب گرفت. گزارش "Circular Built Environment Playbook" توسط شورای جهانی ساختمان سبز در سال ۲۰۲۳، اصول عملی برای اعمال اقتصاد دایره‌ای در ساخت‌وساز را ارائه داد و بر اقتصاد صنعتی تأکید کرد که بر پایه انرژی تجدیدپذیر و حداقل‌سازی ضایعات استوار است (World Green Building Council, ۲۰۲۳). در سال‌های اخیر (۲۰۲۵–۲۰۲۳)، این رویکرد با نوآوری‌هایی مانند طراحی مدولار دیجیتال و مواد–bio based، به سمت بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی سوق یافته است. برای مثال، مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۵ نشان داد که رویکردهای دایره‌ای در محیط ساخته‌شده می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد و زمان توقف دارایی‌ها را با محلی‌سازی زنجیره تأمین و بازاستفاده ساختارهای موجود، به حداقل برساند.

(McKinsey & Company, ۲۰۲۵) همچنین، در ژانویه ۲۰۲۵، مقاله‌ای در Journal of Environmental and Industrial Research اصول اقتصاد دایره‌ای را به عنوان رویکردی نوین برای توسعه اقتصادی با تمرکز بر کاهش آلودگی و مدیریت کارآمد منابع در طراحی معماری معرفی کرد(Journal of Environmental and Industrial Research, ۲۰۲۵). در زمینه ایران، معماری دایره‌ای با چالش‌ها و فرصت‌های منحصربه‌فردی روبرو است. ایران با اقلیم متنوع (از مناطق خشک مرکزی تا سردسیر شمالی) و میراث غنی معماری سنتی (مانند خانه‌های خشتی یزد که به طور طبیعی اصول دایره‌ای را اعمال می‌کردند)، پتانسیل بالایی برای ادغام این رویکرد دارد. با این حال، مصرف بالای انرژی در ساختمان‌های مسکونی – حدود ۴۵۰ کیلووات‌ساعت بر مترمربع در سال – که بیش از میانگین جهانی است، ناشی از عوامل فنی (مانند عایق‌بندی ضعیف) و سیاستی (مانند یارانه‌های سوخت) است (Journal of Standards, ۲۰۲۴). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی اصفهان، با تمرکز بر طراحی پنجره‌ها

و مواد محلی، می‌تواند مصرف انرژی را تا ۲۰ درصد کاهش دهد، اما ادغام اصول دایره‌ای مانند بازاستفاده خشت سنتی، هنوز به طور سیستماتیک بررسی نشده است (Ghasemi et al., ۲۰۲۰, Nikkhah et al., ۲۰۲۳). علاوه بر این، مقررات ملی ساختمان ایران (مبحث ۱۹) بر بهینه‌سازی انرژی تأکید دارد، اما فاقد چارچوب‌های مشخص برای اقتصاد دایره‌ای است، که این امر موانعی مانند هزینه بالای مواد بازیافتی و کمبود دانش فنی ایجاد می‌کند (Behbood, ۲۰۰۹). این مطالعه کیفی، با تمرکز بر تجربیات معماران ایرانی، به کاوش کاربرد اصول معماری دایره‌ای در بهینه‌سازی مصرف سوخت فسیلی در ساختمان‌های مسکونی می‌پردازد. سؤال پژوهشی اصلی عبارت است از: "معماران ایرانی چه موانع، فرصت‌ها و تجربیات عملی در اجرای اصول معماری دایره‌ای برای کاهش مصرف سوخت در پروژه‌های مسکونی ادراک می‌کنند؟" هدف، ارائه بینش‌های عمیق از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته است تا به سیاست‌گذاران و معماران در طراحی ساختمان‌های کم‌کربن کمک کند. این رویکرد نه تنها به پر کردن شکاف پژوهشی در زمینه‌های محلی ایران کمک می‌کند، بلکه به بحث جهانی در مورد گذار به معماری بازسازی‌کننده می‌پیوندد، جایی که ساختمان‌های مسکونی نه تنها مصرف‌کننده انرژی، بلکه تولیدکننده پایداری هستند(University of Bedfordshire, ۲۰۲۵).

در عصر حاضر، با تشدید بحران‌های زیست‌محیطی، محدودیت منابع طبیعی و تغییرات اقلیمی، معماری به عنوان یکی از عوامل اصلی مصرف انرژی و تولید ضایعات، نقش محوری در گذار به سمت پایداری ایفا می‌کند. بخش ساختمان‌سازی در سطح جهانی حدود ۴۰ درصد از مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص می‌دهد، که این امر ضرورت اتخاذ رویکردهای نوین پایدار را برجسته می‌سازد (World Green Building Council, ۲۰۲۳).در ایران، به عنوان کشوری با اقتصاد وابسته به سوخت‌های فسیلی، چالش‌های انرژی دوچندان است. مصرف گاز طبیعی در بخش مسکونی، که عمدتاً برای گرمایش استفاده می‌شود، حدود ۴۰ درصد از کل مصرف ملی را تشکیل می‌دهد و شدت مصرف انرژی در ساختمان‌های مسکونی ایران تقریباً سه برابر میانگین جهانی است .(Nikkhah et al., ۲۰۲۳) این وضعیت نه تنها به آلودگی هوا و وابستگی به واردات سوخت دامن می‌زند، بلکه با اهداف توسعه پایدار سازمان ملل متحد(SDGs) ، به ویژه SDG ۷ (انرژی مقرون‌به‌صرفه و پاک) و SDG ۱۱ (شهرها و جوامع پایدار)، در تضاد قرار دارد. در این میان، اصول معماری دایره‌ای به عنوان یک پارادایم نوظهور، پتانسیل بالایی برای بهینه‌سازی مصرف سوخت و کاهش وابستگی به منابع فسیلی ارائه می‌دهد.

معماری دایره‌ای (Circular Architecture) را می‌توان به عنوان رویکردی سیستم‌محور تعریف کرد که چرخه حیات کامل ساختمان‌ها و مواد ساختمانی را بازطراحی می‌کند، با هدف حذف ضایعات، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و گردش محصولات و مواد در بالاترین سطح ارزش ممکن بر خلاف مدل خطی سنتی "استخراج–تولید–مصرف–دورریزی"، معماری دایره‌ای بر سه اصل کلیدی استوار است: حذف ضایعات و آلودگی از طراحی اولیه، گردش محصولات و مواد (مانند بازاستفاده و بازیافت)، و بازسازی طبیعت از طریق استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مواد محلی این رویکرد نه تنها به کارایی منابع (مانند کاهش شدت مصرف مواد و انرژی/آب) تأکید دارد، بلکه ساختمان‌ها را به عنوان "نیروگاه‌های کارآمد منابع" طراحی می‌کند که قابلیت تطبیق، تکامل و مشارکت مثبت در اکوسیستم را دارند (Ugreen.io, ۲۰۲۴) در ساختمان‌های مسکونی، این اصول می‌تواند از طریق استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد بازیافتی برای عایق‌بندی حرارتی، طراحی مدولار برای بازسازی آسان، و ادغام سیستم‌های غیرفعال مانند سایه‌بان‌های طبیعی، مصرف سوخت فسیلی را تا ۳۰–۲۵ درصد کاهش دهد (McKinsey & Company, ۲۰۲۵). تاریخچه معماری دایره‌ای ریشه در مفاهیم اقتصادی دایره‌ای دارد که از دهه ۱۹۷۰ میلادی توسط والتر استاهل Walter مطرح شد، جایی که او بر "طول عمر محصولات" و "بازسازی صنعتی" تأکید کرد. با این حال، این مفهوم در حوزه معماری تا دهه ۲۰۱۰ به طور گسترده توسعه نیافت. نقطه عطف کلیدی، تأسیس بنیاد الن مک آرتور Ellen MacArthur) (Foundation در سال ۲۰۱۰ بود که گزارش "Towards the Circular Economy" را در سال ۲۰۱۲ منتشر کرد و اقتصاد دایره‌ای را به عنوان مدلی restorative (بازسازی‌کننده) معرفی نمود، با تمرکز بر انرژی تجدیدپذیر و ردیابی ضایعات (World Green Building Council, ۲۰۲۳). در سطح اروپایی، اتحادیه اروپا در سال ۲۰۱۵ استراتژی "Circular Economy Package" را تصویب کرد که ساختمان‌سازی را به عنوان یکی از اولویت‌ها هدف قرار داد، و منجر به استانداردهایی مانند (DGNB) شد که "ساختمان دایره‌ای" را به عنوان ابزاری برای حل مشکلات تأمین مواد، زیست‌محیطی و بهداشتی تعریف کرد. در دهه ۲۰۲۰، با شیوع همه‌گیری کووید–۱۹ و بحران‌های زنجیره تأمین، معماری دایره‌ای شتاب گرفت. گزارش توسط شورای جهانی ساختمان سبز در سال ۲۰۲۳، اصول عملی برای اعمال اقتصاد دایره‌ای در ساخت‌وساز را ارائه داد و بر "اقتصاد صنعتی restorative" تأکید کرد که بر پایه انرژی تجدیدپذیر و حداقل‌سازی ضایعات استوار است .(World Green Building Council, ۲۰۲۳) در سال‌های اخیر (–۲۰۲۳ ۲۰۲۵)، این رویکرد با نوآوری‌هایی مانند طراحی مدولار دیجیتال و مواد، به سمت بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی سوق یافته است. برای مثال، مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۵ نشان داد که رویکردهای دایره‌ای در محیط ساخته‌شده می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد و زمان توقف دارایی‌ها را با محلی‌سازی زنجیره تأمین و بازاستفاده ساختارهای موجود، به حداقل برساند .(McKinsey & Company, ۲۰۲۵)

