نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره چهارم، شماره۴، اردیبهشت ماه ۱۳۹۴

مدل‌سازی عامل‌مبنای راهبری در فضای شهری بر اساس مؤلفه‌های درک مکانی انسانی

علیرضا نیرو[۱]، فرید کریمی‌پور*[۲]

[۱] کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی- گروه مهندسی نقشه‌برداری- پردیس دانشکده‌های فنی- دانشگاه تهران
alireza.niroo@ut.ac.ir

[۲]استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری- پردیس دانشکده‌های فنی- دانشگاه تهران
fkarimipr@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت تیر ۱۳۹۳، تاریخ تصویب اسفند ۱۳۹۳)

چکیده

حرکت در محیط، فعالیتی جدا نشدنی از زندگی روزمره انسان است. ما نیاز داریم که خود را در محیط توجیه کنیم و در زمان مناسب به مقصد موردنظر خود برسیم. این امر گاه با کمک تسهیلات راهبری[۱] مانند نقشه، و گاه با توسل به ادراک مکانی[۲] صورت می‌گیرد. در این مقاله، براساس مبانی علمی ادراک مکانی انسانی، مدلی برای شبیه‌سازی نحوه تشکیل و توسعه دانش مکانی[۳] ارائه گردیده و به روش عامل مبنا[۴] پیاده‌سازی شده است. در این مدل با هدف نمایش ملموس‌تر فرآیند ذهنی انسان به هنگام مشاهده و ادراک محیط اطراف، یک ماتریس برای هرکدام از نقاط تصمیم‌گیری درنظر گرفته شده که مولفه‌های آن، بیانگر شناخت فرد از محل و ارتباط آن با نقاط همسایه می‌باشد. در این مدل مراحل مختلف ادراک انسان شامل چگونگی ذخیره‌سازی اطلاعات مکانی، چگونگی یکپارچه کردن و ارتقاء دانش مکانی و چگونگی بازیابی این دانش برای امر راهبری از دید یک عابر پیاده در فضای شهری، تشریح شده است. این امر می‌تواند در راستای به خدمت گرفتن ابزار تکنولوژی به شکلی سازگارتر با ادراک مکانی انسانی مورد استفاده قرار گرفته و محیط‌های گوناگون را براساس اهداف موردنظر، جهت تصمیم‌گیری بهتر انسان بهینه نماید. این مدل‌سازی، این امکان را به وجود می‌آورد که بتوان پیچیدگی‌های تصمیم‌گیری انسان در زمان مسیریابی را، برای رسیدن به سطحی قابل کنترل، کاهش داد.

واژگان کلیدی: ادراک مکانی، نقشه ذهنی[۵]، راهبری شهری، راهبری عابر پیاده، دانش مکانی، مدل عامل‌مبنا

۱- مقدمه

* نویسنده رابط

۱ Navigation Aids
۲ Spatial Cognition
۳ Spatial Knowledge
٤ Agent-Based Model
٥ Mental Map

راهبری را می‌توان یک فرآیند هدفمند، به منظور رسیدن از نقطه مبدا به مقصد، از طریق معبرها و مسیرهای واسط در نظر گرفت[۱]. این امر در محیط‌های ناآشنا، می‌تواند با کمک تسهیلات راهبری و در محیط‌های آشنا، با استفاده از ادراک مکانی که بر پایه دانش مکانی است، صورت گیرد. ادراک مکانی شامل اخذ، مرتب‌سازی، استفاده و بروزگردانی دانش مکانی محیطی می‌باشد. ادراک مکانی نقش پررنگی در زندگی روزمره ایفا می‌کند. هر کدام از ما برای انجام فعالیت‌های روزمره نیاز داریم بدانیم کجا هستیم؛ یا به تعبیر دیگر، با استفاده از دانش مکانی خود، نسبت به محیط توجیه شویم. این سوال که انسان چگونه درباره مکان فکر کرده و فعالیت‌های مکانی را تصور می‌کند، علی‌رغم اهمیت بالا و تحقیقاتی که در این حوزه صورت گرفته، هنوز جواب روشنی پیدا نکرده است. رفتار مکانی انسان به دلیل وابستگی به مولفه‌های درونی و بیرونی متعدد (مانند سن، جنسیت، میزان تحصیلات، ضریب هوشی، ویژگی‌های فردی، طراحی محیط)، به‌طور کلی رفتار پیچیده‌ای محسوب می‌شود و آشکارسازی قطعی سازوکار ذهنی وی به هنگام تصمیم‌گیری مکانی[۱]، دشوار و دست نیافتنی می‌نماید. در رویارویی با چنین سیستم پیچیده‌ای که بررسی مستقیم آن دشوار است، مدل‌سازی[۲] آن، یعنی ایجاد یک نسخه ساده و خلاصه‌تر از سیستم موردنظر (سیستم ادراک مکانی انسانی)، بسیار هوشمندانه خواهد بود. مدل‌سازی رفتار مکانی انسان این اجازه را می‌دهد که بتوان این فرآیند را به صورت روش‌مند تحلیل و پیش‌بینی کرد. ضمن اینکه مدلسازی مطلوب فرآیند ذهنی انسان، می‌تواند راه را برای رفتارسنجی او در محیط‌های آزمایشگاهی با ویژگی‌های مختلف هموار کند؛ به این صورت که می‌توان با تغییر ویژگی‌های محیط در فضای آزمایشگاهی، مدل را در جهت شکل‌گیری رفتار موردنظر هدایت کرد تا به این ترتیب محیط براساس اهداف موردنظر، جهت تصمیم‌گیری بهتر انسان بهینه گردد. دستیابی به این مهم، مستلزم دانستن مبانی علمی ادراک مکانی انسانی و مولفه‌های آن، با درنظر داشتن ویژگی‌های محیط مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین در این مقاله، نخست ادراک مکانی انسانی معرفی شده و مولفه‌های آن با تمرکز بر ویژگی‌های محیط شهری، تشریح می‌شوند. سپس فرآیند ذهنی انسان در کسب دانش مکانی از فضای شهری و راهبری براساس آن، مدلسازی می‌شود. این مدلسازی به دلیل ارائه شکل متفاوت و احتمالا موثرتری از فرآیند ادراک و تصمیم‌گیری مکانی انسان، می‌تواند امکان شناسایی موقعیت‌ها و دلایلی که انسان‌ها در مسیریابی دچار مشکل می‌شوند را فراهم کند. در نهایت با استفاده از روش عامل مبنا (آموزش مدل پیشنهادی به یک عامل که نقش عابر پیاده را ایفا می‌کند)، مدل پیشنهادی در فضای یک نقشه غنی شده با مولفه‌های ادراک مکانی انسانی به کار گرفته می‌شود تا میزان موفقیت عامل در کسب دانش مکانی و راهبری در فضای نقشه، ارزیابی گردد. این نقشه غنی شده، حاصل تحقیق صورت گرفته توسط خضروی و همکاران در راستای تعامل بهتر با نقشه در فرآیند راهبری و کمک به تشکیل مدل ذهنی از محیط، از رهگذر افزودن مؤلفه‌های ادراک مکانی انسانی به نقشه می‌باشد[۲].

۲- ادراک مکانی انسانی

ادراک عبارت است از برداشت، ذخیره‌سازی و بازیابی، تغییرات و استفاده از اطلاعات، توسط انسان، حیوان و ماشین‌های هوشمند. به طور خاص، ادراک مکانی شامل اخذ، مرتب‌سازی، استفاده و بروزگردانی دانش مکانی محیطی می‌باشد[۳]. به طول کلی، سیستم‌های ادراکی، از حس و فهم، تفکر، تصویربرداری، یادگیری، زبان، تصمیم‌گیری و حل مسئله تشکیل شده‌اند[۴].

