

کاربست مدل هماهنگی عامل بنیان در مکان‌یابی مناطق توسعه شهری نمونه موردی: فاز ۷ هشتگرد و تپه امام گل همدان

تاریخ دریافت مقاله: ۴۰۲/۱۱/۰۷ تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۴۰۲/۱۲/۲۵

سعید یزدانی* (گروه معماری و شهرسازی، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران)

چکیده

در ساختار مدیریت شهری ایران، سازمان‌های متعدد و مستقلی در فرآیند توسعه شهری مؤثر می‌باشند. تعدد این سازمانها و ناهماهنگی بین آنها یکی از عمده‌ترین چالش‌های پیش روی مدیریت شهری کشور می‌باشد. از این رو، مدیریت وابستگی‌های متقابلی که بین سازمان‌های مذکور وجود دارد می‌تواند نقش مؤثری در موفقیت فاز مکان‌یابی مناطق توسعه شهری ایفا نماید. پژوهش حاضر با هدف شناسایی وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های دخیل در فرآیند توسعه شهری و همچنین ارائه یک مدل منطقی برای مدیریت این وابستگی‌ها انجام گردید. به همین منظور، با انجام مطالعه موردی کیفی تعبیه شده چندگانه ابتدا وابستگی‌های متقابل بین سازمان دخیل در فرآیند توسعه شهری شناسایی گردید. در گام بعدی، با عنایت به ماهیت پیچیده این وابستگی‌ها و در نظر گرفتن مزیت‌های برجسته پارادایم مدل‌سازی عامل بنیان در درک و مدیریت سیستم‌ها و فرآیندهای پیچیده، مدل هماهنگی عامل بنیان بسط داده شده است. مدل پیشنهادی بر اساس یک مجموعه قواعد ساده "اگر-آنگاه" تصمیم‌سازان و تصمیم‌گیران حوزه شهری را قادر می‌سازد که چالش‌های هماهنگی در فرآیند توسعه شهری در یک بستر منطقی مدیریت نمایند.

واژه‌های کلیدی: مدل عامل بنیان، هماهنگی، توسعه شهری، وابستگی‌های متقابل.

۱- مقدمه

فرآیند توسعه شهری به ویژه فاز مکان‌یابی آن فرآیندی پیچیده و چند وجهی است. چراکه سازمان‌های مستقل متعددی که دارای وابستگی‌های متقابلی با یکدیگر هستند در این فرآیند دخیل هستند. مدیریت این وابستگی‌های متقابل یا بیان دیگر ایجاد هماهنگی بین سازمان‌های مستقل دخیل در فرآیند توسعه شهری یکی از چالش‌های عمده پیش روی مدیریت توسعه شهری کشور می‌باشد. به همین دلیل، هدف اصلی این پژوهش بسط یک مدل منطقی برای مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های دخیل در فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری و به تبع آن هم راستا کردن فعالیت‌های سازمان مذکور می‌باشد.

پارادایم‌های مرسوم مدل‌سازی قادر به درک و مدیریت سیستم‌های پیچیده و فرآیندهای متناظر آنها نمی‌باشند. با توجه به پیچیدگی ارتباطات بین سازمان‌های دخیل در توسعه شهری، این پارادایم‌ها برای مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمانی مذکور کارایی ندارند. برعکس مدل‌های مرسوم، علم سیستم‌های پیچیده^۱ و به ویژه زیرشاخه مستقیم آن، رویکرد مدل‌سازی عامل بیان^۲، مکانیزیم مناسبی برای درک و مدیریت وابستگی‌های متقابل بین بازیگران مستقل دخیل در فرآیند توسعه شهری را عرضه می‌نمایند.

پژوهش حاضر با توجه به یافته‌های مطالعه نمونه موردی انجام شده و مفاهیم کلیدی پارادایم مدل‌سازی عامل بنیان، زمینه ارائه و کاربست یک مدل هماهنگی عامل بنیان، به عنوان بستری منطقی برای مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های مؤثر در توسعه شهری، را فراهم می‌نماید. مدل ارائه شده براساس یکسری گزاره شرطی "اگر-آنگاه"، یک چهارچوب منطقی برای مدیریت این وابستگی‌ها ارائه می‌نماید. به هر حال، در این مقاله ابتدا مرور سیستماتیک بر مفاهیم کلیدی علم سیستم‌های پیچیده، پارادایم مدل‌سازی عامل بنیان و مفهوم هماهنگی ارائه خواهد شد، سپس ضرورت هماهنگی در فرآیند توسعه شهری تبیین می‌گردد. در بخش روش‌شناسی پژوهش، ضمن معرفی نمونه‌های موردی، روش جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها به همراه چهارچوب نظری تحقیق ارائه شده است. بخش‌های بعدی شامل یافته‌های مطالعه موردی و معرفی مدل پیشنهادی می‌باشد. بحث و نتیجه‌گیری بخش پایانی مقاله حاضر را تشکیل می‌دهند.

¹ Complex System Science

² Agent-Based Modeling

۲- مرور ادبیات تحقیق

۲-۱- علم سیستم‌های پیچیده: مرور مفهومی

سیستم پیچیده سیستمی است که از تعداد زیادی اجزاء دارای ارتباط متقابل تشکیل شده است. سیستم پیچیده رفتاری از خود نشان می‌دهد که متفاوت از جمع رفتارهای اجزای آن می‌باشد (do Amaral, et al., 2022). به بیان دیگر، رفتاری که این سیستم‌ها از خود بروز می‌دهند حاصل برآیند برهم کنش متقابل بین اجزاء آنها می‌باشد. به هر حال، با در نظر گرفتن ویژگی شهرها، از جمله ارتباط متقابل اجزاء آن با هم و ارتباط شهر با بستر و محیط پیرامونش، می‌توان شهر را به عنوان یک سیستم پیچیده در نظر گرفت (Bettencourt, 2021). بنابراین، تئوری سیستم‌های پیچیده و شاخه‌های علوم منشعب از آن، از جمله پارادایم مدل‌سازی عامل بنیان، می‌توانند شیوه‌ای نوید بخش برای توصیف فعل و انفعالات شهرها و درک رفتارهای غیر قابل پیش‌بینی آنها ارائه دهند.

رویکرد سیستم پیچیده به وضوح رفتار اجزاء تشکیل دهنده سیستم را از پایین به بالا توصیف می‌کند. نگرش سیستم پیچیده به طور قابل توجهی تعاملات بین اجزاء سیستم با یکدیگر و همچنین با محیط پیرامونی‌شان را به تصویر می‌کشد. ویژگی‌های سیستم‌های پیچیده و تئوری‌های مرتبط با آن توسط دانشمندان زیادی بیان شده است. وجه مشترک آنها در چهار ویژگی خلاصه می‌شود: (۱) وجود عامل‌های متفاوت (۲) بروز رفتارهای پیش‌بینی نشده (۳) حالات سیستم (۴) بهم پیوستگی (Jacobson et al., 2019). مستندترین تبیین از تئوری سیستم‌های پیچیده توسط جان هالند، یکی از پیشگامان علم سیستم‌های پیچیده ارائه شده است. هالند چهار ویژگی را برای این سیستم‌ها بر می‌شمرد: الف) وجود تعداد زیادی تصمیم گیرنده یا عامل با کنترل پراکنده ب) تعدد سطوح سازمانی ج) توانایی عامل‌ها برای تطبیق با شرایط و د) استفاده از مدل‌های داخلی برای پیش‌بینی آینده (Holland, 1988). به هر حال، با مذاقه در ویژگی‌های شهرها و مباحث مرتبط با حوزه شهری، می‌توان نتیجه گرفت فرآیند توسعه شهری دارای چهار ویژگی سیستم‌های پیچیده می‌باشد.

مدل‌سازی عامل بنیان، به عنوان یکی از انشعابات علوم سیستم پیچیده Kieu et al., 2022)، یک رویکرد در حال ظهور برای مدل کردن و توصیف سیستم‌های پیچیده از جمله سیستم‌های شهری می‌باشد. در تأیید این موضوع، مکال و نورث بیان می‌نمایند پارادایم مدل‌سازی عامل بنیان رویکرد نسبتاً نوینی است برای توصیف و هدایت سیستم‌های پیچیده‌ای که از تعداد زیادی عامل دارای کنش متقابل تشکیل شده باشند (Macal & North, 2010).