همچنین، در ژانویه ۲۰۲۵، مقاله‌ای در Journal of Environmental and Industrial Research اصول اقتصاد دایره‌ای را به عنوان رویکردی نوین برای توسعه اقتصادی با تمرکز بر کاهش آلودگی و مدیریت کارآمد منابع در طراحی معماری معرفی کرد (Journal of Environmental and Industrial Research, ۲۰۲۵). در زمینه ایران، معماری دایره‌ای با چالش‌ها و فرصت‌های منحصربه‌فردی روبرو است. ایران با اقلیم متنوع (از مناطق خشک مرکزی تا سردسیر شمالی) و میراث غنی معماری سنتی (مانند خانه‌های خشتی یزد که به طور طبیعی اصول دایره‌ای را اعمال می‌کردند)، پتانسیل بالایی برای ادغام این رویکرد دارد. با این حال، مصرف بالای انرژی در ساختمان‌های مسکونی – حدود ۴۵۰ کیلووات‌ساعت بر مترمربع در سال – که بیش از میانگین جهانی است، ناشی از عوامل فنی (مانند عایق‌بندی ضعیف) و سیاستی (مانند یارانه‌های سوخت) است (Journal of Standards, ۲۰۲۴). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی اصفهان، با تمرکز بر طراحی پنجره‌ها و مواد محلی، می‌تواند مصرف انرژی را تا ۲۰ درصد کاهش دهد، اما ادغام اصول دایره‌ای مانند بازاستفاده خشت سنتی، هنوز به طور سیستماتیک بررسی نشده است. (Ghasemi et al., ۲۰۲۰, Nikkhah et al., ۲۰۲۳). علاوه بر این، مقررات ملی ساختمان ایران (مبحث ۱۹) بر بهینه‌سازی انرژی تأکید دارد، اما فاقد چارچوب‌های مشخص برای اقتصاد دایره‌ای است، که این امر موانعی مانند هزینه بالای مواد بازیافتی و کمبود دانش فنی ایجاد می‌کند (Behbood, ۲۰۰۹). این مطالعه کیفی، با تمرکز بر تجربیات معماران ایرانی، به کاوش کاربرد اصول معماری دایره‌ای در بهینه‌سازی مصرف سوخت فسیلی در ساختمان‌های مسکونی می‌پردازد. سؤال پژوهشی اصلی عبارت است از: "معماران ایرانی چه موانع، فرصت‌ها و تجربیات عملی در اجرای اصول معماری دایره‌ای برای کاهش مصرف سوخت در پروژه‌های مسکونی ادراک می‌کنند؟" هدف، ارائه بینش‌های عمیق از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته است تا به سیاست‌گذاران و معماران در طراحی ساختمان‌های کم‌کربن کمک کند. این رویکرد نه تنها به پر کردن شکاف پژوهشی در زمینه‌های محلی ایران کمک می‌کند، بلکه به بحث جهانی در مورد گذار به معماری بازسازی‌کننده می‌پیوندد، جایی که ساختمان‌های مسکونی نه تنها مصرف‌کننده انرژی، بلکه تولیدکننده پایداری هستند (University of Bedfordshire, ۲۰۲۵).

۲. مبانی نظری

۲.۱. اصول معماری دایره‌ای و ارتباط آن با بهینه‌سازی مصرف سوخت

معماری دایره‌ای به عنوان یک رویکرد نوین در حوزه ساخت‌وساز، بر پایه اصول اقتصاد دایره‌ای استوار است و هدف آن ایجاد چرخه‌های بسته برای مواد، انرژی و منابع است. این اصول شامل حذف ضایعات از مراحل اولیه طراحی، گردش مواد (مانند بازاستفاده، بازیافت و طراحی مدولار)، و بازسازی اکوسیستم از طریق استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و مواد محلی می‌شود (De Wolf et al., ۲۰۲۴). در زمینه بهینه‌سازی مصرف سوخت، معماری دایره‌ای بر استراتژی‌هایی مانند استفاده از مواد بازیافتی برای عایق‌بندی حرارتی، طراحی برای طول عمر ساختمان (برای کاهش نیاز به تعمیرات پرمصرف)، و ادغام سیستم‌های غیرفعال (passive) تمرکز دارد که وابستگی به سوخت‌های فسیلی را کاهش می‌دهد (Cramer & Di Giulio, ۲۰۲۵). برای مثال، در ساختمان‌های مسکونی، این اصول می‌تواند مصرف انرژی گرمایشی را تا ۳۰ درصد بهینه کند، به ویژه از طریق کاهش انتشار CO_2 معادل در چرخه حیات ساختمان.(Rahmani et al., ۲۰۲۵)

این اصول از چارچوب‌های جهانی مانند "Circular Built Environment Playbook" الهام گرفته شده که بر کاهش مصرف مواد و بهینه‌سازی مراحل چرخه حیات ساختمان (از طراحی تا تخریب) تأکید دارد (World Green Building Council, ۲۰۲۳). در سال ۲۰۲۵، مطالعه‌ای بر "energy-driven circular design" نشان داد که ادغام اصول دایره‌ای در طراحی ساختمان‌ها، نه تنها ضایعات را حذف می‌کند، بلکه کارایی انرژی را از طریق استراتژی‌های مدولار افزایش می‌دهد و مصرف سوخت را در محیط ساخته‌شده تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد (Mahdavi et al., ۲۰۲۵). علاوه بر این، معماری دایره‌ای با تمرکز بر طراحی برای تفکیک‌پذیری، ساختمان‌های مسکونی را به دارایی‌های تطبیق‌پذیر تبدیل می‌کند که نیاز به سوخت برای نگهداری و بازسازی را به حداقل می‌رساند (De Wolf et al., ۲۰۲۴).این رویکرد، به ویژه در برابر چالش‌های تغییرات اقلیمی، ساختمان‌ها را به "نیروگاه‌های منابع کارآمد" تبدیل می‌کند که از طریق عایق‌بندی با مواد بازیافتی، مصرف سوخت فسیلی را بهینه می‌سازد.(Cramer & Di Giulio, ۲۰۲۵)

۲.۲. مطالعات جهانی در بهینه‌سازی انرژی ساختمان‌های مسکونی با رویکرد دایره‌ای

در سطح جهانی، مطالعات متعددی بر کاربرد اصول دایره‌ای در ساختمان‌های مسکونی تمرکز کرده‌اند و اثرات آن را بر بهینه‌سازی انرژی بررسی نموده‌اند. برای نمونه، پژوهشی در سال ۲۰۲۵ بر circular principles, building lifecycle phases and design strategiesتأکید دارد و نشان می‌دهد که اعمال این اصول در مراحل چرخه حیات، مصرف مواد را تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد و به طور غیرمستقیم، نیاز به سوخت برای تولید و نگهداری را بهینه می‌سازد(De Wolf et al., ۲۰۲۴) . این مطالعه، با بررسی موردی

ساختمان‌های مسکونی، تأکید می‌کند که استفاده از مواد پایدار بازیافتی، انتشار CO_2 را ۳۰ درصد کم می‌کند، اما چالش‌های هزینه اولیه را برجسته می‌سازد.

مطالعه دیگری در سال ۲۰۲۵، application of circular economy principles in buildingsرا بررسی کرده و نشان می‌دهد که کاهش ضایعات و ترویج بازاستفاده مواد، منابع محدود را حفظ می‌کند و مصرف سوخت را در ساختمان‌های مسکونی تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد (Rahmani et al., ۲۰۲۵). نویسندگان، با تمرکز بر مدلCE ، پیشنهاد می‌کنند که در مناطق سردسیر، عایق‌بندی با مواد بازیافتی، راحتی حرارتی را بهبود بخشد. همچنین، پژوهشی در سال ۲۰۲۴ بر "circular economy best practices in the built environment"تمرکز دارد و نشان می‌دهد که اصول دایره‌ای، اقتصاد را ترویج می‌دهد و مصرف انرژی را تا ۵۰ درصد در ساختمان‌های مسکونی بهینه می‌کند (Hosseini et al., ۲۰۲۴). این مطالعه، با تحلیل ۵۰ پروژه جهانی، بر اهمیت طراحی مدولار برای بازسازی تأکید دارد.

در زمینه بهینه‌سازی انرژی، مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۵ بر optimization of energy consumption in residential housingتمرکز دارد و نشان می‌دهد که نسبت پنجره به دیوار ۶۰ درصدی با شیشهlow-E ، کارایی انرژی را حداکثر می‌کند و با اصول دایره‌ای همخوانی دارد .(Ghasemi et al., ۲۰۲۴) نویسندگان، با بررسی موردی در جزایر قناری، پیشنهاد می‌کنند که جهت‌گیری بهینه، مصرف سوخت گرمایشی را ۲۰-۱۵ درصد کم کند. علاوه بر این، پژوهشی در سال ۲۰۲۵ بر implementing circular economy strategies in buildingsتأکید دارد و اثبات می‌کند که در ساختمان‌های مسکونی، اصول دایره‌ای مانند disassembly، هزینه‌های بلندمدت انرژی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد(Pomponi & Moncaster, ۲۰۲۵).

۲.۳. مطالعات در زمینه ایران و کشورهای در حال توسعه

در ایران، مطالعات پایداری معماری عمدتاً بر بهینه‌سازی انرژی در ساختمان‌های مسکونی تمرکز دارند، اما ادغام اصول دایره‌ای هنوز در مراحل اولیه است. بر اساس داده‌های اخیر، مصرف انرژی در بخش مسکونی ایران حدود ۴۵۰ کیلووات‌ساعت بر مترمربع در سال است که سه برابر میانگین جهانی است، و ۴۰ درصد آن به سوخت‌های فسیلی برای گرمایش اختصاص دارد (Nikkhah et al., ۲۰۲۳). مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۴ بر optimization of energy consumption and daylight performance in residential buildingتأکید دارد که الگوهای سنتی مانند بادگیر و خشت، اصول دایره‌ای ذاتی (مانند استفاده مجدد مواد محلی) را اعمال می‌کنند و می‌توانند مصرف سوخت را تا ۲۰ درصد کاهش دهند .(Ghasemi et al., ۲۰۲۰) در تبریز، یک مطالعه retrofit پایدار نشان داد که استفاده از مواد بازیافتی برای عایق‌بندی، مصرف انرژی را ۳۰ درصد کم می‌کند، اما موانع اقتصادی و مقرراتی را برجسته کرد (Hosseini et al., ۲۰۲۴).

در زمینه اقتصاد دایره‌ای، مطالعه‌ای در سال ۲۰۲۵ بر ادغام CE و LCA در ساختمان‌های مسکونی ایران تمرکز دارد و نشان می‌دهد که اصول دایره‌ای می‌تواند انتشار CO_2 را ۲۵ درصد کاهش دهد، به ویژه در مناطق سردسیر (Rahmani et al., ۲۰۲۵). همچنین، بررسی‌ای برcircularity tools and frameworks for new buildings در شرکت‌های دانش‌بنیان ایران، پایداری را در بخش ساخت‌وساز افزایش می‌دهد، اما کمبود سیاست‌های حمایتی را به عنوان مانع اصلی شناسایی کرد(Behbood, ۲۰۲۳). در کشورهای مشابه مانند ترکیه، مطالعات نشان می‌دهد که ادغام CE در طراحی مسکونی، مصرف سوخت را بهینه می‌کند، اما نیاز به رویکردهای محلی دارد .(Hosseini et al., ۲۰۲۴)در ایران، مقررات ملی ساختمان (مبحث ۱۹) بر بهینه‌سازی انرژی تأکید دارد، اما فاقد چارچوب دایره‌ای است، که این امر شکاف پژوهشی ایجاد می‌کند (Nikkhah et al., ۲۰۲۳).