مطالعه مبانی ادراک مکانی انسانی در قرن بیستم میلادی آغاز گردید و دهه‌های ۵۰ و ۶۰ این قرن، زمان شکوفایی این بحث در علوم مکانی بود. در این زمان، یک زیر مجموعه از کارتوگرافی تجربی[۳] ظاهر شد که در پی بهینه کردن نقشه به‌وسیله شناخت نحوه مشاهده و فهم انسان از نقشه و علائم موجود در آن بود. در پی یافتن چگونگی عملکرد انسان در قبال حوادث طبیعی نیز زیرشاخه‌ای به نام ادراک محیطی[۴] شکل گرفت که در آن به مطالعه ذهن انسان در زمینه ادراک از وقایع و توالی آن‌ها پرداخته شده است. مهمترین بخش از حوزه دانش ادراک مکانی، می‌تواند مطالعات مربوط به رفتار افراد و

۱ Spatial Decision
۲ Modeling
۳ Emprical Cartography
٤ Environmental Cognition

مدل کردن منطق و نحوه تصمیم‌گیری مکانی انسان باشد. این دیدگاه از بینش علوم ادراکی، نخستین بار از تلاش‌های کوین لینچ در این حوزه شکل گرفت. همه این موارد منجر به شکل‌گیری یک دیدگاه متمرکز بر روی رفتار مکانی و محیطی شخصی افراد شد[۴]. ایشیکاوا سعی در پاسخ به این سئوال داشت که افراد در حال قدم زدن در مسیرهای ناآشنا، چه عوارضی را و در چه مکان‌هایی به عنوان لندمارک[۱] انتخاب می‌کنند[۵]. ویزر و فرانک به توصیف مسیر با استفاده از مولفه‌های ادراک مکانی پرداخته‌اند[۶]. آن‌ها در تحقیق خود به مفهوم تراکنش مکانی پرداخته‌اند؛ با این توضیح که وقتی افراد فاقد دانش مکانی کافی هستند، از منابع آگاه، کسب دانش می‌کنند و این امر منجر به برقراری تراکنش ادراکی بین این دو فرد می‌شود. بنابراین منبع سعی در ایجاد مدل ذهنی مناسب برای درخواست‌کننده دارد. در این وضعیت آدرس یا توصیفات مسیر در قالب سطوح مختلف جزئیات بیان می‌شود که اختلاف این سطوح به برآورد منبع از دانش درخواست‌کننده بستگی دارد. امروزه با توجه به گسترش فناوری‌های اطلاعات مکانی، نحوه اکتساب و ساماندهی، به کارگیری و بازنگری دانش مکانی افراد، دچار تغییر شده است. وابستگی شدید به این سیستم‌ها منجر شده تا مهارت‌های مکانی افراد کاهش یابد. خضروری و کریمی‌پور، در راستای به‌کارگیری ادراک مکانی انسانی در سیستم‌های راهبری، ایده افزودن مولفه‌های ادراک مکانی انسانی به نقشه‌ها (غنی‌سازی نقشه) را برای ارتباط ذهنی موثرتر کاربر با فضای نقشه مطرح کردند[۷]. این غنی‌سازی باعث می‌شود که فرد به هنگام استفاده از تسهیلات راهبری، از طریق ادراک مکانی خویش با محیط تعامل نموده و بتواند نقشه ذهنی خود را کامل‌تر نماید.

۲-۱- نقشه ادراکی (ذهنی)

نقشه ادراکی یک طرح درونی و مدل ذهنی است که به عنوان نتایج تعامل شخص با محیط، اندوخته و ثبت شده و می‌تواند برای حل یک مسئله خاص به‌کار گرفته شود[۸]. نقشه ادراکی با گذشت زمان و افزایش تجارب مکانی فرد، کاملتر می‌شود[۹].

۱ Landmark

۲-۲- مؤلفه‌های نقشه ادراکی

براساس تقسیم‌بندی لینچ، نقشه ادراکی در فضای شهری شامل پنج مؤلفه معبر[۲]، مرز[۳]، گره[۴]، محله[۵] و لندمارک می‌شود[۱۰]. این مؤلفه‌ها، مواد خام نقشه ادراکی در فضای شهری هستند که با هم ترکیب شده و یک شکل کامل را می‌سازند. برای اطلاعات بیشتر به [۲] مراجعه شود.

۲-۳- انواع دانش مکانی

دانش مکانی ادراکی، منبعی برای اخذ تصمیمات مکانی است که اطلاعات لازم برای سیستم ادراکی مکانی را تامین می‌نماید[۷]. دانش مکانی از لحاظ مؤلفه و گستردگی به سه نوع لندمارک[۶]، مسیری[۷] و نقشه‌ای[۸] تقسیم می‌شود[۹]. محیط اطراف ما چیزی نیست جز گروههای متعددی از مکان‌ها و اشیاء. از منظر دانش مکانی، محرک‌های این محیط به عنوان لندمارک شناخته می‌شوند. وجود لندمارک‌ها، شرط لازم برای شکل دادن به توالی تصاویر ذهنی و تصمیمات هستند. مادامی که دانش لندمارک به‌طور گسسته از محیط اخذ شده باشد، دانش مسیری نمی‌تواند شکل بگیرد. لندمارک‌هایی که در حوالی یک مسیر هستند، به عنوان نشانه آن مسیر برچسب می‌خورند و از سایر لندمارک‌های دورتر متمایز می‌شوند. برای دانستن اینکه کدامیک از آن‌ها در نقشه ادراکی به‌کار گرفته می‌شود، باید واکنش‌های افراد براساس این موجودیت‌ها را ارزیابی کرد. یک مسیر را می‌توان به عنوان یک توالی از اشیا و رخدادها درنظر گرفت. این توالی ممکن است پیوسته یا گسسته بوده و از کانال‌های مختلف حسی نتیجه شده باشد. دانش مسیری در زاویه دید خودمحور شروع می‌شود و زمانی شکل می‌گیرد که فرد بتواند مسیری را از نقطه‌ای اختیاری، تا نقطه دور دیگری پیدا کند. دنبال کردن یک مسیر را می‌توان به عنوان ترتیبی از حرکاتی که فضا را در موقعیت‌های معین و

۲ Path
۳ Edge
۴ Node
۵ District
۶ Landmark Knwoledge
۷ Route Knwoledge
۸ Survey Knwoledge

براساس ترتیبی از تصاویر، بررسی می‌کنند، تلقی کرد. سه تفاوت عمده بین دانش مسیری و نقشه‌ای وجود دارد[۱۱]:

۱. در دانش مسیری، دسترسی به اطلاعات، به صورت متوالی و به عنوان لیستی از عوارض متوالی امکان‌پذیر است. درحالی که در دانش نقشه‌ای معمولا دید یکپارچه از محیط با قابلیت دسترسی سریع و انتخابی به اطلاعات ارائه می‌گردد.

۲. در دانش مسیری، تنها راه‌هایی که به هر موقعیت منتهی می‌شوند، قابلیت بازیابی دارند. درحالی که در دانش نقشه‌ای قابلیت استخراج تمام ارتباطات مکانی بین دو موقعیت در محیط وجود دارد.

۳. دانش مسیری، از چارچوب مبنای خودمحور برای تصمیم‌گیری در مورد چگونگی راهبری استفاده می‌کند، اما دانش نقشه‌ای از دید دیگر محور بهره می‌برد.

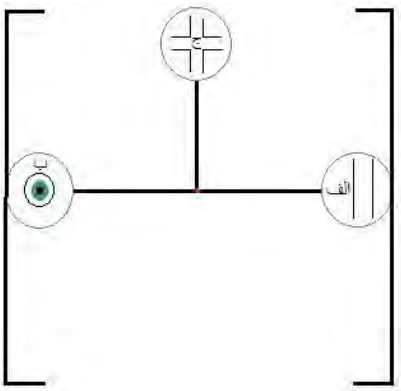
۳- مدل پیشنهادی

در این بخش، با ارائه مدلی ساده شده براساس مؤلفه‌های ادراک مکانی، نحوه تشکیل دانش مکانی انسان در فضای شهری نشان داده می‌شود تا در بخش بعد با استفاده از شبیه‌سازی عامل‌مبنا، این مدل و نحوه راهبری بر مبنای آن، به یک عامل آموزش داده شده و عملکرد عامل در یک عملیات راهبری، مورد ارزیابی قرار گیرد. در این مقاله، عامل به عنوان یک عابر پیاده در نظر گرفته شده است.