۲-۲ مدل سازی عامل بنیان

مدل عامل بنیان ابزار قدرتمندی است که درک پایین به بالایی از پیچیدگی های موجود در فرآیندهای پیچیده تصمیم گیری و حل مسائل پیچیده ارائه می دهد. مدل عامل بنیان یکی از مدل های مرتبط با نظریه تکامل می باشد که در حوزه تحقیقات سیستم های پیچیده توسعه یافته است (Mitchell & Newman, 2010). پارادایم مدل سازی عامل بنیان بیش از آنکه یک تکنولوژی باشد، یک طرز تفکر است (Bonabeau, 2002). طرز فکر مبتنی بر این پارادایم، یک سیستم را از دیدگاه اجزاء آن توصیف می کند. این مدل به عنوان یک رویکرد شبیه سازی و همچنین به عنوان یک الگوی مدل سازی پیشرفت چشمگیری در درک سیستم های پیچیده همچون سیستم شهری ارائه می دهد (Wilensky & Rand, 2015). مدل عامل بنیان طرز فکر ما را در مورد فرآیندهای پیچیده همچون فرآیند توسعه شهری متحول می نماید. این مدل مجموعه قدرتمندی از ابزارها، تکنیک ها و تشبیه سازی ها را ارائه می دهد که به طور چشمگیری باعث بهبود مفهوم سازی و به کارگیری انواع نرم افزارها می شود. پیدایش این رویکرد به اوایل دهه ۱۹۴۰ میلادی، زمانی که نمونه اولیه اتوماتای سلولی^۱ فرموله شد، بر می گردد. علی رغم سابقه نسبتاً طولانی آن، تنها در دهه ۱۹۹۰ میلادی بود که پارادایم مدل سازی عامل بنیان به صورت مفهومی و محاسباتی رشد کرد و قابلیت کاربرد در علوم و تحقیقات دانشگاهی را پیدا نمود (Clarke, 2014). ریشه مدل عامل بنیان را می توان در علم سیستم های پیچیده، هوش مصنوعی و سیستم های پیچیده انطباق پذیر یافت (Kavak, 2019). اما این مدل تنها منحصر به درک و طراحی هوش مصنوعی نیست، ریشه اصلی این رویکرد را می توان در مدل سازی سازمان ها، رفتار انسان ها و تصمیم گیری فردی جستجو کرد (Wilensky & Rand, 2015).

مدل عامل بنیان یک تکنیک محاسباتی برای مدل سازی رفتارهای فردی عامل ها^۲ (عوامل مستقل) و همچنین تعاملات بین این عوامل می باشد. به بیان دیگر، عبارت مدل سازی عامل بنیان به مجموعه ای از رویه ها اشاره دارد که طی آنها رفتار عامل های مستقل و تعاملات بین آنها به وضوح مدل سازی شده و همچنین رفتارهای نوظهور این عامل ها به تصویر کشیده می شوند. عامل ها در این رویکرد می توانند طیف گسترده ای از نهادهای اجتماعی و مردم تا روبات های خودکار، موجودات بیولوژیکی همانند پرندگان، گیاهان و حیوانات تا موجودات فیزیکی مثل موکول و اتم را در برمی گیرد. بر اساس یک سری قوانین تعامل و ویژگی های از پیش تعیین شده، در این رویکرد مدل سازی، عامل ها با یکدیگر و محیط اطرافشان تعامل

¹ cellular automata

² agents

می‌کنند (Marvuglia et al., 2022). هر عاملی به صورت جداگانه شرایط خود را ارزیابی می‌کند و بر اساس مجموعه‌ای از قوانین تصمیم‌گیری می‌نماید (McComb & Jablokow, 2022). عامل‌ها رفتارهای مختلفی برای نشان دادن سیستم‌های مربوطه شان انجام می‌دهند. هر عاملی ویژگی‌های خاص خود را دارد و براساس اطلاعات موجود عمل می‌کند. در مدل عامل بنیان اجزاء سیستم به عنوان عامل با ویژگی‌های خاص همانند توانایی انطباق و تعامل با دیگر عامل‌ها و محیط اطرافشان نمایش داده می‌شوند. در این پارادایم مدل سازی، عامل‌ها به صورت متناوب با یکدیگر تعامل می‌نمایند. به عنوان مثال، هنگامی که عامل‌ها رفتارهای خود را از طریق تبادل اطلاعات ساده بهینه می‌کنند، هدف این است که به جای شبیه‌سازی یک فرآیند پویا، یک حالت نهایی ترجیحی را تحقق بخشند.

مدل عامل بنیان، در حالت استاندارد آن، از یک سری عامل‌ها که از طریق یک محیط با یکدیگر تعامل می‌نمایند تشکیل می‌گردد. معمولاً عامل‌ها و محیط آنها در بسته‌های نرم‌افزاری همچون سوارم^۱، میسون^۲، نت لوگو^۳ و ریپست^۴ نمایش داده می‌شوند. محیط در مدل عامل بنیان، به صورت یک فضای دو بعدی که عامل‌ها در موقعیت‌های مختلف آن قرار دارند شبیه‌سازی می‌شود. وودریج^۵، یکی از پیشگامان این رویکرد، عامل را به عنوان موجودیتی فیزیکی یا منطقی مستقل و مدل عامل بنیان را جامعه ارگانیسم و سیستماتیک که در برگیرنده عامل‌ها برای انجام عملکردهایشان است تعریف می‌نماید (Wooldridge, 2002). به بیان دیگر، مدل عامل بنیان متشکل از عامل‌هایی است که به طور مستقل با یکدیگر در تعامل بوده و اطلاعات و منابع شان را به عنوان خروجی شان تعریف می‌نمایند، خروج‌هایی که در مرحله بعد به عنوان ورودی سایر عامل‌ها در نظر گرفته می‌شوند. این عامل‌های مستقل ممکن است غیر همگن باشند و ممکن است نمایش دهنده‌ی بازیگران متحرک همانند حیوانات، مردم، شرکت‌ها و یا حتی سازمان‌ها باشند. به هر حال، به دلایل متعددی مدل عامل بنیان به ویژه در حوزه مباحث شهری برجسته شده است: نخست، سیستم‌های همچون شهر، که نیاز دارند آنالیز و مدل‌ها شوند، به دلیل وابستگی‌های متقابل‌شان روز به روز پیچیده‌تر می‌شوند. دوم، پایگاه‌های داده‌ها روز به روز در حال بهینه‌تر شدن هست، به گونه‌ای که ریز داده‌ها هم اکنون می‌توانند شبیه‌سازی در سطح کلان داده را پشتیبانی نمایند. سوم، سیستم‌های شهری پیچیده‌تر از آن هستند که بتوان با مدل‌های مرسوم آنها را شبیه‌سازی کرد. چهارم، قدرت محاسباتی

¹ Swarm

² MASON

³ NetLogo

⁴ Repast

⁵ Wooldridge

کامپیوترها با سرعت زیاد در حال رشد می‌باشند و این موضوع امکان استفاده از این مدل را میسر می‌نمایند. بنابراین می‌توان گفت، مدل عامل بنیان یک ابزار منطقی است که می‌تواند درک ما را از شهر بهبود بخشد. با توجه به موفقیت آن در فرموله کردن سیستم‌های پیچیده و همچنین در نظر گرفتن این حقیقت که شهرها سیستم‌های پیچیده می‌باشند، مدل عامل بنیان ظرفیت قابل توجهی برای فرموله کردن مباحث شهری و همچنین مدیریت فرآیندهای شهرها ارائه می‌دهد.