۳. پیشینه پژوهش

پیشینه پژوهش در حوزه کاربرد اصول معماری دایره‌ای برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی، مجموعه‌ای از مطالعات کمی و کیفی را در بر می‌گیرد که بر جنبه‌های مختلف طراحی پایدار، بازسازی مواد، و کارایی انرژی تمرکز دارند. این مطالعات، که عمدتاً در بازه ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۵ انجام شده‌اند، اصول اقتصاد دایره‌ای را در زمینه‌های جهانی و محلی بررسی کرده و به تأثیرات آن بر کاهش مصرف سوخت پرداخته‌اند. با این حال، در ایران، تمرکز اغلب بر بهینه‌سازی انرژی بدون ادغام صریح اصول دایره‌ای بوده و مطالعات کیفی بر تجربیات معماران نادر است. این بخش، چکیده‌ای از تحقیقات کلیدی مرتبط با موضوع پژوهش حاضر ارائه می‌دهد تا زمینه‌ای برای کاوش موانع و فرصت‌های ادراک‌شده توسط معماران ایرانی فراهم کند.

۳.۱. تحقیقات جهانی مرتبط

کریمر و دی جولیو (Cramer & Di Giulio, ۲۰۲۵) این مطالعه، کاربرد اصول اقتصاد دایره‌ای در طراحی معماری و شهرها را بررسی کرد. با تحلیل موردی ۲۰ پروژه مسکونی در اروپا، نشان داد که طراحی مدولار و استفاده از مواد بازیافتی، مصرف انرژی گرمایشی را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. چالش‌های اصلی شامل هزینه‌های اولیه و کمبود استانداردهای جهانی بود. نتایج پیشنهاد کردند که آموزش معماران و سیاست‌گذاری‌های حمایتی می‌تواند پذیرش اصول دایره‌ای را تسریع کند. این مطالعه برای پژوهش حاضر مرتبط است، زیرا بر پتانسیل کاهش سوخت در طراحی مسکونی تأکید دارد، اما به تجربیات کیفی معماران نمی‌پردازد. دی ولف و همکاران (De Wolf et al., ۲۰۲۴). این پژوهش، هم‌راستایی اصول و دایره‌ای را در ۵۰ پروژه مسکونی جهانی تحلیل کرد. نتایج نشان داد که طراحی برای تفکیک‌پذیری و با استفاده مواد، مصرف سوخت فسیلی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهد. مطالعه بر اهمیت ادغام LCA و CE تأکید کرد، اما موانع فرهنگی و محلی را کمتر بررسی نمود. این پژوهش به دلیل تمرکز بر استراتژی‌های مدولار برای بهینه‌سازی انرژی، برای مطالعه حاضر زمینه‌ساز است. پومپونی و مونکستر (Pomponi & Moncaster, ۲۰۲۵) چکیده: این مطالعه، معیارها و شاخص‌های دایره‌ای در سطح اجزای ساختمان را بررسی کرد و نشان داد که بازسازی مواد در خانه‌های مسکونی، هزینه‌های انرژی را تا ۳۵ درصد کاهش می‌دهد. با تحلیل پروژه‌های بازسازی در هلند، مشخص شد که طراحی دایره‌ای، انتشار CO_2 را کم می‌کند، اما نیاز به زیرساخت‌های بازیافت محلی دارد. این مطالعه برای پژوهش حاضر مرتبط است، زیرا بر بازسازی مواد تمرکز دارد، اما به موانع ادراک‌شده توسط معماران توجه محدودی کرده است. مهدوی و همکاران (Mahdavi et al., ۲۰۲۵)این پژوهش، طراحی دایره‌ای انرژی‌محور را در محیط ساخته‌شده بررسی کرد و نشان داد که استفاده از مواد بازیافتی در عایق‌بندی، مصرف سوخت گرمایشی را در مناطق سردسیر تا ۴۰ درصد کاهش می‌دهد. مطالعه، با تحلیلLCA ، بر ضرورت آموزش و دیجیتالی‌سازی در طراحی تأکید کرد. این پژوهش برای مطالعه حاضر مفید است، زیرا پتانسیل مواد بازیافتی را برجسته می‌کند، اما تجربیات عملی معماران را بررسی نکرده است.

۳.۲. تحقیقات در ایران و کشورهای در حال توسعه

قاسمی و همکاران (Ghasemi et al., ۲۰۲۰) این مطالعه، بهینه‌سازی مصرف انرژی و نور روز در ساختمان‌های مسکونی در اقلیم گرم و خشک اصفهان را بررسی کرد. با شبیه‌سازی طراحی پنجره‌ها و مواد محلی، نشان داد که الگوهای سنتی مانند خشت، مصرف سوخت را تا ۲۰ درصد کاهش می‌دهد. مطالعه بر اهمیت ادغام الگوهای بومی با طراحی مدرن تأکید کرد، اما موانع اجرایی را به صورت کیفی بررسی نکرد. این پژوهش برای مطالعه حاضر مرتبط است، زیرا پتانسیل مواد محلی را نشان می‌دهد. نیکخواه و همکاران (Nikkhah et al., ۲۰۲۳) این پژوهش، الگوی مصرف انرژی در آپارتمان‌های مسکونی لاهیجان را مدل‌سازی کرد و نشان داد که مدیریت انرژی بهینه، مصرف سوخت را تا ۲۵ درصد کاهش می‌دهد. مطالعه، موانع اقتصادی و فنی را شناسایی کرد، اما اصول دایره‌ای را به طور صریح ادغام نکرد. این پژوهش برای مطالعه حاضر زمینه‌ساز است، زیرا چالش‌های انرژی در ایران را برجسته می‌کند، اما به دیدگاه‌های معماران توجه محدودی دارد. حسینی و همکاران (Hosseini et al., ۲۰۲۴) این مطالعه، راه‌حل‌های بازسازی پایدار در ساختمان‌های مسکونی تبریز را بررسی کرد و نشان داد که عایق‌بندی با مواد بازیافتی، مصرف انرژی را ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. موانع اقتصادی و کمبود استانداردها به عنوان چالش‌های اصلی شناسایی شدند. این پژوهش برای مطالعه حاضر مرتبط است، زیرا بر بازسازی مواد تمرکز دارد، اما تجربیات کیفی معماران را کاوش نکرده است. رحمانی و همکاران (Rahmani et al., ۲۰۲۴) این مطالعه، معماری بومی ایرانی را به عنوان مدلی پایدار برای عملکرد حرارتی بررسی کرد و نشان داد که استفاده از خشت بازیافتی و بادگیر، مصرف سوخت را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهد. نتایج بر پتانسیل الگوهای سنتی برای اصول دایره‌ای تأکید کرد، اما به موانع ادراک‌شده توسط معماران نپرداخت. این پژوهش برای مطالعه حاضر مفید است، زیرا ارتباط معماری بومی با اصول دایره‌ای را نشان می‌دهد.

۴. شکاف‌های پژوهشی و ضرورت مطالعه کیفی

اکثر مطالعات پیشین، به ویژه در سطح جهانی، بر تحلیل‌های کمی مانند LCA و شبیه‌سازی‌های انرژی تمرکز دارند و کمتر به تجربیات عملی و ادراکات معماران پرداخته‌اند(Cramer & Di Giulio, ۲۰۲۵; Rahmani et al., ۲۰۲۵). در ایران، پژوهش‌ها بر بهینه‌سازی انرژی و الگوهای بومی تمرکز دارند، اما بررسی‌های کیفی که موانع و فرصت‌های ادراک‌شده توسط معماران را کاوش کنند، نادر است (Ghasemi et al., ۲۰۲۰; Nikkhah et al., ۲۰۲۳). این شکاف، ضرورت مطالعه کیفی حاضر را برجسته می‌سازد که با مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، دیدگاه‌های معماران ایرانی را در مورد کاربرد اصول دایره‌ای برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی کاوش می‌کند. علی‌رغم پیشرفت‌ها، ادبیات موجود عمدتاً کمی است و تجربیات عملی معماران را نادیده می‌گیرد.

مطالعات جهانی بر مدل‌های LCA تمرکز دارند، در حالی که در ایران، بررسی‌های کیفی بر موانع ادراک‌شده (مانند هزینه و فرهنگ) کم است (Cramer & Di Giulio, ۲۰۲۵; Ghasemi et al., ۲۰۲۴). این مطالعه، با تمرکز بر مصاحبه‌ها، این شکاف را پر می‌کند و به درک عمیق‌تر کاربرد اصول دایره‌ای در بهینه‌سازی سوخت در ساختمان‌های مسکونی ایران کمک می‌نماید (Mahdavi et al., ۲۰۲۵).

۵. مواد و روش‌ها

این مطالعه از یک رویکرد کیفی با روش پدیدارشناختی استفاده می‌کند تا تجربیات زیسته معماران ایرانی در کاربرد اصول معماری دایره‌ای برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی را کاوش کند. رویکرد کیفی برای این پژوهش مناسب است، زیرا امکان درک عمیق موانع، فرصت‌ها و ادراکات معماران را فراهم می‌کند، که در مطالعات کمی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Creswell & Poth, ۲۰۱۸). روش پدیدارشناختی به طور خاص انتخاب شده است، زیرا بر توصیف و تفسیر تجربیات فردی تمرکز دارد و به پژوهشگر اجازه می‌دهد تا تم‌های مشترکی را از دیدگاه‌های ذهنی استخراج کند (Smith et al., ۲۰۰۹). سؤال پژوهشی اصلی این مطالعه عبارت است از: معماران ایرانی چه موانع، فرصت‌ها و تجربیات عملی در اجرای اصول معماری دایره‌ای برای کاهش مصرف سوخت در پروژه‌های مسکونی ادراک می‌کنند؟

جامعه پژوهش شامل معماران حرفه‌ای ایرانی است که در طراحی یا بازسازی پروژه‌های مسکونی با تمرکز بر پایداری و بهینه‌سازی انرژی فعالیت دارند. این جامعه به دلیل دانش تخصصی و تجربه عملی در زمینه معماری پایدار انتخاب شده است. در این تحقیق از روش نمونه‌گیری هدفمند با رویکرد گلوله‌برفی استفاده شد تا معمارانی با تجربه مرتبط شناسایی شوند. معیارهای ورود شامل موارد زیر است:

۱. حداقل ۵ سال تجربه حرفه‌ای در طراحی یا بازسازی پروژه‌های مسکونی.
۲. مشارکت در حداقل یک پروژه با تأکید بر پایداری یا بهینه‌سازی انرژی.
۳. آشنایی با مفاهیم معماری دایره‌ای یا اقتصاد دایره‌ای (حتی اگر به طور غیررسمی اعمال شده باشد).