به طور کلی، فرآیند راهبری در فضای شهری را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: (۱) قرار گرفتن در محیطی ناآشنا از شهر، گردش در محیط و رسیدن به شناخت و درکی نسبی از آن به مرور زمان؛ (۲) مسیریابی در این محیط که اکنون، نسبتا آشناست. بدیهی است به مرور زمان، با گردش بیشتر، میزان آشنایی با محیط افزایش می‌یابد. ایده اولیه آن است که با در نظر گرفتن یک ماتریس برای هرکدام از نقاط تصمیم‌گیری، شناخت فرد از آن محل و نقاط همسایه را در قالب مولفه‌های این ماتریس نشان دهیم. به منظور درک بهتر ساز و کار مکانی ذهن انسان، مسئله را در دو حالت، یکبار برای فردی که هیچ دانشی از محیط ندارد و با گذشت زمان آنرا کسب می‌کند و یکبار هم برای فردی که کاملا به محیط آشنا است بررسی می‌کنیم. نخست فرض کنیم فردی به بخشی از فضای یک شهر، آشنایی کامل و صد در صد دارد. بر این اساس مباحث زیر مطرح می‌گردند:

۳-۱- شناسه‌دار بودن

اگر این شخص را در مکانی تصادفی از این محیط قرار دهیم، بدلیل شناخت کامل از محیط، با نگاه به اطراف، مکان فعلی خود را تشخیص داده و به‌یاد می‌آورد که مثلاً راه سمت راست به خیابان ""*الف*"، راه سمت چپ به میدان "ب" و راه مستقیم به چهارراه "ج" می‌رسد. بنابراین با در نظر گرفتن این نکته که در نقشه ادراکی انسان، تصاویر ذهنی به‌صورت جدا از هم و پراکنده هستند [۹]، تشخیص مکان کنونی توسط فرد، منجر به شکل گرفتن مجموعه‌ای از روابط همسایگی حول مکان کنونی می‌شود (شکل ۱).



شکل۱- شکل‌گیری روابط همسایگی حول مکان کنونی

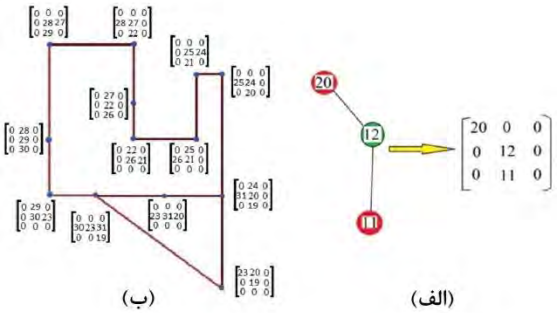
با تبدیل این فضای شهری به گراف، رأس‌ها را نقاط تصمیم‌گیری (دوراه، سه‌راه، چهارراه و غیره) و یال‌ها را مسیرهای قابل عبور بین دو رأس در نظر می‌گیریم. اکنون مفهومی به‌نام "شناسه‌دار" بودن را به این شکل تعریف می‌کنیم: یک رأس یا یال شناسه‌دار است اگر در محدوده دید آن، یک مؤلفه ادراک مکانی مناسب (مانند لندمارک) قرار داشته باشد. منظور از *مناسب*، این است که این مؤلفه ویژگی خاصی داشته باشد که در ذهن انسان بماند (برای مثال یک مجسمه بزرگ یا معبری با سنگ‌فرش یا طراحی متمایز). در دنیای واقعی، وجود مؤلفه ادراک مکانی مناسب در نقطه‌ای از شهر، باعث می‌شود فردی که برای اولین بار از آنجا عبور می‌کند، این قسمت را به‌واسطه این مؤلفه به ذهن بسپارد (دانش لندمارک). بنابراین اگر در هر زمان دیگری، این فرد را بطور ناگهانی در این نقطه قرار

دهیم، بلافاصله با دیدن این مؤلفه، موقعیت خود را تشخیص می‌دهد. شناسه‌دار بودن را با نسبت دادن یک عدد منحصربه‌فرد به یال یا رأس موردنظر نشان می‌دهیم.

۳-۲- تشکیل ماتریس اصلی راس‌ها

همانگونه که پیشتر گفته شد، برای فردی آشنا به محیط، نگاه به اطراف و شناسایی موقعیت کنونی، منجر به شکل‌گیری مجموعه‌ای از روابط همسایگی حول مکان کنونی می‌شود. بنابراین با الهام گرفتن از این ساز و کار ذهنی انسان، برای هر رأس یک ماتریس ۳×۳ در نظر می‌گیریم (آغاز دانش مسیری) که درایه میانی این ماتریس، شناسه منحصربه‌فرد رأس خواهد بود و سایر درایه‌ها با شناسه رأس‌های دیگر متصل به این رأس، تکمیل می‌شوند. این ماتریس می‌تواند کلیه یال‌هایی که از جهت‌های مختلف به یک رأس وصل شده‌اند را پوشش دهد. برای مثال فرض کنیم شناسه رأس مورد نظر ما ۱۲ بوده و دو رأس دیگر با شناسه‌های ۲۰ و ۱۱ به این رأس متصل باشند. اگر بالا را جهت شمال این گراف (و ماتریس) در نظر بگیریم، بنابراین سایر درایه‌های ماتریس رأس با شناسه ۱۲، با توجه به جهت قرارگیری رأس‌های متصل مجاور، به صورت نشان داده شده در شکل ۲-الف خواهد بود (در صورت عدم وجود رأس متصل، درایه مربوط به آن ۰ است).

شکل ۲-ب، گرافی از یک منطقه شهری را نشان می‌دهد که فرد از آن شناخت کامل دارد، به عبارت دیگر کلیه رأس‌های این گراف دارای شناسه می‌باشد. در دنیای واقعی، چنین حالتی برای فرد به این معناست که اگر او را به‌طور تصادفی در هر کجای این منطقه قرار دهیم، او با نگاه به اطراف موقعیت خود را تشخیص می‌دهد (شناسه رأس یا یال مربوطه را بازیابی می‌کند) و سپس به‌واسطه آگاهی از همسایگی و توالی مجموعه رأس‌ها و یال‌ها (بازیابی ماتریس رأس فعلی و در نتیجه بازیابی ماتریس رأس‌های همسایه) به سمت هدف خود پیش می‌رود. برای استفاده از این اطلاعات ذخیره شده به منظور رسیدن از مبدا به مقصد معمولاً انسان‌ها در واقعیت، بین مبدا و مقصد، چند مکان آشنا (رأس‌های شناسه‌دار) را انتخاب کرده و سعی می‌کنند از هرکدام به دیگری رفته و در نهایت به هدف برسند.



شکل ۲- نحوه تکمیل شدن ماتریس راس‌ها با فرض داشتن شناخت کامل از محیط

در اینجا بایستی به نقش بسیار مهم "جهت"[۱] در مسیریابی انسان در فضای شهری اشاره کرد. عموما انسان‌ها جهت تقریبی محل قرارگیری نقاط شناسه‌دار نسبت به یکدیگر و همچنین فاصله نسبی بین این نقاط را تشخیص می‌دهند. برای مثال اگر فردی (با فرض اینکه از محیط شناخت دارد) در میدان انقلاب رو به شمال ایستاده باشد، می‌داند میدان ولیعصر تقریبا در شمال شرقی او قرار دارد و فاصله‌اش نسبت به میدان امام حسین که در سمت شرق واقع است، بسیار کمتر است. بنابراین اگر همچنان فرض ایده‌آل اولیه (یعنی شناخت کامل از محیط) را در نظر داشته باشیم، با توجه به توضیحات داده شده، اینگونه برمی‌آید که فرد بین مبدا و مقصد، چند مکان را انتخاب می‌کند، سپس برای اینکه از هرکدام به دیگری برسد، مجدداً بین آن‌ها چند مکان دیگر (که براساس فرض، همگی آشنا هستند) را انتخاب نموده و آنقدر این عملیات تکرار می‌شود تا مسیر پیوسته‌ای از مبدا به مقصد تشکیل شود.