۲-۳- مقایسه مدل عامل بنیان با سایر پارادایم‌های مدل‌سازی: از منظر شهرسازی

سیستم‌های شهری با یکدیگر و همچنین با محیط‌های فیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی اطرافشان دارای وابستگی متقابل می‌باشند. نخستین برجستگی مدل عامل بنیان نسبت به سایر پارادایم‌های مدل‌سازی از جمله مدل‌های ریاضی، توانایی این مدل در درک و بیان برهم کنش بین سیستم‌ها و همچنین ارتباط متقابل آنها و محیط پیرامون‌شان می‌باشد (Malik et al., 2022). مدل عامل بنیان یک رویکرد منطقی است که به وضوح می‌تواند وابستگی‌های متقابل بین زیرسیستم‌های شهری (به عنوان مثال سیستم کاربری اراضی و سیستم حمل و نقل) و همچنین طبیعت پیچیده شهر را فرموله و شبیه‌سازی نماید. علاوه بر این، ویژگی‌های پیچیده مباحث شهری که توسط مدل‌های مرسوم قابل درک نمی‌باشند، توسط مدل عامل بنیان به روشنی قابل نمایش و فرموله شدن می‌باشند (Shaharuddin & Misro, 2021). به بیان دیگر، روش‌شناسی مبتنی بر ریاضی که اساس مدل‌سازی پارادایم‌های کنترلی مرسوم هستند قادر نیستند پیچیدگی‌ها و ارتباط‌های متقابل بین سیستم‌های پیچیده همچون سیستم‌های شهری را مدیریت و کنترل نمایند (Glen et al., 2019). دومین مزیت این پارادایم این است که مدل عامل بنیان، برعکس مدل‌های تجمیعی مرسوم، از طریق بررسی رفتار اجزاء شهر، سیستم شهری را از پایین به بالا تعریف می‌نمایند. به طور کلی، ویژگی‌های اجتماعی و مستقل عامل‌ها، در مدل عامل بنیان، راه را برای مدل‌سازی برهم‌کنش‌های غیرخطی سیستم‌های شهری فراهم می‌نماید. سومین برتری این مدل این است که در هر محیطی و در هر سطحی از انتزاع مدل عامل بنیان می‌تواند تعریف و کار نماید (Du et al., 2019). چهارمین برتری مدل عامل بنیان منعطف بودن آن می‌باشد (Obergh, 2023). انعطاف‌پذیری این مدل ابعاد گوناگونی دارد. از جمله آنکه این مدل چهارچوبی برای تطبیق پیچیدگی‌های عامل‌ها ارائه می‌دهد که عبارتند از: توانایی یادگیری، منطق کاربردی و قوانین تعامل. پنجمین برجستگی این پارادایم مدل‌سازی عبارت است از اینکه در یک مدل عامل بنیان موجود امکان اضافه کردن چند عامل جدید وجود دارد. توانایی عامل‌ها برای تغییر سطوح

تجمع و توصیف می‌تواند به عنوان هفتمین برجستگی این مدل در نظر گرفته شود (Castiglione, 2020).

به‌هرحال، علی‌رغم ویژگی‌های برجسته این رویکرد مدل‌سازی، انتقادهایی نیز بر آن ارائه شده است. دو مشکل عمده و به‌هم وابسته مدل عامل بنیان عبارتند از: الف) این مدل اغلب به صورت توصیف کلامی و بدون ذکر واضح قوانین و معادلاتی که در آن به کار گرفته شده‌اند ارائه می‌شود. ب) پروتکل استاندارد برای توصیف آنها وجود ندارد. یکی از شایع‌ترین انتقادهای که بر مدل عامل بنیان وارد می‌شود، این است که نتایج آن به آسانی قابل ارزیابی نمی‌باشد (Olsen et al., 2023). این مشکل دارای دو جنبه است. نخست، ناهمگونی مدل عامل بنیان منجر به زمینه غنی از متغیرها می‌شود. به‌طوریکه حتی اگر نتایج آن با واقعیت همخوانی داشته باشد، همیشه واضح نیست که آیا این به دلیل تنظیم دقیق این پارامترها است و یا به دلیل موفقیت سیستم در ثبت سیستم‌های واقعی در حال تغییر می‌باشد (Buchanan, 2009). دوم، نگرانی در مورد اعتبار نتایج آن وجود دارد (Fagiolo et al., 2019). علاوه بر این، این مدل پرهزینه، زمان‌بر و تا حدودی فرآیند آن پیچیده می‌باشد.

علی‌رغم انتقادهایی که بر این پارادایم مدل‌سازی مطرح شده است، مزایای آن نسبت به سایر پارادایم‌های مدل‌سازی انکارناپذیر است. به‌طور کلی، مزایای مدل عامل بنیان در سه دسته عمده قابل بیان است: نخست، مدل عامل بنیان یک توضیح طبیعی از سیستم‌ها همچون سیستم‌های شهری ارائه می‌نماید. دوم، این مدل از انعطاف‌پذیری بالایی برخوردار است. سوم، رفتارهای نوظهور سیستم‌ها توسط این مدل قابل ثبت می‌باشد. واضح است که توانایی این مدل برای درک و مدیریت رفتارهای نوظهور که ناشی از اقدامات و تعاملات بین عامل‌ها در سیستم‌های پیچیده همچون سیستم‌های شهری می‌باشد، مزیتی است که موجب پیدایش سایر مزایای می‌گردد.

۲-۴- منطق بکارگیری مدل عامل بنیان در مباحث شهرسازی

تئوری سیستم‌های پیچیده و شاخه بی‌واسطه آن مدل عامل بنیان روش‌های امید بخشی برای مدل‌سازی پروسه توسعه شهری می‌باشند، چرا که محیط تصمیم‌گیری در این حوزه و رفتار بازیگران مؤثر در فرآیند توسعه شهری را بخوبی پیش‌بینی می‌نمایند. توسعه شهری فرآیندی پویا و تکاملی است. به بیان دیگر، خصیصه اصلی این فرآیند این است که به صورت کامل نمی‌تواند پیش‌بینی شود (Westman & Castan Broto, 2022). تنها راه قابل اعتماد برای پیش‌بینی یک سیستم تکاملی مثل شهر این است که یک اقدام را انجام دهیم و عواقب آن را در طول زمان بررسی کنیم. مدل عامل بنیان به عنوان یک تکنیک محاسباتی نیرومند قادر

هست که آثار اقدامات را در یک پروسه تکاملی همانند فرآیند توسعه شهری را شبیه‌سازی نماید (Zhao et al., 2023). به هر حال، منطق به کارگیری مدل عامل بنیان در فرآیند توسعه شهری می‌تواند به شکل زیر خلاصه گردد.

شهر ماهیتاً سیستم‌های پیچیده‌ای هستند (Gargiulo & Papa, 2021)، و ماهیت پیچیده آن از طریق مدل عامل بنیان می‌تواند درک و شبیه‌سازی شود. طبق نظر داتریس و همکاران، مدل عامل بنیان روش مناسبی برای درک رفتار سیستم‌های پیچیده و همچنین پیش‌بینی رفتارهای نوظهور این سیستم‌ها می‌باشد (Datseris et al., 2022). توضیح اینکه در سیستم‌های پیچیده همچون سیستم‌های شهری تعامل و برهم کنش اجزاء سیستم (عامل‌ها) منجر به بروز رفتارهای بزرگ مقیاس یا رفتارهای نوظهور^۱ می‌شود که نمی‌توان آنها را به سادگی و صرفاً براساس اطلاعات در مورد این اجزاء سیستم پیش‌بینی نمود. این رویکرد می‌تواند موضوعات مربوط به سطح خرد یا کلان سیستم‌های پیچیده را به تصویر کشیده و ادراک آنها را قابل فهم نماید. از این رو، می‌توان گفت مناسب‌ترین رویکرد برای مدل کردن موضوعات و مباحث شهری مدل عامل بنیان می‌باشد.

یکی از خصیصه‌های بارز مدل عامل بنیان این است که توانایی درک و شبیه‌سازی تعاملات پیچیده بین عامل‌های سیستم‌های ناهمگون همچون سیستم‌های شهری را دارد (Khodabandelu & Park, 2022). و این موضوع متخصصین شهرسازی را قادر می‌سازد وابستگی متقابل بین سیستم‌های شهری (به‌عنوان مثال سیستم حمل و نقل و سیستم کاربری اراضی شهری) را درک و تجزیه و تحلیل نمایند. از طرف دیگر، زیرسیستم‌های شهری به شدت بهم وابسته و دارای وابستگی متقابل می‌باشند، که این موضوع به راحتی توسط رویکرد مدل‌سازی عامل بنیان قابل ثبت و آنالیز می‌باشد. توضیح اینکه عامل‌ها بر اساس یک سری قواعد با یکدیگر و محیط‌شان تعامل می‌نمایند. در مدل عامل بنیان، تعامل بین عامل‌ها می‌تواند به صورت سیستماتیک و غیر سیستماتیک باشد. این مدل مسیری را برای مدل کردن موضوعات شهری که در آن بازیگران (عامل‌ها) مستقل و دارای تأثیر متقابل هستند می‌گشاید (Macal and North, 2010). بنابراین، وابستگی روزافزون بین اجزاء شهر و توانایی این رویکرد در مدل کردن وابستگی متقابل بین اجزاء سیستم‌ها می‌تواند توجیح منطقی دیگری برای کاربرد آن در مباحث و مطالعات شهری باشد. شهرها ماهیتی تکاملی از پایین به بالا دارند (Batty, 2016). مدل عامل بنیان یک رویکرد از پایین به بالا برای درک پیامدهای تصمیم‌ها در حوزه مدیریت شهری ارائه می‌دهد. به طور متعارف موضوعات شهری توسط روش‌های از بالا به پایین

همچون مدل داده-ستاده و یا مدل هسن مدل سازی شده‌اند، در مقابل آنها رویکرد مدل عامل بنیان مطالعه شهر را با بررسی رفتار اجزاء شهر از پایین به بالا شبیه‌سازی می‌نماید. توضیح اینکه مدل عامل بنیان به‌عنوان یک پارادایم مدل‌سازی پیشرفت قابل توجهی در درک رفتار کلی شهر که ناشی از اقدامات تکاملی می‌باشد را فراهم می‌نماید. به طور کلی می‌توان بیان داشت، ماهیت از پایین به بالای این پارادایم مدل‌سازی آن را رویکرد مناسبی برای مدل کردن سیستم‌های شهری نموده است.