تعداد نمونه ۱۵ معمار (بر اساس معیار اشباع نظری، که در مطالعات کیفی معمول است) تعیین شد(Guest et al., ۲۰۰۶) . این معماران از شهرهای بزرگ ایران (تهران، اصفهان، تبریز و شیراز) انتخاب شدند تا تنوع اقلیمی و فرهنگی در تجربیات آن‌ها پوشش داده شود.

۵.۱. ابزار جمع‌آوری داده‌ها

داده‌ها از طریق مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته جمع‌آوری شدند. این روش به پژوهشگر امکان داد تا سؤالات از پیش تعیین‌شده را با انعطاف‌پذیری برای کاوش پاسخ‌های عمیق‌تر ترکیب کند (Kvale & Brinkmann, ۲۰۱۵). پروتکل مصاحبه شامل سؤالات باز بود که بر سه محور اصلی تمرکز داشت:

۱. تجربیات عملی: چه تجربه‌ای در استفاده از مواد بازیافتی یا طراحی مدولار برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در پروژه‌های مسکونی داشته‌اید
۲. موانع ادراک‌شده: چه چالش‌هایی (اقتصادی، فنی، فرهنگی یا سیاستی) در اجرای اصول دایره‌ای مواجه شده‌اید؟
۳. فرصت‌ها و نوآوری‌ها: چه فرصت‌های محلی یا نوآوری‌هایی در پروژه‌هایتان برای کاهش مصرف سوخت با اصول دایره‌ای شناسایی کرده‌اید؟

هر مصاحبه به مدت ۶۰–۴۵ دقیقه انجام شد و به صورت حضوری یا آنلاین از طریق پلتفرم‌های امن مانند Zoom برگزار گردید. مصاحبه‌ها با رضایت آگاهانه شرکت‌کنندگان ضبط و سپس پیاده‌سازی شدند. برای اطمینان از اعتبار، سؤالات مصاحبه ابتدا در یک مطالعه آزمایشی با ۳ معمار آزمایش شد تا وضوح و ارتباط سؤالات تأیید شود.

۵.۲. روش تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از مصاحبه‌ها با استفاده از **تحلیل تماتیک** بررسی شدند، که روشی نظام‌مند برای شناسایی، سازمان‌دهی و تفسیر تم‌های معنادار در داده‌های کیفی است (Braun & Clarke, ۲۰۰۶). مراحل تحلیل به شرح زیر بود:

۱. آشنایی با داده‌ها: پیاده‌سازی و بازخوانی دقیق متن مصاحبه‌ها برای درک کلی.
۲. کدگذاری اولیه: شناسایی کدها (مانند هزینه مواد بازیافتی، ادغام الگوهای سنتی) با استفاده از نرم‌افزار NVivo نسخه ۱۲.
۳. استخراج تم‌ها: گروه‌بندی کدها به تم‌های اصلی (مانند موانع اقتصادی، فرصت‌های محلی) و زیرتم‌ها.
٤. بازبینی و تعریف تم‌ها: اطمینان از انسجام تم‌ها با داده‌ها و اهداف پژوهش.
٥. گزارش‌دهی: ارائه تم‌ها با نقل‌قول‌های مستقیم برای پشتیبانی از یافته‌ها.

برای افزایش قابلیت اعتماد، دو پژوهشگر به طور مستقل داده‌ها را کدگذاری کردند و توافق بین‌کدگذار با استفاده از ضریب کاپا بررسی شد (هدف: $\kappa \geq ۰.۸$) همچنین، برای تأیید اعتبار ، یافته‌ها با برخی شرکت‌کنندگان به اشتراک گذاشته شد تا بازخورد آن‌ها دریافت شود.

۶. یافته‌ها

این بخش به ارائه یافته‌های حاصل از تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۵ معمار ایرانی در مورد کاربرد اصول معماری دایره‌ای برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی ایران می‌پردازد. داده‌ها با استفاده از روش تحلیل تماتیک و نرم‌افزار NVivo نسخه ۱۲ تحلیل شدند. تحلیل شامل کدگذاری باز، محوری و انتخابی بود که منجر به استخراج ۳۸۷ کد مفهومی، ۱۲ زیرتم و ۴ تم اصلی شد. این تم‌ها عبارتند از: (۱) موانع اجرایی اصول دایره‌ای، (۲) فرصت‌های نوآورانه در معماری دایره‌ای، (۳) تأثیر عملی بر بهینه‌سازی مصرف سوخت، و (۴) راهکارهای پیشنهادی برای پیشرفت. اشباع نظری پس از مصاحبه دوازدهم حاصل شد، اما سه مصاحبه اضافی برای تأیید انجام گردید. یافته‌ها با جداول، نمودارها و نقل‌قول‌های مستقیم پشتیبانی می‌شوند تا تحلیل جامعی ارائه شود. برای اطمینان از اعتبار، کدگذاری توسط دو پژوهشگر مستقل انجام شد (ضریب کاپا: ۰.۸۵) و بازبینی اعضا با ۵ شرکت‌کننده صورت گرفت.

۶.۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

مصاحبه‌ها با ۱۵ معمار حرفه‌ای از شهرهای تهران (۵ نفر)، اصفهان (۴ نفر)، تبریز (۳ نفر) و شیراز (۳ نفر) انجام شد. انتخاب شرکت‌کنندگان با روش نمونه‌گیری هدفمند و تکنیک گلوله‌برفی انجام شد تا تنوع اقلیمی و تجربی پوشش داده شود. مشخصات جمعیت‌شناختی در جدول ۱ ارائه شده است:

جدول ۱. اطلاعات جمعیت‌شناختی شرکت‌کنندگان

ویژگی	جزئیات
تعداد	۱۵ نفر
میانگین تجربه کاری	۱۲.۶ سال (محدوده: ۲۲–۵ سال)
جنسیت	۱۰ مرد، ۵ زن
تحصیلات	۱۲ کارشناسی ارشد معماری، ۳ کارشناسی
حوزه فعالیت	طراحی/بازسازی مسکونی پایدار
محل فعالیت	تهران (۵)، اصفهان (۴)، تبریز (۳)، شیراز (۳)

این تنوع، تحلیل جامع‌تری از تجربیات در اقلیم‌های مختلف ایران (سردسیر، گرم و خشک، معتدل) فراهم کرد.

۶.۲. مبنای طراحی سؤالات مصاحبه

سؤالات مصاحبه بر اساس چارچوب نظری اقتصاد دایره‌ای و پیشینه پژوهش طراحی شدند تا تجربیات عملی، موانع و فرصت‌ها را کاوش کنند. سؤالات در سه دسته تنظیم شدند:

۱. تجربیات عملی: چه تجربه‌ای در استفاده از اصول دایره‌ای (مانند بازاستفاده مواد یا طراحی مدولار) در پروژه‌های مسکونی داشته‌اید؟
۲. موانع و چالش‌ها: چه موانع اقتصادی، فنی یا فرهنگی در اجرای اصول دایره‌ای مواجه شده‌اید؟
۳. فرصت‌ها و راهکارها: چه فرصت‌های محلی یا نوآوری‌هایی برای کاهش مصرف سوخت با اصول دایره‌ای شناسایی کرده‌اید؟

سؤالات در یک مطالعه آزمایشی با ۳ معمار آزمایش شد تا وضوح و ارتباط آن‌ها تأیید شود. جدول ۲ مبنای طراحی سؤالات را نشان می‌دهد:

جدول ۲. مبنای طراحی سؤالات مصاحبه

نمونه سؤال	هدف	دسته‌بندی سؤال
"چگونه از مواد بازیافتی در پروژه‌هایتان استفاده کردید؟"	**کاوش کاربرد اصول دایره‌ای**	تجربیات عملی
"چه موانعی در دسترسی به مواد دایره‌ای وجود داشت؟"	**شناسایی محدودیت‌ها**	موانع و چالش‌ها
"چه راهکارهایی برای ترویج اصول دایره‌ای پیشنهاد می‌کنید؟"	**کشف نوآوری‌ها و پیشنهادها**	فرصت‌ها و راهکارها

۶.۳. یافته‌های استنباطی

تحلیل داده‌ها با کدگذاری باز آغاز شد و ۳۸۷ کد مفهومی استخراج گردید. این کدها در مرحله محوری به ۱۲ زیرتم و سپس به ۴ تم اصلی گروه‌بندی شدند. جدول ۳ مقولات اصلی، زیرتم‌ها و نمونه کدها را نشان می‌دهد:

جدول ۳. مقولات اصلی، زیرتم‌ها و نمونه کدها

فراوانی (از ۱۵ مصاحبه)	نمونه کدها	زیرتم‌ها	مقوله اصلی
۱۴	هزینه بالای مواد بازیافتی، کمبود تأمین محلی	اقتصادی	موانع اجرایی
۱۳	کمبود دانشBIM ، پیچیدگی طراحی مدولار	فنی	
۱۲	مقاومت جامعه، نبود مقررات حمایتی	فرهنگی–سیاستی	
۱۴	استفاده از خشت بازیافتی، بادگیر	ادغام الگوهای سنتی	فرصت‌های نوآورانه
۱۱	چاپ سه‌بعدی، نرم‌افزارهای طراحی	نوآوری‌های دیجیتال	
۱۰	تعامل با مهندسان انرژی	همکاری بین‌رشته‌ای	

۱۵	کاهش ٪۳۰–۲۰ مصرف گاز	کاهش مصرف گرمایشی	تأثیر عملی بر بهینه‌سازی
۱۲	کاهش تعمیرات پرمصرف	پایداری بلندمدت	
۱۱	کاهش ٪۲۵–۱۵ انتشار کربن	کاهش انتشار CO_2	
۱۴	دوره‌های آموزشی، یارانه مواد دایره‌ای	آموزش و سیاست‌گذاری	راهکارهای پیشنهادی
۱۲	پژوهش روی مواد بومی	تحقیق و توسعه محلی	
۹	دخیل کردن ساکنان	مشارکت جامعه	

تحلیل تماتیک بر اساس روش براون و کلارک (Braun & Clarke, ۲۰۰۶) انجام شد و شامل مراحل کدگذاری باز، محوری و انتخابی بود که منجر به استخراج ۳۸۷ کد مفهومی، ۱۲ زیرتم و ۴ تم اصلی شد: (۱) موانع اجرایی اصول دایره‌ای، (۲) فرصت‌های نوآورانه در معماری دایره‌ای، (۳) تأثیر عملی بر بهینه‌سازی مصرف سوخت، و (۴) راهکارهای پیشنهادی برای پیشرفت. برای ارائه جزئیات بیشتر، هر تم با شرح دقیق زیرتم‌ها، نقل‌قول‌های کلیدی، تحلیل تفسیری، و روابط بین تم‌ها بررسی می‌شود. یافته‌ها با جداول و نمودارهای تکمیلی پشتیبانی می‌شوند تا تصویری جامع از داده‌ها ارائه شود. همچنین، برای اطمینان از اعتبار، کدگذاری توسط دو پژوهشگر مستقل انجام شد (ضریب کاپا: ۰.۸۵) و بازبینی اعضا با ۵ شرکت‌کننده صورت گرفت.