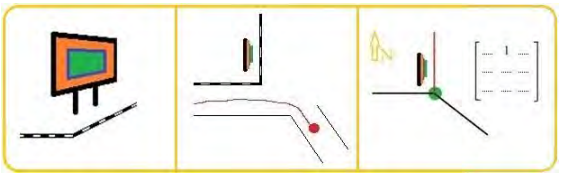
۳-۳- نقش زاویه دید در به‌هنگام کردن و ارتقاء دانش مکانی

همانطور که اشاره شد، فقط وقتی می‌توان برای کل گراف، ماتریس رأس‌ها را کامل کرد که شناخت از محیط کامل باشد. اما در واقعیت، حتی در محیط‌های آشنا نیز میزان شناخت صددرصد نیست. ضمن اینکه دانش مکانی فرد از محیط شهری، طی گشت‌وگذارهای پیاپی در آن، به تدریج و به مرور زمان شکل می‌گیرد. بنابراین برای اینکه به مسئله از دریچه واقعیت نگاه کنیم، این بار آن را به شکلی که در دنیای واقعی رخ می‌دهد بررسی می‌کنیم؛ یعنی فرض می‌کنیم که فرد برای اولین بار در یک محیط

۱ Orientation

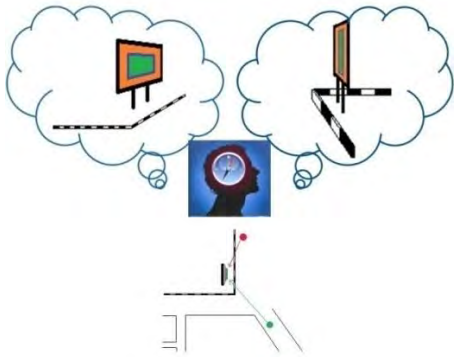
شهری قرار گرفته است. در این راستا نیاز است که یک مؤلفه دیگر نیز برای این ماتریس در نظر گرفت که آنرا با "۱" نشان می‌دهیم. این مقدار وقتی جایگزین یکی از درایه‌های ماتریس می‌شود که می‌دانیم در آن جهت، یک مسیر وجود دارد (یعنی ۰ نیست)، اما نمی‌دانیم که این مسیر به کجا می‌رسد. به بیان دیگر، به‌دلیل عدم وجود مؤلفه ادراک مکانی مناسب در رأس دیگر مسیر، یا گذر نکردن پیشین از آن مسیر، نمی‌دانیم که شناسه رأس طرف دیگر مسیر چیست. سوالی که در اینجا می‌تواند مطرح شود این است که انسان چگونه به مرور زمان، دانش مکانی خود را به‌هنگام می‌کند؛ یا به عبارت دیگر چگونه بین مشاهدات جدید و معلومات قبلی، ارتباط برقرار کرده و آن‌ها را یکپارچه می‌کند. در اینجا باید به نقش مهم "زاویه دید" در این امر اشاره کرد. نقش "زاویه دید" در به هنگام و یکپارچه سازی دانش مکانی را با مثالی شرح می‌دهیم:

فرض می‌کنیم محیط برای ما آشنا نباشد و به عبارت دیگر، در مرحله شناخت از محیط قرار داریم. بنابراین ماتریس مربوط به عبور اولین بار از تقاطعی که مثلاً تابلوی برجسته‌ای دارد، به صورت شکل ۳ می‌باشد.



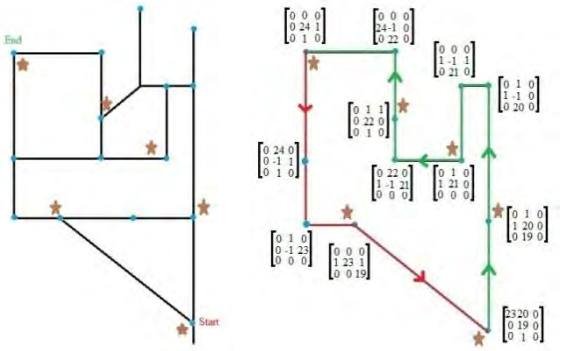
شکل ۳- به‌هنگام کردن دانش مکانی با استفاده از زاویه دید

از آنجایی که این تابلو یک مؤلفه شاخص ادراک مکانی است، اگر در آینده ما را به صورت تصادفی در اینجا قرار دهند، با مشاهده تابلو بلافاصله تشخیص می‌دهیم که کجا هستیم. به عبارت دیگر این رأس (تقاطع) دارای شناسه شده است. ضمنا بدیهی است که در شمال این رأس یک مسیر وجود دارد که چون هنوز از آن گذر نکرده‌ایم، نمی‌دانیم به کجا می‌رسد. به عبارت دیگر رأسی در طرف دیگر این مسیر قرار دارد که به‌دلیل گذر نکردن، هنوز دارای شناسه نشده است. اگر در آینده از سمت شمال به این تقاطع برسیم، از روی مقایسه زاویه دید کنونی نسبت به تابلو و زاویه دیدمان در بازدید قبلی از این تقاطع (شکل ۴)، می‌توانیم خود را توجیه کرده و دریابیم که در جهت همان مسیری (مسیر مربوط به درایه "۱") هستیم که در بازدید اولیه، نمی‌دانستیم به کجا می‌رسد. حال اگر رأس دیگر این مسیر دارای شناسه شده بود، به جای "۱"، این شناسه را جایگزین کرده و به این شکل با یکپارچه کردن مشاهده جدید و معلومات قبلی، ضمن بهنگام کردن دانش مکانی، آن‌را به سطحی بالاتر ارتقا می‌دهیم. به عبارت دیگر دانش مکانی ما که تا لحظه‌ای قبل، از نوع دانش لندمارک بود، حال به دانش مسیری که توالی لندمارک‌هاست ارتقا پیدا کرده است.



شکل۴- نقش زاویه دید در یکپارچه سازی و ارتقاء دانش مکانی

اگر درایه "۱-" را به عنوان درایه وسط ماتریس برای رأس‌هایی که شناسه ندارند، در نظر بگیریم، بنابراین با توجه به توضیحات ارائه شده، ماتریس رئوس در یک محیط نیمه آشنا می‌تواند به‌صورت شکل ۵ تکمیل شود:

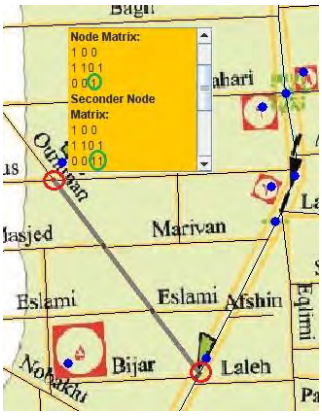


شکل ۵- تکمیل درایه‌های ماتریس رأسها

۳-۴- تشکیل ماتریس ثانویه راس‌ها

با نگاهی به رفتار انسان در محیط شهری، می‌توان دریافت که انسان‌ها تمایل دارند که دانش لندمارک خود را به دانش مسیری ارتقاء دهند؛ یا به عبارت دیگر یک ارتباط و توالی بین مسیرها و لندمارک‌های ثبت شده در ذهنشان برقرار کنند. بنابراین در بسیاری از موارد (که

شروطی خاص بر آن‌ها حاکم است) در نقشه ذهنی انسان، خلأهای اطلاعاتی در این راستا حذف می‌شوند. برای مثال فردی را در نظر بگیریم که برای اولین بار، خیابان کارگر را از انقلاب تا کوی دانشگاه می‌پیماید. بدیهی است که در طول این مسیر تقاطع‌های بی‌شماری قرار دارند که بسیاری از آن‌ها فاقد مؤلفه‌های ادراک مکانی مناسب هستند و بنابراین انتظار نمی‌رود که در ذهن فرد ثبت شوند. ضمن اینکه صرف نظر از وجود یا عدم وجود مؤلفه ادراک مکانی، ممکن است فرد اصلا توجهی به مسیر و تقاطع‌های آن نداشته باشد و در نهایت پس از طی کردن آن، تنها چیزی که در ذهن فرد ثبت می‌شود این است که با پیمودن یک مسیر تقریبا مستقیم می‌توان از انقلاب به کوی دانشگاه رسید. به عبارت دیگر در نقشه ذهنی فرد، کلیه خلأهای اطلاعاتی بین میدان انقلاب و کوی دانشگاه حذف شده و فقط توالی این دو (دانش مسیری)، ثبت می‌شود. این عملکرد انسان که بر پایه ویژگی ادراکی اوست، کاملا تحت تاثیر شرایط و طراحی محیط قرار دارد[۲]. برای مثال ذهن انسان ارتباط و توالی لندمارک‌هایی که روی یک مسیر مستقیم یا مسیری که نام آن در تمام طولش ثابت است، قرار دارند را آسان‌تر تشخیص می‌دهد (که در مثال فوق هر دو ویژگی دیده می‌شود). حال در راستای اعمال این ملاحظات، اگر به مدل پیشنهادی بازگردیم، از روی ماتریس رئوس می‌توان به ماتریس دیگری رسید که به آن ماتریس ثانویه می‌گوییم. این ماتریس در واقع همان ماتریس اصلی است با این تفاوت که به جای مؤلفه "۱" (که نشان‌دهنده وجود مسیری است که شناسه راس سر دیگر آن نامعلوم است)، شناسه اولین راس شناسه‌دار در آن راستا قرار می‌گیرد؛ منظور از "در آن راستا"، اشاره‌ای است به شروطی که پیشتر ذکر شد، مانند قرار داشتن دو لندمارک روی یک مسیر مستقیم یا مسیری که نام آن در تمام طولش ثابت است. در شکل ۶ ماتریس اصلی به همراه ماتریس ثانویه برای یک راس نمایش داده شده است.