در مقام مقایسه با سایر پارادایم‌های مدل سازی، ویژگی‌های زیر این مدل را رویکردی بی‌همتا در حوزه مطالعات شهری می‌نماید. عامل در این مدل دارای ویژگی‌های منحصر به فردی همچون واکنش پذیری، فعال بودن، توانایی اجتماعی، خودمختاری (استقلال) هستند (Castiglione, 2020). توانایی اجتماعی بدین معنا است که عامل جزیی از یک جامعه است و قادر است برای انجام وظایف خود با دیگر عامل‌ها تعامل نماید. قابلیت استقلال بدین معنا است که عامل‌ها قادر هستند دستورالعمل‌های خود را انجام و به طور مستقل و بدون دخالت مستقیم دیگران تصمیم‌گیری نمایند، همچنین آنها بر رفتار و حالات خود کنترل دارند. علاوه بر این، در هر محیطی مدل عامل بنیان قابل تعریف شدن می‌باشد (Bioco et al., 2022). به‌عنوان یک خصیصه برجسته دیگر، بین بازیگران دنیای واقعی و عامل‌های موجود در رایانه یک تناظر هستی‌شناختی وجود دارد، که این موضوع ارائه مدل را ساده و ارتباط بین عامل‌ها و محیط شان را به راحتی قابل فهم می‌نماید. نهایتاً اینکه، خود سازمانی و تأکید بر ناهمگونی عامل‌ها در سراسر یک جامعه (جامعی هدف مدل سازی) می‌تواند به‌عنوان ویژگی دیگر این پارادایم به حساب آید.

به طور خلاصه، از آنجا که موضوعات شهری دربرگیرنده مباحث فنی و اجتماعی می‌باشند و همچنین دربرگیرنده تعاملات مکانی و زمانی بین بازیگران مختلف می‌باشند، می‌توان گفت مطالعات شهری از پیچیده‌ترین موضوعات مطالعاتی هستند (Kraff et al., 2020). با توجه به ویژگی‌های ممتاز مدل عامل بنیان، که در بالا به آنها اشاره شد، این پارادایم زمینه مناسبی را برای مدل کردن سیستم‌های شهری که در برگیرنده بازیگرانی است که علاوه بر اینکه باهم در تعامل می‌باشند، رفتارشان را در سازگاری بهتر با محیط تغییر می‌دهند، می‌گشاید.

۲-۶- ضرورت هماهنگی در توسعه شهری

سازمانهای متعددی در فرآیند توسعه شهری دخیل هستند. پراکندگی اختیارات و وظایف توسعه شهری در میان این سازمان‌های مستقل، نیاز به هماهنگی بین آنها را امری

اجتناب‌ناپذیر می‌نماید (Hedborg & Rosander, 2023). فقدان هماهنگی بین سازمان‌هایی دخیل در فرآیند توسعه شهری که غالباً با دیدگاه‌های مختلف، تجارب و سطح دانش متفاوت در این فرآیند شرکت می‌نمایند، چالش بزرگی در فرآیند توسعه پایدار شهری ایجاد می‌نمایند (Hedborg et al., 2020). دلایل متعددی بر ضرورت هماهنگی در پروسه توسعه شهری وجود دارد. نخست، هماهنگی منجر به تجمیع و به اشتراک گذاری منابع، تخصص و تجارب سازمان‌های مؤثر در توسعه شهری خواهد شد. دوم، هماهنگی می‌تواند زمینه استانداردسازی و بهینه‌سازی خدمات این سازمان‌ها را فراهم نماید. سوم، هماهنگی انگیزه انجام پروژه‌های مشترک را فراهم می‌نماید. چهارم، هماهنگی راه را برای شناخت و حل مشکلات مشترک باز می‌نماید. نهایتاً اینکه هماهنگی سازمان‌های دخیل در توسعه شهری را قادر می‌سازد تا شرایط محیطی را کنترل و از هدر رفت منابع جلوگیری نمایند.

توسعه شهری فرآیندی پیچیده است. ماهیت پیچیده توسعه شهری ناشی از عوامل متعددی می‌باشد. نخست، سیستم‌های شهری به هم پیوسته می‌باشند و به روش‌های پیچیده‌ای به صورت متقابل به هم وابسته هستند. به بیان دیگر، هر تغییری در هر یک از سیستم‌های شهری به صورت مستقیم سیستم‌های دیگر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دوم، سازمان‌های متعددی در سطوح مختلف تصمیم‌گیری در توسعه شهری دخیل هستند. این واضح است که تصمیم‌گیران مختلف در توسعه شهری این فرآیند را پیچیده می‌نمایند. سوم، توسعه شهری از منظر جغرافیایی پروسه‌ای پراکنده بوده و در تعامل با انسان به‌عنوان سازنده، مدیریت کننده و استفاده کننده می‌باشد. چهارم، نقص در تصمیم‌گیری سازمان‌های دخیل در توسعه شهری آن را پیچیده‌تر می‌نماید.

با توجه به ویژگی‌های سیستم‌های پیچیده (Holland, 1988)، باید فرآیندهای توسعه شهری را در زمره سیستم‌های پیچیده در نظر گرفت. این ویژگی‌های عبارتند از: نخست، بازیگران مستقل متعددی در فرآیند دخیل هستند. در فرآیند توسعه شهری این بازیگران عبارتند از سازمان‌های همچون شهرداری‌ها، وزارت کشور، سازمان شهرداری‌های کشور، وزارت راه و شهرسازی، شورای عالی شهرسازی و معماری، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی، وزارت نیرو و غیره. دومین ویژگی سیستم پیچیده وجود تعدد سطوح تصمیم‌گیری است. سازمان‌ها در سطوح مختلف کشوری، استانی و شهری در فرآیند توسعه شهری دخیل هستند. سومین ویژگی، توانایی عامل‌ها (بازیگران) برای تصمیم‌گیری با توجه به شرایط می‌باشد. عوامل دخیل در توسعه شهری با توجه منابع و محدودیت‌هایی که دارند در این حوزه تصمیم‌گیری می‌نمایند. استفاده از مدل‌های داخلی برای پیش‌بینی آینده به عنوان ویژگی چهارم سیستم‌های پیچیده بیان شده است. در فرآیند برنامه‌ریزی شهری سازمان‌های

دخیل برای پیش‌بینی آینده شهر از مدل‌ها مختلف همچون مدل پیش‌بینی جمعیت استفاده می‌کنند. علاوه بر ویژگی‌های عنوان شده برای سیستم‌های پیچیده توسط هالند^۱، سیستم‌های شهری ویژگی‌های دیگری دارند که خود بر پیچیدگی آنها می‌افزاید. این ویژگی‌ها عبارتند از: (۱) بازبودن، سیستم‌های شهری سیستم‌های بازی هستند، آنها با دیگر سیستم‌ها و همچنین محیط اطرافشان انرژی، مواد و اطلاعات تبادل می‌نمایند. (۲) چند وجهی بودن، سیستم‌های شهری تمام جنبه‌های مختلف زندگی شهری را پوشش می‌دهند. (۳) پویایی و عدم وجود یک حالت غایی، سیستم‌های شهری دائماً در حال تغییر هستند. (۴) غیر خطی بودن، سیستم‌های شهری برهم تأثیر دازند و از یکدیگر نیز متأثر می‌شوند.