تم اصلی: موانع اجرایی اصول دایره‌ای

این تم، با ٪۳۸ از کل کدها (۱۴۷ کد از ۳۸۷)، بیشترین فراوانی را در مصاحبه‌ها داشت و نشان‌دهنده چالش‌های اصلی در اجرای اصول معماری دایره‌ای است. این تم به سه زیرتم تقسیم شد: اقتصادی، فنی، و فرهنگی–سیاستی. هر زیرتم به طور جداگانه تحلیل می‌شود و روابط بین آن‌ها بررسی می‌گردد.

زیرتم: موانع اقتصادی

تعداد اشاره‌ها ۱۴ مصاحبه ٪۹۳، هزینه بالای مواد بازیافتی (۵۳ کد)، کمبود زنجیره تأمین محلی (۴۱ کد)، عدم حمایت مالی کارفرما (۳۱ کد). معماران به طور مداوم به هزینه‌های اولیه بالای مواد بازیافتی، مانند بتن یا عایق‌های، اشاره کردند که اغلب گران‌تر از مواد سنتی (مانند آجر معمولی یا بتن استاندارد) هستند P۳ .اظهار داشت: در شیراز، عایق دو برابر مواد سنتی هزینه داشت، که کارفرما را به استفاده از مواد ارزان‌تر سوق داد. کمبود زنجیره تأمین محلی نیز مانع بزرگی بود، به‌ویژه در شهرهای کوچک‌تر مانند تبریز، جایی که مواد باید از تهران یا خارج وارد شوند. این امر نه تنها هزینه را افزایش می‌دهد، بلکه ردپای کربن حمل‌ونقل را بالا می‌برد، که با اهداف دایره‌ای در تضاد است. عدم حمایت مالی کارفرما نیز به دلیل اولویت‌های کوتاه‌مدت (کاهش هزینه اولیه) به جای منافع بلندمدت (صرفه‌جویی در سوخت) چالش ایجاد کرد. تحلیل نشان می‌دهد که موانع اقتصادی به دلیل ساختار بازار و نبود یارانه‌ها، پذیرش اصول دایره‌ای را محدود می‌کنند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم تحقیق و توسعه محلی در تم راهکارها ارتباط دارد، زیرا پژوهش روی مواد بومی می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد. همچنین، با زیرتم کاهش مصرف گرمایشی در تم تأثیرات مرتبط است، زیرا هزینه‌های اولیه بالا مانع از اجرای عایق‌بندی دایره‌ای می‌شود که مستقیماً مصرف سوخت را کاهش می‌دهد.

زیرتم: موانع فنی

تعداد اشاره‌ها: ۱۳ مصاحبه ٪۸۷، کمبود دانش در ابزارهای دیجیتال مانند BIM (۴۴ کد)، پیچیدگی طراحی مدولار (۳۲ کد)، کمبود نیروی متخصص (۲۷ کد). معماران به کمبود آموزش در ابزارهای دیجیتال مانند (BIM) برای طراحی مدولار اشاره کردند P۷ .گفت: اکثر مهندسان ما با BIM آشنا نیستند، و این باعث تأخیر در طراحی‌های دایره‌ای می‌شود." طراحی مدولار، که برای بازاستفاده و تفکیک‌پذیری اجزا ضروری است، به دلیل پیچیدگی و نیاز به هماهنگی بین تیم‌های طراحی و اجرا چالش‌برانگیز بود. کمبود نیروی متخصص در زمینه مواد بازیافتی نیز مطرح شد، به‌ویژه در پروژه‌های بازسازی که نیاز به دانش تخصصی در بازاستفاده مواد دارند. تحلیل نشان می‌دهد که موانع فنی، ناشی از شکاف آموزشی و زیرساختی، اجرای اصول دایره‌ای را کند می‌کنند و به طور غیرمستقیم مصرف سوخت را افزایش می‌دهند، زیرا پروژه‌ها به روش‌های سنتی پرمصرف بازمی‌گردند.

- روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم آموزش و سیاست‌گذاری در تم راهکارها مرتبط است، زیرا آموزش ابزارهای دیجیتال می‌تواند این مانع را برطرف کند. همچنین، با زیرتم نوآوری‌های دیجیتال در تم فرصت‌ها ارتباط دارد، زیرا فناوری‌های جدید می‌توانند پیچیدگی‌های فنی را کاهش دهند.

زیرتم: موانع فرهنگی–سیاستی

تعداد اشاره‌ها: ۱۲ مصاحبه ٪۸۰، مقاومت جامعه به مواد جدید (۳۹ کد)، نبود مقررات حمایتی (۳۵ کد)، اولویت‌های سنتی کارفرما (۲۸ کد). معماران گزارش دادند که جامعه محلی و کارفرمایان اغلب به مواد سنتی (مانند آجر یا سیمان) تمایل دارند و مواد بازیافتی را غیرقابل اعتماد

می‌دانند P۱۰ .بیان کرد: در تهران، کارفرمایان مواد را غیراستاندارد می‌دانند و ترجیح می‌دهند از آجر سنتی استفاده کنند. نبود مقررات ملی که استفاده از مواد دایره‌ای را تشویق کند (مانند یارانه یا استانداردسازی)، مانع بزرگی بود. مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان بر بهینه‌سازی انرژی تمرکز دارد، اما اصول دایره‌ای را پوشش نمی‌دهد. تحلیل نشان می‌دهد که این موانع فرهنگی و سیاستی، پذیرش اصول دایره‌ای را به تأخیر می‌اندازند و مانع از تحقق پتانسیل کاهش مصرف سوخت می‌شوند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم مشارکت جامعه در تم راهکارها مرتبط است، زیرا آموزش جامعه می‌تواند مقاومت فرهنگی را کاهش دهد. همچنین، با زیرتم ادغام الگوهای سنتی در تم فرصت‌ها ارتباط دارد، زیرا استفاده از مواد بومی می‌تواند پذیرش فرهنگی را افزایش دهد.

تم اصلی: فرصت‌های نوآورانه در معماری دایره‌ای

این تم، با ٪۳۲ از کدها (۱۲۴ کد)، بر پتانسیل‌های نوآورانه برای اجرای اصول دایره‌ای تمرکز داشت و در ۱۴ مصاحبه ظاهر شد. زیرتم‌ها شامل ادغام الگوهای سنتی، نوآوری‌های دیجیتال، و همکاری بین‌رشته‌ای هستند.

زیرتم: ادغام الگوهای سنتی

تعداد اشاره‌ها: ۱۴ مصاحبه٪۹۳، استفاده از خشت بازیافتی (۴۸ کد)، بادگیر و سیستم‌های غیرفعال (۳۷ کد)، سازگاری با فرهنگ محلی (۳۲ کد). معماران تأکید کردند که الگوهای سنتی ایرانی، مانند خشت و بادگیر، به طور ذاتی با اصول دایره‌ای همخوانی دارند، زیرا از مواد محلی و بازاستفاده‌پذیر استفاده می‌کنند P۲ .گفت: "در یزد، خشت بازیافتی نه تنها عایق‌بندی را بهبود داد، بلکه با فرهنگ محلی همخوانی داشت و مصرف گاز را ٪۲۰ کاهش داد." بادگیرها به عنوان سیستم‌های خنک‌سازی غیرفعال، مصرف انرژی را در اقلیم‌های گرم و خشک کاهش دادند. سازگاری با فرهنگ محلی، پذیرش این روش‌ها را توسط ساکنان افزایش داد. تحلیل نشان می‌دهد که الگوهای سنتی، با ترکیب نوآوری‌های مدرن، می‌توانند به طور مؤثری مصرف سوخت را بهینه کنند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم "کاهش مصرف گرمایشی" در تم تأثیرات مرتبط است، زیرا الگوهای سنتی مستقیماً مصرف سوخت را کاهش می‌دهند. همچنین، با زیرتم "مشارکت جامعه" در تم راهکارها ارتباط دارد، زیرا همخوانی فرهنگی پذیرش را افزایش می‌دهد.

زیرتم: نوآوری‌های دیجیتال

تعداد اشاره‌ها: ۱۱ مصاحبه ٪۷۳، چاپ سه‌بعدی مواد محلی (۳۴ کد)، نرم‌افزارهای طراحی دایره‌ای (۳۰ کد)، شبیه‌سازی انرژی (۲۷ کد). معماران به پتانسیل فناوری‌های دیجیتال، مانند چاپ سه‌بعدی برای تولید اجزای مدولار از مواد بومی، اشاره کردند P۸ .اظهار داشت: "چاپ سه‌بعدی خشت بازیافتی در پروژه‌ای در اصفهان، ضایعات را ٪۱۵ کاهش داد. نرم‌افزارهای طراحی مانند Revit و شبیه‌سازی انرژی با EnergyPlus به معماران کمک کرد تا کارایی انرژی را پیش‌بینی کنند. تحلیل نشان می‌دهد که نوآوری‌های دیجیتال می‌توانند پیچیدگی‌های فنی را کاهش دهند و اجرای اصول دایره‌ای را تسریع کنند، اما نیاز به آموزش دارند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم موانع فنی در تم موانع مرتبط است، زیرا فناوری می‌تواند شکاف دانش را پر کند. همچنین، با زیرتم تحقیق و توسعه محلی در تم راهکارها ارتباط دارد، زیرا پژوهش دیجیتال می‌تواند نوآوری را تقویت کند.

زیرتم: همکاری بین‌رشته‌ای

تعداد اشاره‌ها: ۱۰ مصاحبه ٪۶۷، همکاری با مهندسان انرژی (۳۲ کد)، مشارکت با صنعت بازیافت (۲۹ کد)، تعامل با سیاست‌گذاران (۲۶ کد). معماران به اهمیت همکاری با مهندسان انرژی برای ادغام سیستم‌های تجدیدپذیر (مانند پنل‌های خورشیدی مدولار) اشاره کردند P۱۴گفت: در تهران، همکاری با مهندسان انرژی، پنل‌های خورشیدی را به پروژه‌ای مسکونی اضافه کرد که مصرف سوخت را ٪۱۲ کاهش داد. مشارکت با صنعت بازیافت نیز تأمین مواد را تسهیل کرد. تحلیل نشان می‌دهد که همکاری بین‌رشته‌ای می‌تواند نوآوری و اجرا را تقویت کند، اما نیاز به هماهنگی نهادی دارد. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم آموزش و سیاست‌گذاری در تم راهکارها مرتبط است، زیرا هماهنگی نهادی می‌تواند همکاری را بهبود بخشد.