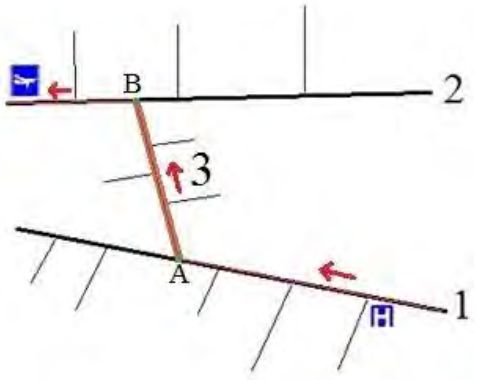
شکل ۶- حذف خلأهای اطلاعاتی و تشکیل ماتریس ثانویه

۳-۵- ارتباط یال‌ها

همانطور که پیشتر اشاره شد در اولین مرحله ادراکی، توجه انسان به لندمارک‌ها جلب می‌شود (دانش لندمارک)؛ سپس با افزایش دانش مکانی از محیط، ارتباط بین این لندمارک‌ها را فرا می‌گیرد (دانش مسیری). اما با نگاهی عمیق‌تر به ساز و کار ذهنی افراد در حین تصمیم‌گیری-های مکانی در فضای شهری، می‌توان دریافت که در بسیاری از موارد، خصوصا در موقعیت‌هایی که دانش مکانی از محیط کامل‌تر است، فرد به جای استفاده از دانش مربوط به توالی راس‌ها، از بخش دیگری از دانش مکانی خود که مربوط به اتصالات و توالی بین یال‌ها است استفاده می‌کند. این امر، به خصوص در فضای شهری که هر یال یا به عبارتی معبر، نام مشخصی دارد، پر واضح است. برای مثال فرض کنیم فردی آگاه، می‌خواهد از خیابان ستارخان به خیابان جمهوری برود. بسیار محتمل است که او اینگونه در ذهن خود پردازش کند که خیابان ستارخان با قطعه مسیرهایی به امتداد خیابان انقلاب (یعنی آزادی) متصل می‌شود و خود خیابان انقلاب نیز این ارتباط را با خیابان جمهوری دارا می‌باشد. به عبارت دیگر، در ذهن فرد علاوه بر اطلاعاتی در خصوص وضعیت جایگیری راس‌ها نسبت به یکدیگر، اطلاعات دیگری در ارتباط با اتصالات بین یال‌ها نیز ذخیره شده که این اتصالات در قالب نام معابر در ذهن نشسته است. بنابراین اینگونه برمی‌آید که دانش مکانی ابتدایی فرد از محیط، یعنی همان دانش لندمارک و توالی و اتصالات بین راس‌ها، در حکم یک بستر اولیه و زیربنا عمل می‌کند تا فرد بواسطه آن بتواند ارتباط بین یال‌ها (معابر) را نیز در ذهن خود شکل دهد. اگرچه شاید شناخت کامل و جامع

جزئیات مربوط به شرایط و نحوه شکل‌گیری این بخش از دانش مکانی، مستلزم مطالعه و تحقیق میدانی باشد، اما برای روشن‌تر شدن مطلب، در ادامه مثالی از شکل‌گیری این دانش ارائه می‌شود:

ذهن انسان با پیچ‌های پیوسته و طولانی و همچنین چندین پیچ پی‌درپی در یک مسیر، دچار آشفتگی مکانی می‌شود؛ به عبارت دیگر مسیری که جهت کلی مشخصی ندارد امکان از دست رفتن توجیه را افزایش می‌دهد[۱۰]. بنابراین همانطور که پیشتر اشاره شد، مستقیم بودن یک معبر یا ثابت ماندن نام آن در تمام طول معبر، از جمله مواردی هستند که ذهن انسان بسیار راحت‌تر با آنها ارتباط برقرار می‌کند[۲]. با درنظر داشتن این مقدمه، در شکل ۷ فرض کنیم فردی برای اولین بار به یک بیمارستان می‌رسد و معبر ۱ که بیمارستان در آن واقع است را یک معبر مستقیم تشخیص می‌دهد. حال فرض کنیم که فرد در ادامه مسیر خود از کنار یک فرودگاه می‌گذرد و معبر ۲ را نیز یک معبر مستقیم تشخیص می‌دهد. همانطور که در شکل دیده می‌شود. فرد از طریق معبر واسط ۳ که آن نیز یک معبر مستقیم است، از معبر ۱ به معبر ۲ رسیده است. بنابراین این ارتباط سه‌گانه، یعنی معبر ۱ و ۲ و معبر واسط ۳ در ذهن فرد ثبت می‌شود؛ به عبارت دیگر به زبان عامیانه فرد اینگونه در ذهن خود مرور می‌کند که "همان مسیر مستقیم که یک بیمارستان در آن است به مسیر مستقیم دیگری که یک فرودگاه در آن است راه دارد".

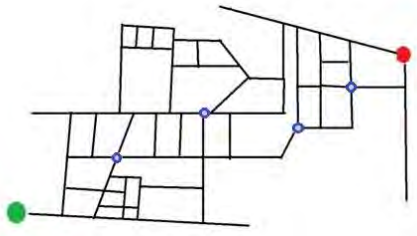


شکل ۷- شکل‌گیری دانش مربوط به ارتباط معابر

در مثال فوق، فرد مسیر را به صورت یکپارچه طی کرد؛ به عبارت دیگر معبر ۱، معبر واسط و معبر ۲ یکی پس از دیگری طی شد و در نتیجه فرد بدون نیاز به تحلیل و استنباط اضافی، ارتباط و توالی این ۳ معبر را تشخیص داد و آن را به دانش مکانی خود افزود. اما بسته به ویژگی‌های محیط و قدرت تحلیل مکانی فرد، این دانش می‌تواند در زمانی که مسیر طی شده یکپارچه نباشد نیز شکل بگیرد. برای مثال فرض کنیم فردی در گذشته از کنار بیمارستان عبور کرده و معبر ۱ را در ذهن خود دارد. اکنون از کنار فرودگاه عبور می‌کند و به واسطه آن، معبر ۲ را نیز در ذهن نگه می‌دارد. حال اگر در زمان دیگری از معبر واسط عبور کند، فرد ممکن است بتواند تشخیص دهد که از معبر ۱ به معبر ۲ رسیده است و به این ارتباط سه‌گانه پی ببرد. این مطلب را می‌توان اینگونه شرح داد که وقتی فرد برای اولین بار در مسیر خود به یک بیمارستان می‌رسد و دانش لندمارک را از آن محل اخذ می‌کند، این فقط خود بیمارستان و ویژگی‌های آن نیست که در ذهن فرد می‌نشیند؛ بلکه توجه او از بیمارستان فراتر رفته و جزئیات مربوط به محدوده اطراف، خصوصا ویژگی‌های معبری که این لندمارک در آن واقع است را نیز در بر می‌گیرد. برای مثال فرد به ذهن خود می‌سپارد که این بیمارستان در معبری واقع است که "کف‌پوش سنگی دارد" یا "شیب آن زیادتر از حد معمول است" یا "بسیار معبر عریضی است" یا "تا جایی که چشم می‌بیند مستقیم امتداد یافته"؛ یا حتی اگر نخواهیم صرفا از دریچه ویژگی‌های بصری به مسئله نگاه کنیم فرد ممکن است به ذهن خود بسپارد که "این بیمارستان در خیابان ولیعصر قرار دارد". اگر در زمان دیگری فرد بداند که در همین حوالی قرار دارد و به معبری با همان ویژگی برخورد کند، احتمالا اینگونه استنباط می‌کند که این همان معبری است که بیمارستان مذکور در آن واقع شده است. البته بسته به ویژگی‌های محیطی منطقه و اینکه خصوصیت معبر از چه جنسی باشد (بصری یا توصیفی)، احتمال اشتباه نیز وجود دارد. برای مثال اگر گزاره ما "بسیار معبر عریضی است" بوده و اتفاقاً تعداد معابر عریض آن منطقه زیاد باشد، فرد ممکن است اشتباه استنباط کرده باشد. بدیهی است که بدلیل متمایز بودن نام معابر در یک منطقه، اگر فرد نام معبر را ملاک استنباط خود قرار دهد احتمال اشتباه بسیار کم خواهد بود. بنابراین با درنظر داشتن این توضیحات، زمانی که فرد می‌خواهد معبر واسط را طی نماید، ممکن است در نقطه A و B بتواند معبر ۱ و ۲ را شناسایی کند.