ماهیت پیچیده سیستم‌های شهری هماهنگی بین سازمان‌های دخیل در فرآیند توسعه و مدیریت شهری را امری اجتناب ناپذیر می‌نمایند. به بیان دیگر، یک ضرورت اساسی برای هماهنگی در توسعه و مدیریت سیستم‌های پیچیده همچون سیستم‌های شهری وجود دارد (Gan et al., 2020). علاوه بر این نقش چندگانه انسان (به عنوان سازنده، اداره کننده و استفاده کننده) از سیستم‌های شهری بر ضرورت ایجاد هماهنگی بین سازمان‌های دخیل در پروسه توسعه شهری را بیش از پیش می‌افزاید. در تأیید این موضوع، سنفورد برنهارت^۲ تأکید می‌نماید که دخالت انسان در فرآیند توسعه شهری نیاز به هماهنگی بین سازمان دخیل در فرآیند مذکور را امری اجتناب پذیر می‌نماید (Sanford Bernhardt, 2004).

علاوه بر این، وابستگی متقابلی بین سیستم‌های شهری وجود دارد، موضوع هماهنگی بین بازیگران دخیل در فرآیند توسعه شهری را امری ضروری نموده است. وابستگی بین زیرسیستم‌های شهری بدین معناست که هر تغییری در یک سیستم به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم سیستم‌های دیگری شهری را متأثر می‌نماید. یک شکست در یکی از سیستم‌های شهری می‌تواند موجب وقفه در عملکرد سیستم‌های دیگر گردد و یا حتی موجب تأثیر منفی در کل عملکرد شهر گردد. بنابراین مدیریت این وابستگی‌های متقابل بین زیرسیستم‌های شهری و یا به بیان مالون و کرسون^۳ (Malon & Crowston, 1994) بین آنها نقش کلیدی در موفقیت توسعه شهری ایفا می‌نماید. به طور کلی چهار دسته وابستگی بین سیستم‌های شهری وجود دارد: وابستگی فیزیکی، وابستگی جغرافیایی، وابستگی سایبری و وابستگی قانونی.

¹ Holland

² Sanford Bernhardt

³ Malon & Crowston

با در نظر گرفتن ماهیت پیچیده فرآیند توسعه شهری، نقش سه گانه انسان در این فرآیند و همچنین در نظر گرفتن وجود وابستگی‌های متقابل بین سیستم‌ها و سازمان‌های مؤثر در شهر، می‌توان نتیجه گرفت هماهنگی امری اجتناب ناپذیر در فرآیند توسعه شهری می‌باشد. هماهنگی مکانیسمی حیاطی است که سازمان‌های مختلف دخیل در توسعه و مدیریت شهری را با هدف هم راستا نمودن تلاش آنها (از منظر کارآیی، اثر بخشی، و برابری) گرد هم می‌آورد.

۳- روش شناسی پژوهش

با توجه به هدف و ماهیت این پژوهش، رویکرد کیفی روش مناسبی برای جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها می‌باشد. دلیل این امر این است که رویکرد کیفی بر روی مفاهیم و فرآیندهایی تمرکز می‌نماید که از طریق رویکردهای کمی قابل شناسایی، تحلیل و فرموله شدن نمی‌باشند (Rahman, 2020). از میان روش‌های گوناگون رویکرد کیفی، روش مطالعه موردی مناسبترین روش برای این پژوهش می‌باشد. دلیل این امر آن است که در پژوهش حاضر هدف شناسایی وابستگی متقابل در فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری می‌باشد و طبق نظر یین^۱ زمانی که هدف اصلی پژوهش شناسایی فرآیندها و چرایی آنها می‌باشد، مطالعه موردی کیفی مناسبترین روش برای انجام تحقیق می‌باشد (Yin, 2011). از میان چهار حالت کلی مطالعه موردی، طراحی تعبیه شده تک موردی^۲، طراحی جامع تک موردی^۳، طراحی جامع چندگانه^۴، طراحی تعبیه شده چندگانه^۵، با توجه به برتری مطالعه موردی چندگانه بر مطالعه موردی تک موردی و همچنین در نظر گرفتن ماهیت توسعه شهری، طرح پژوهش این تحقیق بر اساس روش نمونه موردی کیفی تعبیه شده چندگانه^۶ که شامل مطالعه فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری دو نمونه موردی زیر است طراحی و انجام گردید:

- فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری فاز ۷ هشتگرد

- فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری تپه امام گل همدان

منبع داده‌ها، از میان سه منبع روش کیفی یعنی مصاحبه، مشاهده و مطالعه اسناد، با توجه به هدف تحقیق که همانا شناسایی و ارئه مکانیسمی برای مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های دخیل در فرآیند توسعه شهری می‌باشد، مصاحبه نیمه ساختاریافته^۷ برای

^۱ Yin

^۲ single-case embed design

^۳ single-case holistic design

^۴ multiple-case holistic design

^۵ multiple-case embedded design

^۶ qualitative multiple embedded case study

^۷ Semi structured

جمع‌آوری اطلاعات به کار گرفته شد. و در مجموع ۲۰ کارشناس خبره از سازمان‌هایی که بیشترین تأثیر را در فرآیند توسعه شهری دارند به روش گلوله برفی^۱ انتخاب گردیدند. این سازمان عبارتند از شهرداری، شرکت گاز، راه و شهرسازی، شرکت عمران شهر جدید هشتگرد، شرکت آبفا، شرکت برق، شرکت مخابرات، جهاد کشاورزی و شرکت برق.

۳-۱- تحلیل داده‌ها

راهبرد اصلی برای تحلیل داده‌ها در این تحقیق تکیه بر تکیه بر "گزاره‌های تحقیق"^۲ بود که جهت‌گیری اصلی فرآیند تجزیه و تحلیل داده‌ها را شکل می‌دهد. در چارچوب این راهبرد، "تکنیک ساخت تفسیر"^۳ جهت دستیابی به یافته‌های تحقیق بکار گرفته شده است. به منظور افزایش قابلیت اعتماد به یافته‌های تحقیق "هماندسازی واقعی"^۴ در سطح بین نمونه‌های موردی بکار گرفته شده است.

پروژه دستیابی به یافته‌های تحقیق با "کد گذاری باز"^۵ آغاز و گام بعدی قرآیند کدگذاری به شکل "کد گذاری محوری"^۶ که طی آن داده‌های کد گذاری شده به یافته‌های اولیه تحقیق تبدیل می‌شوند ادامه یافت. نهایتاً یافته‌هایی که صحت آنها در برابر بیش از یک سری از داده‌ها تأیید گردیدند، ابقاء و مابقی یافته‌ها حذف یا درهم ادغام گردیدند. به بیان دیگر، فرآیند تحلیل در ابتدا به شکل استقرایی و در انتها به شکل قیاسی انجام گردید.

۳-۲- چهارچوب نظری تحقیق

چهارچوب نظری تحقیق حاضر مبتنی بر تئوری مشهور هماهنگی ارائه شده توسط مالون و کرستون می‌باشد (Malon & Crowston, 1994). این تئوری هماهنگی را فرآیند مدیریت وابستگی‌های متقابل^۷ بین فعالیت‌ها تعریف می‌نماید. بر این اساس، وابستگی‌های متقابل بین فعالیت‌های سازمان‌های مختلف دخیل در پروژه توسعه شهری می‌بایست شناسایی و کلاسه‌بندی گردند. به بیان دیگر، شناسایی انواع وابستگی‌های متقابل بین سازمانهای مؤثر در توسعه شهری و ارائه مکانیزمی برای مدیریت آنها پایه نظری این تحقیق را تشکیل خواهد داد.

^۱ Snowball sampling

^۲ Relying on theoretical proposition

^۳ explanation building technique

^۴ literal replication

^۵ open-coding

^۶ axial-coding

^۷ Interdependency

وابستگی متقابل یک رابطه دوسویه بین سیستم‌های شهری است، به گونه‌ای که حالت یک سیستم بر حالت‌های سیستم‌های دیگر تأثیر داشته و در نوبه خود از آنها نیز متأثر می‌گردد. توضیح اینکه هر تغییری در یکی از سیستم‌های شهری به‌عنوان مثال سیستم تأمین آب شرب می‌تواند سیستم‌های دیگر شهر را به شکل مستقیم و یا غیرمستقیم و همچنین بخشی گسترده‌ای از جغرافیای شهر را تحت تأثیر قرار دهد. این واژه از لحاظ مفهومی ساده به نظر می‌رسد و بیانگر ارتباط بین عامل‌ها (سازمان‌های) دخیل در حوزه شهر می‌باشد. ولی از سوی دیگر، درعمل وابستگی متقابل بین سیستم‌های شهری، پیچیدگی این سیستم‌ها را افزایش می‌دهد. به هر جهت، وابستگی‌های متقابلی بین سیستم‌های شهری و سازمان‌های متناظر آنها وجود دارد، که طبق یافته‌های مطالعه موردی انجام شده به شرح زیر می‌باشند.