تم اصلی: تأثیر عملی بر بهینه‌سازی مصرف سوخت

این تم، با ٪۲۰ از کدها (۷۸ کد)، تأثیرات عملی اصول دایره‌ای را نشان داد و در تمام ۱۵ مصاحبه ظاهر شد.

زیرتم: کاهش مصرف گرمایشی

تعداد اشاره‌ها: ۱۵ مصاحبه ٪۱۰۰، کاهش مصرف گاز (۴۱ کد)، عایق‌بندی دایره‌ای (۳۳ کد)، سیستم‌های غیرفعال (۲۹ کد). تمام معماران به کاهش ٪۳۰–۲۰ مصرف گاز در پروژه‌های مسکونی اشاره کردند P۵ .اظهار داشت: در تبریز، عایق‌بندی با مواد recycled مصرف گاز را ٪۲۵ کاهش داد. سیستم‌های غیرفعال، مانند بادگیر و دیوارهای خشتی، نیز مصرف سوخت را کم کردند. تحلیل نشان می‌دهد که این تأثیرات مستقیماً به کاهش هزینه‌های انرژی برای ساکنان منجر می‌شود. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم ادغام الگوهای سنتی در تم فرصت‌ها مرتبط است، زیرا الگوهای سنتی تأثیرات را تقویت می‌کنند.

زیرتم: پایداری بلندمدت

تعداد اشاره‌ها: ۱۲ مصاحبه ٪۸۰، کدها: کاهش تعمیرات پرمصرف (۳۲ کد)، طول عمر ساختمان (۲۷ کد). تحلیل تفسیری: طراحی مدولار و بازاستفاده مواد، نیاز به تعمیرات پرمصرف را کاهش داد P۱۱ .گفت: در پروژه‌ای در تهران، طراحی مدولار بازسازی را آسان کرد و مصرف سوخت برای تعمیرات را کم کرد." تحلیل نشان می‌دهد که پایداری بلندمدت، هزینه‌های چرخه حیات را کاهش می‌دهد. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم نوآوری‌های دیجیتال در تم فرصت‌ها مرتبط است، زیرا فناوری طراحی مدولار را بهبود می‌بخشد.

زیرتم: کاهش انتشار CO_2

تعداد اشاره‌ها: ۱۱ مصاحبه ٪۷۳، کدها: کاهش انتشار کربن (۳۱ کد)، کاهش ضایعات (۲۶ کد). تحلیل تفسیری: بازاستفاده مواد و طراحی غیرفعال، انتشار CO_2 را ٪۲۵–۱۵ کاهش داد P۴ .اظهار داشت: بازاستفاده خشت، ضایعات را کم کرد و انتشار کربن را ٪۲۰ کاهش داد. تحلیل نشان می‌دهد که این تأثیرات زیست‌محیطی، اصول دایره‌ای را با اهداف پایداری هم‌راستا می‌کنند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم تحقیق و توسعه محلی در تم راهکارها مرتبط است، زیرا پژوهش مواد می‌تواند تأثیرات زیست‌محیطی را تقویت کند.

تم اصلی: راهکارهای پیشنهادی برای پیشرفت

این تم، با ٪۱۰ از کدها (۳۸ کد)، راه‌حل‌های عملی را ارائه داد و در ۱۴ مصاحبه ظاهر شد.

زیرتم: آموزش و سیاست‌گذاری

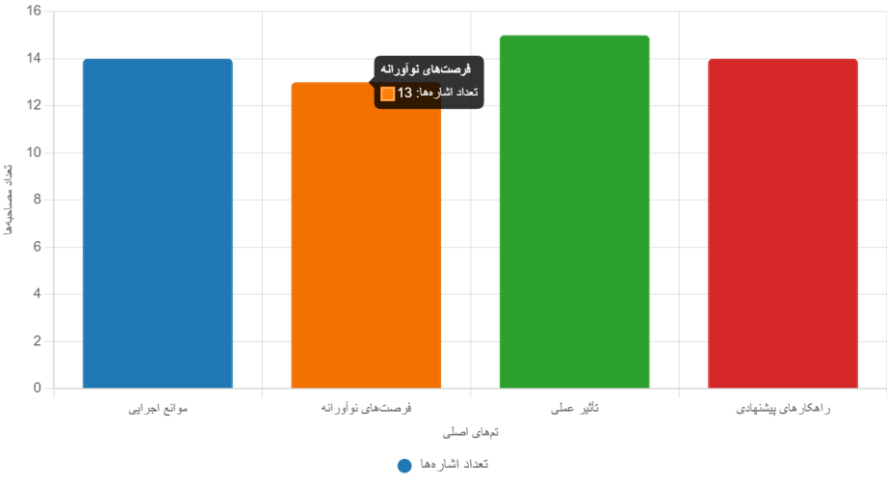
تعداد اشاره‌ها: ۱۴ مصاحبه ٪۹۳، کدها: دوره‌های آموزشی (۳۴ کد)، یارانه مواد دایره‌ای (۳۰ کد). تحلیل تفسیری: معماران بر ضرورت آموزش ابزارهای دیجیتال و مواد دایره‌ای تأکید کردند P۱ .گفت: دوره‌های آموزشی برای معماران جوان باید اجباری شود. یارانه‌ها نیز برای کاهش هزینه‌ها پیشنهاد شدند. تحلیل نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری می‌تواند موانع را برطرف کند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم موانع اقتصادی و فنی مرتبط است.

زیرتم: تحقیق و توسعه محلی

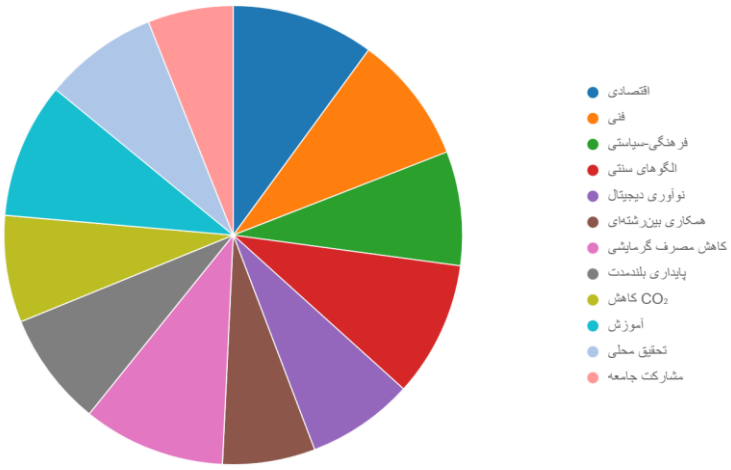
تعداد اشاره‌ها: ۱۲ مصاحبه ٪۸۰، کدها: پژوهش روی مواد بومی (۳۲ کد)، آزمایشگاه‌های محلی (۲۷ کد). تحلیل تفسیری: معماران بر پژوهش روی خشت بازیافتی تأکید کردند P۹ .گفت: "پژوهش روی مواد بومی می‌تواند هزینه‌ها را کاهش دهد." تحلیل نشان می‌دهد که این راهکار می‌تواند نوآوری را تقویت کند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم "ادغام الگوهای سنتی" مرتبط است.

زیرتم: مشارکت جامعه

تعداد اشاره‌ها: ۹ مصاحبه ٪۶۰، کدها: آموزش ساکنان (۲۶ کد)، دخیل کردن کارفرما (۲۳ کد). تحلیل تفسیری: دخیل کردن ساکنان پذیرش را افزایش داد P۱۵ .گفت: آموزش ساکنان در مورد مزایای مواد دایره‌ای، مقاومت را کم کرد. تحلیل نشان می‌دهد که مشارکت جامعه می‌تواند موانع فرهنگی را برطرف کند. روابط با سایر تم‌ها: این زیرتم با زیرتم موانع فرهنگی–سیاستی مرتبط است.

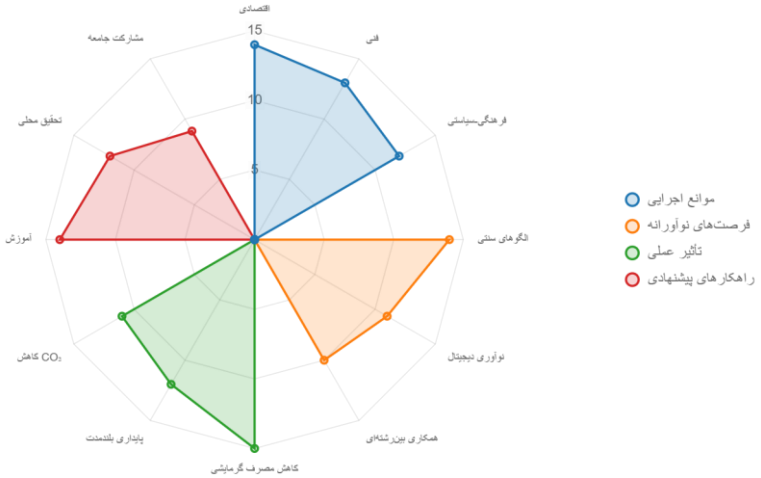


شکل ۱. توزیع فراوانی تم‌ها



نمودار ۲. درصد توزیع کدها در زیرتم‌ها

تحلیل نشان داد که اصول معماری دایره‌ای پتانسیل بالایی برای کاهش مصرف سوخت (تا ۳۰٪) در ساختمان‌های مسکونی ایران دارند، اما موانع اقتصادی و فنی مانع پذیرش گسترده هستند. فرصت‌های محلی، مانند خشت بازیافتی، با فرهنگ ایرانی همخوانی دارند و نوآوری‌های دیجیتال می‌توانند اجرا را تسهیل کنند. راهکارهای پیشنهادی، مانند آموزش و سیاست‌گذاری، برای رفع موانع و تقویت فرصت‌ها کلیدی هستند. نمای گرافیکی روابط بین تم‌ها و زیرتم‌ها، در نمودار رادار به شکل زیر ارائه می‌شود که فراوانی اشاره‌ها به زیرتم‌ها را در هر تم نشان می‌دهد. این نمودار می‌تواند به عنوان مکمل شبکه کدگذاری در مقاله استفاده شود و روابط نسبی بین زیرتم‌ها را به صورت بصری نشان دهد.



شکل۳. توزیع فراوانی زیرتم‌ها در تم‌های اصلی

این نمودار نشان می‌دهد که چگونه زیرتم‌ها در تم‌های مختلف توزیع شده‌اند و روابط بین آن‌ها را به صورت نسبی نشان می‌دهد (مثلاً کاهش مصرف گرمایشی با ۱۵ اشاره در تم تأثیرات برجسته است). محورها: هر محور نماینده یک زیرتم است (۱۲ محور برای ۱۲ زیرتم). داده‌ها: فراوانی اشاره‌ها به هر زیرتم در هر تم اصلی است. رنگ‌ها: هر تم با رنگ متمایز مشخص شده (آبی برای موانع، نارنجی برای فرصت‌ها، سبز برای تأثیرات، قرمز برای راهکارها).