۳-۶- راهبری

همانطور که پیشتر ذکر شد، به هنگام مسیریابی در فضای شهری، افراد مسیر را به چند بخش تقسیم می‌کنند. به عبارت دیگر، ابتدا چند مکان آشنا (رأس‌های شناسه‌دار) بین مبدا و مقصد را انتخاب کرده و سعی می‌کنند از هرکدام به دیگری و در نهایت به هدف برسند (شکل ۸). در این روند برای رسیدن از یک مکان آشنا به دیگری، افراد از برآیند سطوح مختلف دانش مکانی خود استفاده می‌کنند. گاه از طریق توالی و همسایگی نقاط آشنا مسیریابی می‌کنند و گاه به‌واسطه آگاهیشان از ارتباط بین معابر به‌خصوص، خود را از مبدا به مقصد می‌رسانند. حتی در بعضی مواقع، بدلیل آگاهی از محل قرارگیری نقاط آشنا نسبت به یکدیگر، مسیری تصادفی که هم جهت با این راستا است را می‌پیمایند؛ با این استدلال که قطعا به هدف خود نزدیکتر می‌شوند، نه دورتر. بنابراین از این دریچه شاید بتوان گفت که بخشی از پیچیدگی تصمیم‌گیری‌های مکانی انسان، به‌دلیل متغیر بودن سطوح دانش مکانی استفاده شده در تصمیم‌گیری، در شرایط محیطی متفاوت و توسط انسان‌هایی با ویژگی‌های فردی متفاوت (اعم از ضریب هوشی، تحصیلات، سن، جنسیت، ...) است.



شکل ۸- راهبری از طریق نقاط آشنا

نکته ضروری دیگر در خصوص مدل‌سازی پیشنهادی این است که این مدل‌سازی، متاثر از جزئیات و تفاوت‌های مربوط به نحوه تفسیر انسان از مولفه‌های ادراک مکانی (بررسی این تفاوت‌های رفتاری در حوزه علوم مکانی مرتبط با روانشناسی قرار می‌گیرد) نمی‌باشد، بلکه از پی‌آمد نسبتا واحد این تفسیرها بهره می‌جوید. برای تشریح این موضوع به عنوان مثال تقاطع نشان داده شده در شکل ۹ را در نظر می‌گیریم.

شکل ۹- تفسیرهای متفاوت از محیط می‌تواند از منظر ادراکی نتایج یکسانی داشته باشد

افراد در برخورد اول با این تقاطع ممکن است رویکردهای متفاوتی برای به یاد سپردن آن داشته باشند. افراد بسته به ویژگی‌های شخصی و شرایط لحظه‌ای، ممکن است ساختمان آبی رنگ، نام تقاطع، وجود تابلوی تبلیغاتی و یا حتی وجود غیرعادی سیم‌های عبوری از فضای بالای تقاطع را به عنوان نشانه این تقاطع به یاد بسپارند. اما نتیجه و پی‌آمد این رفتارهای متفاوت، یکسان بوده و آن این است که فرد به هنگام قرارگیری مجدد در این مکان، آن را می‌شناسد. همچنین به هنگام قرارگیری مجدد، اگرچه افراد ممکن است زاویه دیدشان نسبت به هر عارضه‌ای را (حتی قله کوهی که از آنجا قابل رویت است) با بازدید قبلی مقایسه کنند، اما باز هم پی‌آمد آن یکسان بوده و نتیجه این خواهد بود که فرد خود را توجیه کرده و این مکان را در جهت درست، به مکان پیشین ارتباط می‌دهد.

۴- پیاده‌سازی

هدف از این پیاده‌سازی، به‌کارگیری مدل پیشنهادی مقاله در قالب یک سیستم عامل‌مبنا، برای شبیه‌سازی روند یادگیری و مسیریابی انسان در فضای شهری می‌باشد. این پیاده‌سازی در فضای برنامه‌نویسی و به زبان جاوا صورت گرفته است. داده‌های استفاده شده در این شبیه‌سازی، شبکه راههای محله سهروردی، بخشی از منطقه ۷ تهران، به همراه یک نقشه غنی شده با مؤلفه‌های ادراک مکانی، از این محله می‌باشد (شکل ۱۰)[۲]. این شبیه‌سازی، برای یک عابر پیاده انجام شده و فرض بر این است که در کنار خیابان‌ها، همیشه معابری برای حرکت انسان‌ها وجود دارد.

۴-۱- ویژگی‌های عامل و محیط پیاده‌سازی

برای طراحی یک برنامه عامل‌مبنا باید تفسیرهای احتمالی، عمل و عملکرد عامل و همچنین نوع محیطی که عمل در آن صورت می‌گیرد کاملا شناخته شود. محیط مورد مطالعه و هدف نهایی، تاثیر مستقیمی در شیوه پیاده‌سازی مدل عامل‌مبنا می‌گذارند و تغییر در هرکدام از آنها می‌تواند روش اجرایی و نحوه تصمیم‌گیری عامل را دگرگون کند. بنابراین استفاده از رویکرد عامل‌مبنا، وقتی می‌تواند بهترین کارایی را داشته باشد که پیاده‌سازی بر اساس شناختی کامل از محیط و مولفه‌هایش، هدف نهایی مدل‌سازی و همچنین شرایط خاص حاکم بر فضای مسئله انجام شود. برای مثال فرض کنیم که هدف، شبیه‌سازی تصمیم‌گیری مکانی انسان در شرایط اضطراری است؛ به این معنا که فرد تصمیم‌گیرنده در مضیقه زمانی است و باید در کمترین زمان ممکن از روی اطلاعات موجود در محیط تصمیم‌گیری کند (مانند مسیریابی در فضای فرودگاه یا تخلیه ساختمان آتش گرفته). بدیهی است که با درنظر گرفتن هدف شبیه‌سازی کردن مسئله‌ای با این شرایط، عامل نیازی به داشتن فرآیندی برای تشکیل دانش مکانی از محیط ندارد؛ بلکه تنها کافی است که به تقلید از عملکرد انسان در موقعیت‌های اضطراری، براساس مشاهداتش از محیط، واکنش نشان دهد (عامل واکنشی)[۱]. به این اعتبار، تنها آن دسته از اطلاعات محیط را که می‌توانند در تصمیم‌گیری آنی او و رساندنش به مقصد، مفید باشند اخذ و ادراک می‌کند. بنابراین با آگاهی کامل از هدف نهایی مدل‌سازی، می‌توان در بخش‌های گوناگون از جمله جزئیات محیط و مشاهدات عامل، ساده‌سازی مناسب را اعمال کرد. با این مقدمه به تشریح شرایط حاکم بر این تحقیق می‌پردازیم. مسئله ما دو بخش دارد: بخش اول عبارت است از گشت‌وگذار تصادفی و پراکنده عامل در محیط (نقشه غنی‌سازی شده با مولفه‌های ادراک مکانی انسانی) و اندوختن دانش مکانی از آن بر اساس مدل ارائه شده؛ و بخش دوم عبارت است از تلاش عامل برای رسیدن از مبدا به مقصد تصادفی با استفاده از دانش مکانی که از محیط اخذ کرده است.