۴- یافته‌های مطالعه موردی

با توجه چهارچوب نظری تدوین شده، تمرکز مطالعه موردی بر روی شناسایی و آنالیز وابستگی متقابل بین سازمان‌های دخیل در مکان‌یابی مناطق توسعه شهری می‌باشد. تجزیه و تحلیل مبتنی بر وابستگی^۱ و تجزیه و تحلیل مبتنی بر فعالیت^۲ دو روش عمده برای شناسایی وابستگی‌های متقابل می‌باشند (Crowston, K., & Osborn, 1998). با توجه به ماهیت این تحقیق روش دوم مورد استفاده قرار گرفته است. یافته‌های تحقیق بیانگر این موضوع است که علاوه بر توجه به معیارهای اساسی برای مکان‌یابی مناطق توسعه شهری (از جمله مقبولیت اجتماعی، شیب و توپوگرافی زمین، مخاطرات طبیعی و دسترسی به آب و شهر) می‌بایست وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های دخیل نیز مدیریت شوند. این وابستگی‌ها عبارتند از:

- وابستگی قانونی:

در فاز مکانیابی توسعه جدید شهری چندین نوع از وابستگی حقوقی-قانونی متقابل بین سازمان‌های دخیل در فرآیند توسعه شهری وجود دارد. به‌عنوان مثال منع قانونی توسعه در اراضی مرغوب کشاورزی و یا منع قانونی توسعه در حرایم حفاظتی.

- بسندگی زیرساخت‌های شهری

ظرفیت زیرساخت‌های شهری محدود می‌باشد. زمانی یک تقاضا بر یک یا چند زیرساخت شهری تحمیل می‌گردد، این موضوع باعث می‌شود که عملکرد زیرساخت‌های موجود مختل گردد. عدم توجه به این موضوع در زمان مکان‌یابی مناطق توسعه جدید شهری قطعاً مشکلات متعددی در تأمین زیرساخت‌های مورد نیاز به وجود می‌آورد.

¹ dependency-focused analysis

² activity-focused analysis

- وابستگی موقعیت نسبی

موقعیت نسبی سایت مورد نظر جهت توسعه شهری نسبت به زیرساختهای موجود از منظر فاصله افقی یا عمودی یک فاکتور مهم در موفقیت مکان‌یابی مناطق توسعه شهری می‌باشد. توضیح اینکه ارائه خدمات زیرساختی محدود به گستره جغرافیایی مشخص و محدودی می‌باشد. اگر در فاز مکان‌یابی به این وابستگی که آنرا وابستگی موقعیت نسبی می‌نامیم توجه نشود، تأمین خدمات برای مناطق توسعه جدید شهری در فاز اجرا با مشکلات متعددی روبرو خواهد شد.

- وابستگی حرایم

با توجه ماهیت سیستم‌های شهری، حریم مشخصی برای هریک از تأسیسات شهری وجود دارد (به عنوان مثال حریم خطوط فشار قوی). ضرورت در نظر گرفتن این حرایم در فاز مکان‌یابی، وابستگی متقابلی را بین سازمان‌های دخیل در توسعه شهری بوجود می‌آورد، چنانچه به این وابستگی‌های متقابل در این فاز توجه نشود، فرآیند توسعه شهری با مشکل روبرو خواهد شد.

۵- مدل هماهنگی عامل بنیان

مدل عامل بنیان، همانگونه که بحث شد، قادر به درک و مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های دخیل در فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری می‌باشد. در این بخش براساس یافته‌های تحقیق و همچنین تئوری هماهنگی، چهارچوب مدل عامل بنیان برای ایجاد هماهنگی بین سازمان‌های دخیل در فاز مکان‌یابی مناطق توسعه شهری ارائه خواهد شد.

۵-۱- توصیف مدل پیشنهادی

مفاهیم پایه مدل پیشنهادی عبارتند از: نخست، مفهوم تئوری هماهنگی (Malone & Crowston, 1994) که بر اساس آن، هماهنگی عبارت است از مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمان مؤثر در فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری. دوم، اساس مدل پیشنهادی، اصول عام مدل عامل بنیان می‌باشد. سوم، عامل‌ها در مدل عامل بنیان پیشنهادی نمایانگر سازمانهای دخیل در پروسه توسعه شهری می‌باشند. به هر حال مدل پیشنهادی همانند هر مدل عامل بنیان دیگر از دو بخش اصلی تحت عناوین بخش مذاکره و بخش ویژگی‌ها تشکیل شده است. عامل‌های مستقل (سازمان دخیل در فرآیند توسعه شهری) در بستر مدل پیشنهادی بر اساس زبان ارتباطی عامل‌ها^۱ (ACL) گفتگو می‌نمایند. مذاکره بین عامل‌ها یک پروسه مشارکتی

^۱ Agent Communication Language

برای تخصیص مقادیر به متغیرها می‌باشد. به‌عنوان مثال مذاکره در خصوص میزان جمعیت‌پذیری سایت پیشنهادی. به هر حال، با توجه به توانایی مدل عامل بنیان در زمینه تنظیم و مدیریت وابستگی‌ها، مدل ارائه شده در این پژوهش یک شیوه منطقی برای هماهنگی بین سازمان دخیل در مرحله مکانیابی توسعه جدید شهری به شرح زیر ارائه می‌نماید.

۵-۲- ساختار مدل هماهنگی عامل بنیان

- در مدل هماهنگی عامل بنیان پیشنهادی سه دسته عامل به شرح زیر وجود دارد:
- عامل هماهنگ کننده: عامل هماهنگ کننده مسئول مدیریت وابستگی متقابل بین سایر عامل‌ها می‌باشد.
- عامل تأمین کننده زیرساخت شهری: این عامل‌ها (سازمان‌ها) مسئولیت تأمین خدمات مورد نیاز مناطق توسعه جدید شهری را بعهده دارند، همانند شرکت شبکه توزیع برق، شرکت آبفا، شهرداری، شرکت توزیع گاز و غیره.
- عامل‌های گیرنده زیرساخت‌ها: این عامل نمایندگی کننده سازمان‌هایی هست که به‌عنوان مسئول توسعه شهری گیرنده خدمات از سازمان‌های زیرساختی می‌باشند.
- این سه دسته عامل دارای ویژگی‌های زیر می‌باشند:
- ویژگی‌های عامل هماهنگ کننده: این عامل بر اساس یک سری قوانین "اگر-آنگاه" وابستگی‌های متقابل بین عامل‌های دیگر را مدیریت می‌نماید.
- ویژگی‌های عامل‌های تأمین کننده زیرساخت شهری: این دسته از عامل‌ها با محدودیت‌های درونی (مرتبط با شرایط فیزیکی سیستم‌هایشان) و محدودیت خارجی (مرتبط با شرایط قانونی، سیاسی و همچنین ویژگی‌های مورفولوژی منطقه توسعه شهری) روبرو هستند. این محدودیت‌ها (ویژگی‌ها) خود را به شکل وابستگی متقابل بین عامل‌ها نشان می‌دهد.
- ویژگی‌های عامل گیرنده زیرساخت‌ها: فرض بر این است که عامل‌های تأمین کننده زیرساخت شهری می‌بایست نیازهای این عامل را از منظر زمان، مقدار و کیفیت خدمات تأمین کنند.