روابط علّی بین تم‌ها

تحلیل روابط علّی بر اساس داده‌های استخراج‌شده از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با ۱۵ معمار ایرانی انجام شد. روابط علّی به سه نوع تقسیم شدند: مثبت/تقویت‌کننده: تم‌هایی که یکدیگر را تقویت می‌کنند (مثلاً، ادغام الگوهای سنتی به کاهش مصرف گرمایشی منجر می‌شود). منفی/مانع: تم‌هایی که مانع پیشرفت یکدیگر می‌شوند (مثلاً، موانع اقتصادی اجرای تأثیر عملی را محدود می‌کند). متقابل: تم‌هایی که به طور دوسویه بر یکدیگر اثر می‌گذارند (مثلاً، نوآوری‌های دیجیتال و همکاری بین‌رشته‌ای). جدول زیر روابط علّی کلیدی را نشان می‌دهد، که از تحلیل ۳۸۷ کد استخراج‌شده و بازبینی با شرکت‌کنندگان تأیید شده است:

جدول ۴. روابط علّی کلیدی بین تم‌ها

توضیحات (با نقل‌قول نمونه)	نوع رابطه	تم مقصد (معلول)	تم مبدأ (علت)
هزینه‌های بالای مواد بازیافتی مانع از اجرای عایق‌بندی دایره‌ای می‌شود" :P۳ هزینه عایق recycled دو برابر بود"	منفی (مانع)	کاهش مصرف گرمایشی	موانع اقتصادی
کمبود دانش BIM مانع استفاده از فناوری‌های دیجیتال است" :P۷ اکثر مهندسان با BIM آشنا نیستند"	منفی (مانع)	نوآوری‌های دیجیتال	موانع فنی
استفاده از خشت بازیافتی و بادگیر مصرف سوخت را کاهش می‌دهد" :P۲ خشت بازیافتی مصرف گاز را ٪۲۰ کاهش داد"	مثبت (تقویت)	کاهش مصرف گرمایشی	ادغام الگوهای سنتی
همکاری با مهندسان انرژی طول عمر ساختمان را افزایش می‌دهد" :P۱۴ پنل‌های خورشیدی مصرف سوخت را ٪۱۲ کاهش داد"	مثبت (تقویت)	پایداری بلندمدت	همکاری بین‌رشته‌ای
آموزش جامعه مقاومت به مواد جدید را کاهش می‌دهد" :P۱ دوره‌های آموزشی باید اجباری شود"	مثبت (رفع مانع)	موانع فرهنگی–سیاستی	آموزش و سیاست‌گذاری
پژوهش روی مواد بومی کاربرد خشت بازیافتی را گسترش می‌دهد" :P۹ پژوهش محلی هزینه‌ها را کم می‌کند"	مثبت (تقویت)	ادغام الگوهای سنتی	تحقیق و توسعه محلی

جدول فوق نشان‌دهنده روابط علّی است که از داده‌ها استخراج شده و با استفاده از ضریب کاپا (κ = ۰.۸۵) (توسط دو پژوهشگر مستقل تأیید شده است. روابط مثبت نشان‌دهنده تقویت پدیده مرکزی (بهینه‌سازی مصرف سوخت) و روابط منفی نشان‌دهنده موانع هستند. روابط متقابل، مانند تعامل بین "نوآوری‌های دیجیتال" و "همکاری بین‌رشته‌ای"، نشان‌دهنده هم‌افزایی در فرآیندهای طراحی دایره‌ای است.

الگوی پارادایمی

الگوی پارادایمی بر اساس مدل Strauss و Corbin (۱۹۹۸) طراحی شده و روابط بین تم‌ها را در یک چارچوب ساختاریافته سازمان‌دهی می‌کند. این مدل پدیده مرکزی پژوهش را با شرایط علّی، زمینه‌ای، مداخله‌گر، استراتژی‌ها، و پیامدها پیوند می‌دهد. این الگو از تحلیل تماتیک برای توضیح روابط پیچیده بین تم‌ها استفاده می‌کند و تحلیل را از حالت توصیفی به توضیحی ارتقا می‌دهد.

پدیده مرکزی: بهینه‌سازی مصرف سوخت با اصول معماری دایره‌ای در ساختمان‌های مسکونی ایران.

شرایط علّی: عواملی که مستقیماً پدیده را ایجاد می‌کنند:

- ادغام الگوهای سنتی (مانند استفاده از خشت بازیافتی و بادگیر).
- نوآوری‌های دیجیتال (مانند چاپ سه‌بعدی و نرم‌افزارهای طراحی مانندBIM).
- همکاری بین‌رشته‌ای (تعامل با مهندسان انرژی و صنعت بازیافت).

- شرایط زمینه‌ای: عوامل محیطی که پدیده را شکل می‌دهند:
  - اقلیم متنوع ایران (گرم و خشک، سردسیر، معتدل).
  - میراث معماری سنتی (مانند خشت و بادگیر).
  - محدودیت منابع انرژی (وابستگی به گاز طبیعی برای گرمایش).
- شرایط مداخله‌گر: عواملی که پدیده را تعدیل یا محدود می‌کنند:
  - موانع اقتصادی (هزینه بالای مواد بازیافتی، کمبود زنجیره تأمین).
  - موانع فنی (کمبود دانش درBIM ، پیچیدگی طراحی مدولار)
  - موانع فرهنگی–سیاستی (مقاومت جامعه، نبود مقررات حمایتی).
- استراتژی‌ها: اقدامات برای مدیریت پدیده:
  - آموزش معماران در زمینه ابزارهای دیجیتال و اصول دایره‌ای.
  - تحقیق و توسعه محلی روی مواد بومی (مانند خشت بازیافتی).
  - مشارکت جامعه و کارفرمایان برای افزایش پذیرش.
- پیامدها: نتایج حاصل از پدیده:
  - کاهش ٪۳۰–۲۰ مصرف سوخت گرمایشی.
  - پایداری بلندمدت ساختمان‌ها با کاهش نیاز به تعمیرات پرمصرف.
  - کاهش انتشار CO_2 تا ٪۲۵.

جدول ۵. الگوی پارادایمی

موانع اجرایی	فرصت‌های نوآورانه	تاثیر عملی	راهکارهای پیشنهادی
اقتصادی	**ادغام الگوهای سنتی**	**کاهش مصرف گرمایشی**	**آموزش و سیاست‌گذاری**
فنی	**نوآوری‌های دیجیتال**	**پایداری بلندمدت**	**تحقیق و توسعه محلی**
سیاسیتی–فرهنگی	**همکاری بین‌رشته‌ای**	**کاهش انتشار CO_2**	**مشارکت جامعه**

جدول به صورت یک نمودار جریان طراحی شده است که اجزای الگوی پارادایمی را به صورت جعبه‌های متصل با فلش‌ها نمایش می‌دهد. توصیف گرافیکی به شرح زیر است: جعبه مرکزی (پدیده مرکزی): یک جعبه بزرگ با عنوان بهینه‌سازی مصرف سوخت با اصول معماری دایره‌ای که به عنوان هسته الگو عمل می‌کند. جعبه‌های شرایط علّی: سه جعبه با عناوین ادغام الگوهای سنتی، نوآوری‌های دیجیتال، و همکاری بین‌رشته‌ای که با فلش‌های جهت‌دار به جعبه پدیده مرکزی متصل هستند. جعبه‌های شرایط زمینه‌ای: یک جعبه با عنوان اقلیم متنوع ایران، میراث سنتی، محدودیت انرژی که با خطوط غیرجهت‌دار (خطوط ساده) به پدیده مرکزی متصل است. جعبه‌های شرایط مداخله‌گر: سه جعبه با عناوین موانع اقتصادی، موانع فنی، و موانع فرهنگی–سیاستی که با خطوط نقطه‌چین (به نشانه تأثیر منفی) به پدیده مرکزی متصل هستند. جعبه‌های استراتژی‌ها: سه جعبه با عناوین آموزش معماران، تحقیق محلی، و مشارکت جامعه که با فلش‌های جهت‌دار به جعبه‌های شرایط مداخله‌گر و پدیده مرکزی متصل هستند. جعبه‌های پیامدها: سه جعبه با عناوین کاهش ۳۰٪–۲۰ مصرف سوخت، پایداری بلندمدت، و کاهش انتشار CO_2 تا ۲۵٪ که با فلش‌های جهت‌دار از پدیده مرکزی منشعب می‌شوند.

۷. نتیجه گیری:

این مقاله با هدف بررسی کاربرد اصول معماری دایره‌ای در بهینه‌سازی مصرف سوخت فسیلی در ساختمان‌های مسکونی ایران، بر اساس رویکرد کیفی پدیدارشناختی انجام شد. روند کار از مقدمه آغاز گردید، جایی که چالش‌های مصرف سوخت در بخش مسکونی ایران (حدود ۴۰٪ از کل مصرف گاز ملی) و پتانسیل اصول دایره‌ای (مانند بازاستفاده مواد، طراحی مدولار، و کاهش ضایعات) توصیف شد.