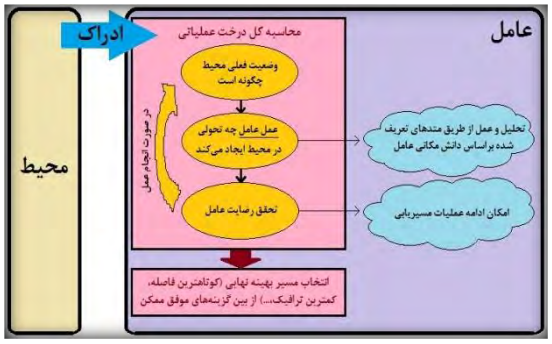
در بخش اول عامل هیچ تصمیمی در راستای راهبری و مسیریابی نمی‌گیرد و صرفا نقش یک انسان مشاهده‌گر را ایفا می‌کند؛ به عبارت دیگر عامل از مسیرهای تصادفی عبور می‌کند و در این حین نسبت به هر آنچه که برای او معنای خاصی (مولفه‌های ادراک مکانی) دارد واکنش نشان می‌دهد و از آن برای بالا بردن دانش مکانی خود استفاده می‌کند. به این اعتبار حواس بینایی، شنوایی و حتی بویایی انسان به عنوان ابزار حسی عامل درنظر گرفته می‌شود. البته بدیهی است از آنجا که عامل در این پیاده‌سازی ماهیت فیزیکی ندارد و در فضای مجازی و برنامه‌نویسی تعریف شده است، منظور این است که عامل حواس بینایی، شنوایی و بویایی انسان را شبیه‌سازی می‌کند. عامل بسته به مشاهدات خود از محیط واکنش نشان می‌دهد؛ اما همانگونه که اشاره شد، در این بخش، این واکنش منجر به انجام عملی در محیط نمی‌شود؛ بلکه عملی درونی در حافظه مکانی عامل صورت می‌گیرد. از آنجا که با توجه به مدل پیشنهادی در فصل قبل، عامل با هر مشاهده جدید، دانش مکانی خود را به‌هنگام کرده و آنرا یکپارچه می‌کند (یکپارچه کردن مشاهده جدید و دانش مکانی ثبت شده از مشاهدات پیشین)، بنابراین از این حیث می‌توان عامل را، یک "عامل دارای وضعیت"[۲] دانست که پس از تفسیر از محیط، براساس وضعیت درونی‌اش عمل می‌کند. در این شبیه‌سازی، کل فضایی که در محدوده دید عامل است، محیط خواهد بود. بنابراین محیط، یک بخش کوچک از فضای شهری است که در محدوده دید عامل قرار دارد (مثلا دایره‌ای به شعاع ۵۰ متر). در اینجا بین آنچه که در شرایط کنترل شده پیاده‌سازی حاکم است و آنچه که در دنیای واقعی رخ می‌دهد، اندکی تفاوت وجود دارد؛ در این پیاده‌سازی، عامل کاملا به هر آنچه که در محدوده دید او است (محیط) و به تصمیم‌گیری او مربوط می‌شود دسترسی دارد و آن را ثبت می‌کند؛ بنابراین از این منظر محیط، یک محیط قابل دسترس[۳] است. اما در شرایط واقعی به دلایل مختلف از جمله حجم بالای اطلاعات ورودی، اشتباهات انسانی و عدم توجه دقیق، فرد به وضعیت کامل محیط دسترسی ندارد. بدیهی است از آنجایی که در بخش اول، عامل از معابر تصادفی عبور داده می‌شود، بنابراین آنچه در محدوده دید وی قرار می‌گیرد (محیط) غیرقطعی[۴] خواهد بود. همانگونه که اشاره شد عامل در این بخش، عملی

۱ Reactive agent

۲ Agent with state
۳ Accessible
۴ Non-deterministic

درونی انجام می‌دهد؛ به عبارت دیگر حافظه مکانی خود را به‌هنگام می‌کند و از آنجایی که این به‌هنگام کردن به وضعیت‌های پیشین محیط وابستگی دارد، محیط از این منظر غیرحادثه‌ای[۱] خواهد بود. فضای شهری در گذر زمان به طور پیوسته در حال تغییر است و به‌طور کلی محیطی پویا محسوب می‌شود؛ اما از آنجایی که تصمیم‌گیری مکانی در بازه زمانی کوتاهی صورت می‌گیرد، بنابراین در مدت زمان ادراک عامل از محیط و تحلیل مکانی آن، تغییری نمی‌کند و از این منظر محیط را ایستا در نظر می‌گیریم. همچنین از آنجایی که شرایط پیاده‌سازی کنترل شده است و هدف، شبیه‌سازی رفتار عمومی انسان می‌باشد، تعداد محدود و مشخصی از ادراک و عمل از محیط قابل برداشت است و از این رو محیط گسسته[۲] است. اما در شرایط واقعی، مشخصا به‌دلایلی از جمله ویژگی‌های محیط و ویژگی‌های شخصی فرد، محیط می‌تواند پیوسته[۳] باشد.

در بخش دوم عامل نقش یک انسان تصمیم‌گیرنده را ایفا کرده و در محیط حرکت می‌کند تا به مقصد خود برسد. در اینجا برای درک بهتر ویژگی‌های عامل و محیط، بهتر است رفتار خود انسان را در این وضعیت بررسی کنیم. فرض کنیم فردی می‌خواهد در فضای شهری از مکان "الف" به مکان "ب" برود. از جمله اطلاعات اساسی که برای یک مسیریابی موفق لازم است، این است که فرد از مکان‌هایی که با مبدا و مقصد در ارتباط هستند و همچنین سایر نقاط تصمیم‌گیری که در این بین قرار گرفته‌اند، باخبر باشد[۱۲]. بنابراین با در اختیار داشتن این اطلاعات، فرد چند مکان واسط را بین مبدا و مقصد انتخاب می‌کند. طبیعی است که با انتخاب هر نقطه و رفتن به سوی آن، فرد در وضعیت جدیدی قرار می‌گیرد و طبیعتا محیط (هر آنچه که در محدوده دید فرد قرار دارد) نیز تغییر می‌کند. اما نکته اینجاست که پس از هر تغییر وضعیت، فرد امکان دارد بتواند همچنان به سوی مقصد پیش برود و یا اینکه به‌عکس با شکست مواجه شود و از ادامه مسیریابی عاجز بماند. بنابراین این مکان‌های واسط انتخابی، نقاطی هستند که اولا برای فرد آشناست و ثانیا فرد می‌داند چطور از هرکدام به دیگری و درنهایت به مقصد برسد. به عبارت دیگر اینگونه نیست که فرد نقطه واسطی را (حتی اگر آشنا باشد) انتخاب کند که نمی‌داند چطور باید به آنجا و در نهایت به مقصد برسد؛ مگر در شرایطی که دانش مکانی از محیط محدود است و فرد قصد دارد با پرس‌وجو و آزمون و خطا به مقصد برسد که این وضعیت به‌طور کلی خارج از حوزه این تحقیق است. پس می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که در شرایطی که قبلا دانش مکانی از محیط کسب شده است، فرد در همان آغاز حرکت تمام درخت عملیات را محاسبه کرده و در مورد کلیه حالت‌های مختلف رسیدن به هدف استدلال می‌کند تا در نهایت از بین گزینه‌های موفق ممکن، موردی را انتخاب کند که برایش بهینه است (کوتاهترین فاصله یا کمترین ترافیک یا ...)؛ و پس از انتخاب مسیر نهایی، مشاهده جزئی و بعضا ناخودآگاه محیط در طول حرکت، صرفا برای تطبیق مشاهدات و دانش مکانی صورت می‌گیرد تا فرد مطمئن شود که در مسیر درست پیش می‌رود (دنبال کردن مسیر)[۴]. با در نظر گرفتن این توضیحات، وضعیت عامل و محیط را می‌توان اینگونه تشریح کرد که عامل که کاملا از نظر تصمیم‌گیری و حرکت در محیط، خودمختار و مستقل است، پس از آگاهی از نقطه مبدا و مقصد، در نقطه مبدا قرار گرفته و براساس دانش مکانی خود از بخش قبل، شروع به تحلیل و محاسبه ترتیب‌های مختلفی از رسیدن به مقصد از طریق نقاط واسط میانی می‌کند. عامل همچنان به محیط (هر آنچه که در محدوده دیدش قرار دارد و به تصمیم‌گیری او مربوط می‌شود) دسترسی کامل دارد. از آنجایی که اولا هر عملی که از عامل سر می‌زند (حرکت در محیط) باعث تغییر محیط می‌شود، و ثانیا عامل برای مسیریابی موفقیت‌آمیز نیاز به دانستن وضعیت آینده محیط دارد، بنابراین عامل ما به یک عامل منفعت مبنا[۵] نزدیک تر است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- مسیریابی عامل در محیط براساس دانش مکانی اندوخته

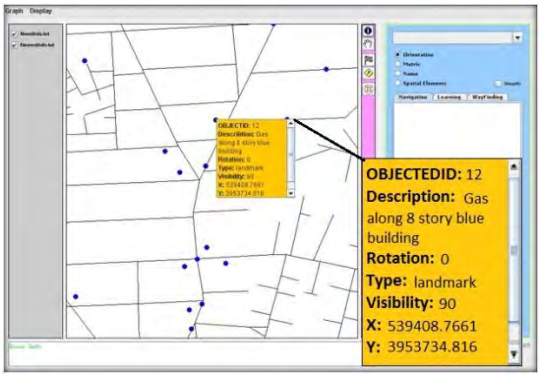
۱ Non-episodic
۲ Discrete
۳ Continuous

٤ Path Following
٥ Utility based agent

با درنظر داشتن این واقعیت که عامل می‌تواند وضعیت بعدی محیط را براساس دانش مکانی خود تشخیص دهد، بنابراین قطعی[1] یا غیرقطعی بودن محیط کاملا به میزان دانش مکانی عامل از محیط وابسته است. بدیهی است از آنجایی که عامل برای رسیدن به نتیجه الزاما باید درخت عملیات را که در آن هر شاخه وابستگی مستقیم به شاخه قبل دارد، تا به آخر تحلیل کند، بنابراین محیط غیرحادثه‌ای است.