۵-۳- نحوه تعامل عامل‌ها

در مدل هماهنگی عامل بنیان پیشنهادی، عامل‌ها (به نمایندگی از سازمان‌های دخیل در فرآیند مکانیابی توسعه جدید شهری) از طریق زبان ارتباطی عامل‌ها (ACL) با هم تعامل می‌کنند. ACL یک زبان ارتباطی در مدل عامل بنیان است، که شامل یکسری مفاهیم، قواعد

زبانی و عملی می‌باشد. تعامل بین عامل‌ها یک ارتباط دو طرفه، بر اساس یک "پروتکل مذاکره زوجی" است، توضیح اینکه، یک عامل یک درخواست برای عامل متناظرش ارسال و عامل گیرنده پیام با توجه ویژگی‌ها و محدودیت‌هایش پاسخ درخواست مذکور را ارسال می‌نماید. بخش مذاکره هر عامل مسئول ارسال و دریافت پیام‌ها عامل می‌باشد. در مدل پیشنهادی مجموعه‌ای از مکانیزم‌های هماهنگی به شرح زیر جهت مدیریت وابستگی‌های متقابل بین عامل‌ها به کار گرفته می‌شود.

- فرآیند مدیریت وابستگی‌ها در خلال مکانیابی مناطق توسعه شهری

در ابتدای فرآیند عامل متولی توسعه جدید شهری (UD-agent)^۱ تعدادی از مکان‌های مورد نظر را مورد برای توسعه جدید شهری را در برابر مجموعه‌ای از معیارهای غربالگری همچون وجود یا عدم وجود مخاطرات طبیعی، دسترسی، مقبولیت اجتماعی، شیب و توپوگرافی زمین مورد ارزیابی قرار می‌دهد. خروجی این مرحله تعدادی سایت منتخب خواهد بود (به عنوان مثال، سایت A، سایت B، سایت C و سایت D). همانگونه که در شکل شماره ۱ نیز نمایان است، لیست سایت‌های منتخب در قالب درخواست برای پیشنهاد (CFP)^۲ message برای عامل هماهنگ‌کننده (CO-Agent)^۳ ارسال خواهند شد. سپس، عامل هماهنگ‌کننده پیام مذکور (را که حاوی اطلاعات سایت‌های منتخب می‌باشد را برای سایر عامل‌ها (سازمان دیگری که در فرآیند توسعه شهری دخیل هستند) در قالب درخواست برای پیشنهاد (CFP-message) ارسال می‌نماید. در گام بعد، هر یک عامل‌ها (No1-agent، No2-agent، No3-agent و...) به منظور اینکه تشخیص دهد کدام سایت می‌تواند نیازها و ضرورت‌هایش را برآورده نماید، آنها را ارزیابی می‌نماید. در این مرحله، ویژگی‌های هر یک عامل‌ها، طبق یافته‌های تحقیق، خود را در قالب وابستگی‌های: وابستگی قانونی، بسندگی زیرساخت‌های شهری، وابستگی موقعیت نسبی و وابستگی حرایم نمایان می‌سازند.

هر یک از عامل‌های دخیل در فرآیند مکان‌یابی مناطق توسعه شهری تمام سایت‌های منتخب را براساس یک سری قاعده ساده "اگر-آنگاه"^۴ ارزیابی می‌نماید: اگر سایت A این چهار وابستگی را برآورده کند، آنگاه سایت A مورد پذیرش خواهد بود. برعکس اگر سایت A نتواند یکی از این وابستگی را برآورده نماید، آنگاه سایت مذکور رد می‌شود.

^۱ Urban developer agent

^۲ calling for proposal message

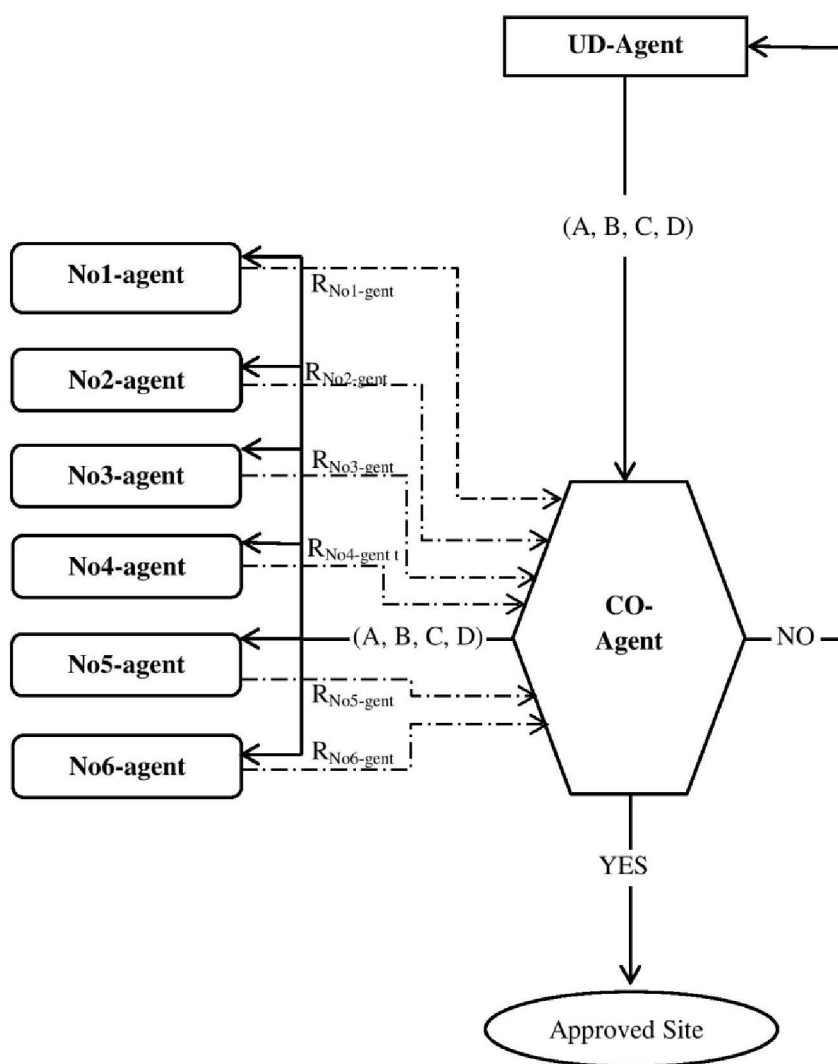
^۳ Coordination agent

^۴ "if-then" rule

بعد از اینکه سایت‌های منتخب توسط عامل‌ها ارزیابی شدند، نتیجه‌ها ($R_{No1-agent}$ ، $R_{No2-agent}$ ، $R_{No3-agent}$ ، ...) را به عامل هماهنگ کننده ارسال می‌نمایند. سپس این عامل براساس قاعده ساده "اگر-آنگاه" زیر نتایج را تحلیل می‌نمایند:

- ✓ If $R_{No1-agent} \cap R_{No2-agent} \cap R_{No3-Agent} \cap \dots = A$, then **A** is selected as an approved site.
- ✓ If $R_{No1-agent} \cap R_{No2-agent} \cap R_{No3-Agent} \cap \dots = B$, then **B** is selected as an approved site.
- ✓ If $R_{No1-agent} \cap R_{No2-agent} \cap R_{No3-Agent} \cap \dots = C$, then **C** is selected as an approved site.
- ✓ If $R_{No1-agent} \cap R_{No2-agent} \cap R_{No3-Agent} \cap \dots = D$, then **D** is selected as an approved site.
- ✓ If $R_{No1-agent} \cap R_{No2-agent} \cap R_{No3-Agent} \cap \dots = \emptyset$, then no site is selected.

در حالتی که فصل مشترک تجزیه و تحلیل نتایج ارسالی از سوی عامل تهی باشد، یک درخواست به عامل متولی توسعه جدید شهری برای ارسال گزینه‌های جدید ارسال می‌نماید. پروسه فوق تا رسیدن به نتیجه مطلوب تکرار خواهد شد.