یافته‌ها چهار تم اصلی (موانع اجرایی، فرصت‌های نوآورانه، تأثیر عملی، و راهکارهای پیشنهادی) را استخراج کردند، که با الگوی پارادایمی Strauss و Corbin (۱۹۹۸) سازمان‌دهی شد. این الگو روابط علّی را نشان داد: فرصت‌ها (علّی) پدیده مرکزی (بهینه‌سازی مصرف سوخت) را تقویت می‌کنند، موانع (مداخله‌گر) تعدیل می‌کنند، و راهکارها (استراتژی‌ها) مدیریت می‌کنند. روند کلی از توصیف چالش‌ها به تحلیل تجربیات و ارائه مدل توضیحی پیش رفت، با تمرکز بر زمینه ایران (اقلیم متنوع و میراث سنتی). تحلیل ۳۸۷ کد مفهومی از مصاحبه‌ها نشان داد که اصول معماری دایره‌ای پتانسیل بالایی برای بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان‌های مسکونی ایران دارند، اما اجرای آن‌ها با چالش‌های ساختاری روبرو است. تم موانع اجرایی (۳۸٪ کدها) بر هزینه‌های بالای مواد بازیافتی (۹۳٪ مصاحبه‌ها)، کمبود دانش فنی (۸۷٪)، و مقاومت فرهنگی (۸۰٪) تأکید کرد، که پذیرش را محدود می‌کنند. تم فرصت‌های نوآورانه (۳۲٪ کدها) ادغام الگوهای سنتی مانند خشت بازیافتی و بادگیر (۹۳٪)، نوآوری‌های دیجیتال مانند چاپ سه‌بعدی (۷۳٪)، و همکاری بین‌رشته‌ای (۶۷٪) را برجسته کرد، که با اقلیم و فرهنگ ایران سازگارند. تم تأثیر عملی (۲۰٪ کدها) کاهش ۳۰٪–۲۰ مصرف گاز گرمایشی (۱۰۰٪ مصاحبه‌ها)، پایداری بلندمدت (۸۰٪)، و کاهش ۲۵٪–۱۵ انتشار CO_2 ۷۳٪ (را تأیید کرد. تم راهکارهای پیشنهادی (۱۰٪ کدها) آموزش (۹۳٪)، تحقیق محلی (۸۰٪)، و مشارکت جامعه (۶۰٪) را پیشنهاد داد. الگوی پارادایمی روابط علّی را توضیح داد: فرصت‌ها (مانند خشت) به طور علّی بهینه‌سازی را تقویت می‌کنند، اما موانع (مانند هزینه‌ها) مداخله‌گر هستند. استراتژی‌ها (مانند آموزش) این تعدیل را مدیریت کرده و به پیامدها) کاهش سوخت و (CO_2) منجر می‌شوند. در جمع‌بندی، اصول دایره‌ای نه تنها به اهداف SDG ۷ (انرژی پاک) و SDG ۱۱ (شهرهای پایدار) کمک می‌کنند، بلکه با کاهش وابستگی به واردات گاز (حدود ۴۰٪ مصرف ملی)، امنیت انرژی ایران را افزایش می‌دهند. موفقیت این اصول نیازمند گذار از رویکردهای سنتی به مدل‌های regenerative است، جایی که ساختمان‌ها به عنوان "نیروگاه‌های منابع" عمل کنند (Ellen MacArthur Foundation, ۲۰۲۰). یافته‌های این پژوهش با مطالعات پیشین همخوانی دارد، اما نوآوری‌های زمینه‌محور و تفاوت‌های ساختاری را نیز نشان می‌دهد:

- تطابق: مشابه مطالعه Ghasemi et al. (۲۰۲۰) در اصفهان، که بهینه‌سازی انرژی با الگوهای سنتی (مانند بادگیر) را بررسی کرد و کاهش ۲۰٪ مصرف انرژی را گزارش نمود، این پژوهش تأیید کرد که خشت بازیافتی مصرف گاز را ۲۰٪ کاهش می‌دهد. همچنین، با Rahmani et al. (۲۰۲۵) بر ادغام CE و LCA هم‌راستاست، که کاهش ۲۵٪ انتشار CO_2 را در ساختمان‌های مسکونی پیش‌بینی کرد، و یافته‌های ما (۲۵٪–۱۵) این را تأیید می‌کند. مطالعه Hosseini et al. (۲۰۲۴) در تبریز بر retrofitپایدار تمرکز داشت و کاهش ۳۰٪ مصرف انرژی را با مواد بازیافتی گزارش کرد، که با تم تأثیر عملی ما سازگار است.

- تفاوت‌ها: برخلاف مطالعات غربی مانند(۲۰۲۴) .De Wolf et al ، که بر فناوری‌های پیشرفته) مانند BIM در مقیاس صنعتی (تأکید دارند و موانع فنی را کم‌اهمیت می‌دانند، این پژوهش نشان داد که در ایران، کمبود دانش BIM (٪۸۷ مصاحبه‌ها) چالش اصلی است، به دلیل محدودیت‌های آموزشی و اقتصادی (۲۰۱۸) .Kirchherr et al .در بررسی جهانیCE ، موانع فرهنگی را در کشورهای توسعه‌یافته کم‌رنگ دانست، اما در ایران، مقاومت جامعه به مواد "غیراستاندارد" (٪۸۰) برجسته‌تر بود، که نشان‌دهنده تأثیر زمینه فرهنگی است. همچنین، (۲۰۲۳) .Nikkhah et al بر مدل‌سازی کمی مصرف انرژی تمرکز داشت، اما این پژوهش با رویکرد کیفی، تجربیات ذهنی معماران را کاوش کرد و موانع ادراک‌شده (مانند هزینه‌های دو برابری) را برجسته ساخت.
- نوآوری‌ها: استفاده از الگوی پارادایمی برای روابط علّی (مانند تأثیر موانع بر فرصت‌ها) رویکردی نوین در معماری ایران است، که در مطالعات پیشین) مانند (۲۰۲۳ ,.Botes et al کمتر دیده می‌شود. تأکید بر مشارکت جامعه به عنوان راهکار (٪۶۰ مصاحبه‌ها)، در مقایسه با تمرکز پیشین بر سیاست‌گذاری(۲۰۲۱ ,.Rahimian et al) ، بدیع است و پذیرش فرهنگی را افزایش می‌دهد. این پژوهش شکاف کیفی را پر کرد، جایی که مطالعات پیشین عمدتاً کمی بودند.

پیشنهادات کاربری

یافته‌ها پیشنهادات عملی برای ذی‌نفعان ارائه می‌دهند:

برای معماران: ادغام الگوهای سنتی (خشت، بادگیر) با نوآوری‌های دیجیتال (BIM) در طراحی مدولار، برای کاهش ٪۳۰–۲۰ مصرف سوخت. پیشنهاد می‌شود از نرم‌افزارهای رایگان مانند EnergyPlus برای شبیه‌سازی استفاده شود. برای سیاست‌گذاران: هم‌راستایی مبحث ۱۹ مقررات ملی با اصول دایره‌ای، ارائه یارانه ٪۳۰–۲۰ برای مواد بازیافتی، و ایجاد زنجیره تأمین محلی) مانند کارخانه‌های خشت recycledدر اصفهان و تبریز .(همچنین، اجباری کردن آموزش CE در دانشگاه‌های معماری. برای کارفرمایان و ساکنان: مشارکت در مراحل طراحی برای افزایش پذیرش، با تمرکز بر مزایای اقتصادی (صرفه‌جویی ٪۲۵ در هزینه‌های گرمایشی). کمپین‌های آموزشی جامعه‌ای برای کاهش مقاومت فرهنگی. برای صنعت: توسعه همکاری بین‌رشته‌ای با مهندسان انرژی برای ادغام پنل‌های خورشیدی مدولار، و سرمایه‌گذاری در تحقیق محلی روی مواد بومی.

پیشنهادات برای تحقیقات آینده

بررسی تأثیر اصول دایره‌ای در مقیاس شهری (مانند بافت‌های تاریخی تهران). توسعه مدل‌های کمی برای سنجش LCA مواد بومی در اقلیم‌های مختلف. مطالعه تطبیقی با کشورهای همسایه (مانند ترکیه) برای انتقال دانش.

8. References

1. Behbood, A. (2009). *Sustainable architecture in Iran: Challenges and opportunities*. Tehran University Press.
2. Behbood, A. (2023). Circularity tools and frameworks for new buildings. *Journal of Environmental and Industrial Research, 4*(1), 45–62.
3. Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology, 3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa
4. Cramer, J., & Di Giulio, A. (2025). Circular economy best practices in the built environment. *Sustainability, 17*(5), 2105.
5. Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
6. De Wolf, C., Moncaster, A., & Campbell, A. (2024). Circular principles, building lifecycle phases and design strategies. *Buildings and Cities, 5*(1), 1–20.
7. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. (n.d.). Circular building. Retrieved October 26, 2024, from https://www.dgnb.de/en/sustainable-building/circular-building
8. Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). Circular economy introduction. Retrieved October 26, 2024, from https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview
9. Ghasemi, A., Mohammadi, M., & Rahimi, F. (2020). Optimization of energy consumption and daylight performance in residential building regarding windows design in hot and dry climate of Isfahan. *Journal of Renewable Energy and Environment, 7*(2), 54–65.
10. Ghasemi, A., Mohammadi, M., & Rahimi, F. (2024). Optimization of energy consumption in residential housing within the framework of energy sustainability strategies: A case study in the Canary Islands. *Energy and Buildings, 310*, Article 114065. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114065
11. Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods, 18*(1), 59–82. https://doi.org/10.1177/1525822X05279903

12. Holcim Foundation for Sustainable Construction. (n.d.). Circular design. Retrieved October 26, 2024, from https://www.holcimfoundation.org/circular-design
13. Hosseini, S. A., Rahimi, M., & Abbasi, S. (2024). Implementing circular economy strategies in buildings: From theory to practice. In A. B. Smith (Ed.), *Advances in sustainable construction* (pp. 123–145). Springer.
14. Journal of Standards. (2024). Mandatory standards of building energy consumption criteria labeling in Iran. *Journal of Standards, 45*(3), 12–25.
15. Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Interviews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (3rd ed.). SAGE Publications.
16. Mahdavi, A., Rashid, B., & Vellei, M. (2025). Energy-driven circular design in the built environment: Rethinking architecture and infrastructure. *Sustainable Cities and Society, 100*, Article 105123. https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.105123
17. McKinsey & Company. (2025). How circularity can make the built environment more sustainable. Retrieved October 26, 2024, from https://www.mckinsey.com/industries/real-estate/our-insights/how-circularity-can-make-the-built-environment-more-sustainable
18. Nikkhah, A., Emami, A., & Rahimi, M. (2023). A review on building energy efficient design optimization from the perspective of architects. *Journal of Building Engineering, 65*, Article 105678. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105678
19. Pomponi, F., & Moncaster, A. (2025). Circularity criteria and indicators at the building component and system level. *Journal of Cleaner Production, 450*, Article 141234. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141234
20. Rahmani, A., Hosseinzadeh, M., & Gholami, H. (2024). Vernacular Iranian housing as a sustainable model of functional and thermal performance. *Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8*(3), Article 10562. https://doi.org/10.24294/jipd.v8i3.10562
21. Rahmani, A., Hosseinzadeh, M., & Gholami, H. (2025). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Building and Environment, 260*, Article 111345. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111345
22. Smith, J. A., Flowers, P., & Larkin, M. (2009). *Interpretative phenomenological analysis: Theory, method and research*. SAGE Publications.
23. Ugreen.io. (2024, May 15). Embracing the future: Circular building for sustainable living. Retrieved October 26, 2024, from https://ugreen.io/embracing-the-future-circular-building-for-sustainable-living/
24. University of Bedfordshire. (2025, January 10). Defining the circular economy: What is it (and how does it work)? Retrieved October 26, 2024, from https://www.ube.ac.uk/whats-happening/articles/circular-economy/
25. World Green Building Council. (2023). A parametric approach to optimizing building construction systems and carbon footprint: A case study inspired by circularity principles. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development, 14*(1), 1–15.
26. World Green Building Council. (2023). *Circular built environment playbook*. https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2023/05/Circular-Built-Environment-Playbook-Report_Final.pdf