شکل ۱- تعامل عامل در پروسه مکان یابی

۶- بحث و نتیجه گیری

مدل هماهنگی عامل بنیان یک چهارچوب منطقی برای مدیریت وابستگی‌های متقابل بین سازمان‌های دخیل در فاز مکان‌یابی مناطق جدید شهری می‌باشد. به عبارت دیگر، این مدل تصمیم‌گیران در حوزه توسعه شهری را قادر می‌سازد تا با هماهنگ کردن فعالیت‌هایشان، کارایی و اثر بخشی فرآیند توسعه شهری را افزایش داده و از هدر رفت منابع و امکانات جلوگیری نمایند. نوآوری‌های این مدل عبارتند از: نخست، این مدل دو حوزه مستقل از دانش

یعنی علم سیستم‌های پیچیده و علم هماهنگی را با هم ترکیب می‌نماید. دوم، بر خلاف شیوه هماهنگی دستوری، این مدل تمرکز زدایی و استقلال سازمان‌های دخیل در پروسه مکان‌یابی توسعه شهری را تضمین می‌نماید. سوم، این مدل دستورالعملی برای مدیریت چالش‌های پیچیده در حوزه شهری را از طریق مجموعه از قواعد ساده "اگر-آنگاه" فراهم می‌آورد. در نتیجه می‌توان گفت مدل هماهنگی عامل بنیان برتری‌های برجسته‌ای نسبت به سایر شیوه‌های هماهنگی از جمله هماهنگی متمرکز و هماهنگی دستوری دارد. این برتری‌ها عبارتند از: نخست، ارائه یک درک جامع پایین به بالا از تعاملات بین سازمان‌های دخیل در فرآیند توسعه شهری. دوم، حفظ استقلال سازمان‌های دخیل در توسعه شهری. و نهایتاً اینکه ساختار نامتمرکز مدل هماهنگی عامل بنیان با ساختار اداری سازمان‌های دخیل در مدیریت شهری کشور کاملاً هماهنگ می‌باشد.

منابع و مأخذ:

- 1- Batty, M. (2016). Complexity in city systems: Understanding, evolution, and design. In *A planner's encounter with complexity* (pp. 99-122). Routledge.
- 2- Bettencourt, L. M. (2021). *Introduction to urban science: evidence and theory of cities as complex systems*.
- 3- Bioco, J., Cánovas, F., Prata, P., & Fazendeiro, P. (2022). SDSim: a generalized user friendly web ABM system to simulate spatiotemporal distribution of species under environmental scenarios. *Environmental Modelling & Software*, 147, 105234.
- 4- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(suppl_3), 7280-7287.
- 5- Buchanan, M. (2009). Economics: Meltdown modelling. *Nature* 460 (7256), 680–682.
- 6- Castiglione, F. (2020). Agent-Based Modeling and Simulation, Introduction to. *Complex Social and Behavioral Systems: Game Theory and Agent-Based Models*, 661-665.
- 7- Castiglione, F. (2020). Agent-Based Modeling and Simulation, Introduction to. *Complex Social and Behavioral Systems: Game Theory and Agent-Based Models*, 661-665.
- 8- Clarke, K. C. (2014). Cellular automata and agent-based models. *Handbook of regional science*, 1217-1233.
- 9- Crowston, K., & Osborn, C. S. 1998. A coordination theory approach to process description and redesign. In Malone, T. W., Crowston, K. & Herman, G. (Eds.) *Organizing Business Knowledge: The MIT Process Handbook* (pp. 335—370). Cambridge, MA: MIT Press. Available from <http://ccs.mit.edu/papers/pdf/wp204.pdf>.
- 10- Datseris, G., Vahdati, A. R., & DuBois, T. C. (2022). Agents. jl: a performant and feature-full agent-based modeling software of minimal code complexity. *Simulation*, 00375497211068820.
- 11- do Amaral, J. V. S., Montevechi, J. A. B., de Carvalho Miranda, R., & de Sousa Junior, W. T. (2022). Metamodel-based simulation optimization: A systematic literature review. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 114, 102403.

- 12- Du, J., Jing, H., Castro-Lacouture, D., & Sugumaran, V. (2019). Multi-agent simulation for managing design changes in prefabricated construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 27(1), 270-295.
- 13- Fagiolo, G., Guerini, M., Lamperti, F., Moneta, A., & Roventini, A. (2019). Validation of agent-based models in economics and finance. *Computer simulation validation: fundamental concepts, methodological frameworks, and philosophical perspectives*, 763-787.
- 14- Gan, L., Shi, H., Hu, Y., Lev, B., & Lan, H. (2020). Coupling coordination degree for urbanization city-industry integration level: Sichuan case. *Sustainable Cities and Society*, 58, 102136.
- 15- Gargiulo, C., & Papa, R. (2021). Chaos and chaos: the city as a complex phenomenon. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 14(2), 261-270.
- 16- Glen, C. M., Kemp, M. L., & Voit, E. O. (2019). Agent-based modeling of morphogenetic systems: Advantages and challenges. *PLoS computational biology*, 15(3), e1006577.
- 17- Hedborg, S., & Rosander, L. (2023). Self-organizing in urban development: developers coordinating between construction projects. *Construction Management and Economics*, 1-15.
- 18- Hedborg, S., Eriksson, P. E., & Gustavsson, T. K. (2020). Organisational routines in multi-project contexts: Coordinating in an urban development project ecology. *International journal of project management*, 38(7), 394-404.
- 19- Holland, J. H. (1988). "The global economy as an adaptive process." *The economy as a an evolving complex system*, P.W. Anderson, K. J. Arrow, and D. Pines eds., Addison-Wesley, Redwood City, Calif.
- 20- Holland, J. H. (1988). "The global economy as an adaptive process." *The economy as a an evolving complex system*, P.W. Anderson, K. J. Arrow, and D. Pines eds., Addison-Wesley, Redwood City, Calif.
- 21- Jacobson, M. J., Levin, J. A., & Kapur, M. (2019). Education as a complex system: Conceptual and methodological implications. *Educational researcher*, 48(2), 112-119.
- 22- Kavak, H. (2019). A data-driven approach for modeling agents.

- 23- Kieu, M., Nguyen, H., Ward, J. A., & Malleson, N. (2022). Towards real-time predictions using emulators of agent-based models. *Journal of Simulation*, 1-18.
- 24- Khodabandelu, A., & Park, J. W. (2022). Applications of agent-based modeling (ABM) in enhancing facility operation and management.
- 25- Kraff, N. J., Wurm, M., & Taubenböck, H. (2020). Uncertainties of human perception in visual image interpretation in complex urban environments. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 4229-4241.
- 26- Macal, C.M. & North, M.J. (2010). Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*. 4, 151–162.
- 27- Malik, J., Mahdavi, A., Azar, E., Putra, H. C., Berger, C., Andrews, C., & Hong, T. (2022). Ten questions concerning agent-based modeling of occupant behavior for energy and environmental performance of buildings. *Building and Environment*, 217, 109016.
- 28- Malone, T.V. & Crowston, K. (1994). The Interdisciplinary Study of Coordination. *ACM Computing Surveys*, Vol. 26, No. 1, March 1994.
- 29- Marvuglia, A., Bayram, A., Baustert, P., Gutiérrez, T. N., & Igos, E. (2022). Agent-based modelling to simulate farmers' sustainable decisions: Farmers' interaction and resulting green consciousness evolution. *Journal of Cleaner Production*, 332, 129847.
- 30- McComb, C., & Jablokow, K. (2022). A conceptual framework for multidisciplinary design research with example application to agent-based modeling. *Design Studies*, 78, 101074.
- 31- Obergh, A. (2023). Discussion of Game Design and Construction of a Videogame Utilizing PCG, CA, and ABM.
- 32- Olsen, M., Raunak, M. S., & Kuhn, D. R. (2023, June). Predicting ABM Results with Covering Arrays and Random Forests. In *International Conference on Computational Science* (pp. 237-252). Cham: Springer Nature Switzerland.
- 33- Rahman, M. S. (2020). The advantages and disadvantages of using qualitative and quantitative approaches and methods in language "testing and assessment" research: A literature review.
- 34- Saeedi, S. (2018). Integrating macro and micro scale approaches in the agent-based modeling of residential dynamics. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 68, 214-229.

-
- 35- Sanford Bernhardt, K. L. (2004). "An agent-based framework for modeling civil infrastructure systems management." Proc., Information Technology in Civil Engineering Symp., ASCE, Baltimore.
 - 36- Shaharuddin, R. A., & Misro, M. Y. (2021, November). Traffic simulation using agent based modelling. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2423, No. 1). AIP Publishing.
 - 37- Westman, L., & Castan Broto, V. (2022). Urban transformations to keep all the same: The power of ivy discourses. *Antipode*, 54(4), 1320-1343.
 - 38- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo. Mit Press.
 - 39- Wooldridge, M. (2002). Introduction to MultiAgent Systems, Wiley.
 - 40- Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo. Mit Press.
 - 41- Zhao, N., Chong, H. Y., & Li, Q. (2023). Agent-based modelling of helping behaviour diffusion in project teams as an evolutionary process. *Journal of Simulation*, 17(3), 279-296.
 - 42- Yin, R. K. (2011). Applications of case study research. sage.