۴-۲- تشریح پیاده‌سازی

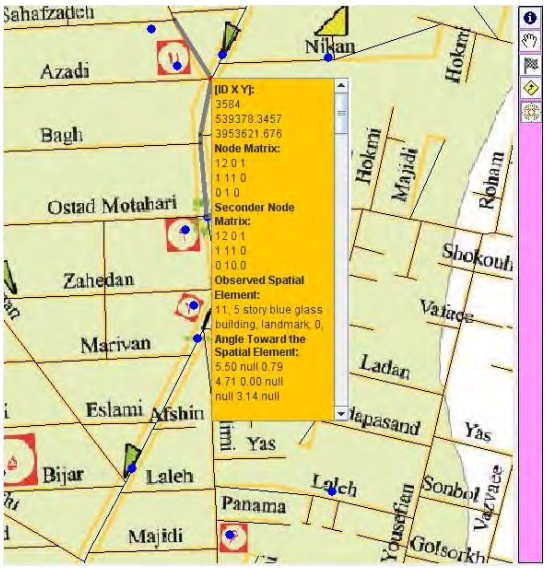
نخست شبکه راه‌ها به گراف تبدیل می‌شود که رأس‌ها، نقاط تصمیم‌گیری (دوراه، سه‌راه، چهارراه و غیره) و یال‌ها، مسیرهای قابل عبور بین دو رأس می‌باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- گراف شبکه راههای محله سهروردی به همراه نقشه غنی شده با مؤلفه‌های ادراک مکانی (مشخصات مولفه‌های ادراک مکانی به کار گرفته شده، در مستطیل زرد رنگ نشان داده شده است).

این شبیه‌سازی عامل‌مبنا از دو بخش مجزا تشکیل می‌شود. بخش اول مربوط مشاهده عامل از محیط و اندوختن دانش مکانی بر مبنای مدل ارائه شده در بخش قبل می‌باشد. بخش دوم، مربوط به زمانی است که عامل، اندکی دانش مکانی از محیط کسب کرده و مجدداً در این محیط قرار داده می‌شود تا با تطبیق دانش اندوخته شده و مشاهداتش به هنگام راهبری، از مبدا به مقصد موردنظر برسد.

مشاهده: در این بخش عامل هیچ تصمیمی در راستای راهبری و مسیریابی نمی‌گیرد و صرفا نقش یک عابر پیاده مشاهده‌گر را ایفا می‌کند؛ به عبارت دیگر عامل (توسط کلیک کاربر) از مسیرهای تصادفی عبور داده می‌شود و طوری برنامه‌نویسی شده که در حین حرکت در محیط، نسبت به مؤلفه‌های ادراک مکانی حساس بوده و به‌هنگام مشاهده، آن‌ها را بر اساس مدلی که آموخته است ذخیره‌سازی نماید. بدین ترتیب که در زمان گردش عامل در محیط، در هر تقاطع (رأس) یا مرزی که در محدوده آن (دایره‌ای به شعاع ۵۰ متر)، مؤلفه ادراک مکانی مناسبی قرار داشت، به آن رأس یا مرز، یک شناسه منحصربه‌فرد منتسب شده و بر اساس اتصالات بین رأس‌ها، ماتریس‌های اصلی با مؤلفه‌های "۰" (عدم وجود مسیر)، "۱" (وجود مسیر بدون مشخص بودن شناسه رأس سر دیگر آن)، شناسه منحصربه‌فرد (وجود مسیری که سر دیگر آن شناخته شده است) و "۱-" (درایه وسط ماتریس برای آن رأس‌هایی که شناسه ندارند) کامل می‌شوند (شکل ۱۲).



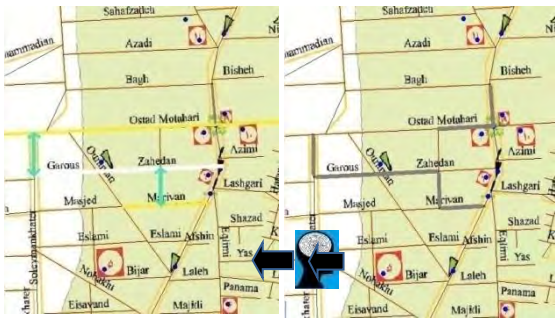
شکل ۱۲- حافظه مکانی عامل از رأس‌ها

زاویه دید نسبت به مؤلفه‌های ادراک مکانی نیز به منظور به‌هنگام سازی و ارتقاء دانش مکانی، ذخیره می‌گردد. همچنین عامل همزمان با افزایش دانش مکانی خود از محیط، اقدام به حذف خلأهای اطلاعاتی کرده و ماتریس‌های ثانویه را تشکیل می‌دهد.

با کامل‌تر شدن دانش مکانی از محیط، در صورت فراهم بودن شرایط، عامل، ارتباط بین معابر را نیز در حافظه خود شکل داده و ثبت می‌کند (شکل ۱۳). لازم به ذکر است که در این پیاده‌سازی، شرط لازم برای تشکیل این بخش از دانش مکانی، مستقیم بودن مسیر به همراه

[1] Deterministic

ثابت ماندن نام مسیر در تمام طول آن می‌باشد (شرح این قسمت در بخش ۳-۵ داده شده است).

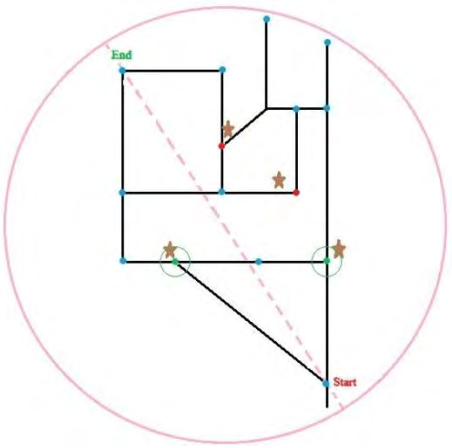


(ب) (الف)

شکل ۱۳- شکل‌گیری ارتباط بین معابر در حافظه عامل الف) خطوط خاکستری رنگ، مسیر طی شده توسط عامل در مرحله یادگیری را نشان می‌دهد ب) شکل‌گیری و ثبت ارتباط معابر براساس دانش مکانی اخذ شده. عامل ارتباط بین معبر سفید رنگ با سایر معابر (زرد رنگ) را به همراه معبر واسط (پیکان آبی رنگ)، به حافظه سپرده است.

تصمیم‌گیری: پس از اینکه عامل به شناختی نسبی از محیط رسید، کارایی اطلاعات اندوخته شده توسط عامل، در قالب یک عملیات مسیریابی از مبدا به مقصد تعیین شده، ارزیابی گردید. عامل که از نقطه مبدا و مقصد آگاه است، با استفاده از روش‌هایی که براساس دانش مکانی او برایش تعریف شده، ترتیب‌های مختلفی از رسیدن به مقصد را تحلیل و محاسبه می‌کند.. جزئیات روش کار عامل را به‌طور خلاصه می‌توان اینگونه تشریح کرد:

عامل می‌تواند بین دو رأس مشخص، یک مسیر پیدا کند، اگر برای PathBetweenTwoNodes(Node1 , Node2) حداقل یک جواب بدست آید؛ با درنظر داشتن این مورد اخیر، نقطه مبدا و مقصد به عامل معرفی می‌شود. سپس رأس‌های شناسه‌داری که اولا در یک محدوده معنادار از منطقه باشند (در دایره‌ای به قطر کمی بیشتر از فاصله مبدا تا مقصد، برای پوشش بهتر) و دوما PathBetweenTwoNodes برای آن‌ها و نقطه مبدا حداقل یک جواب داشته باشد، شناسایی و تحت عنوان نقاط کاندید ذخیره می‌شوند (شکل ۱۴ نقاطی که با دایره سبز مشخص شده‌اند).



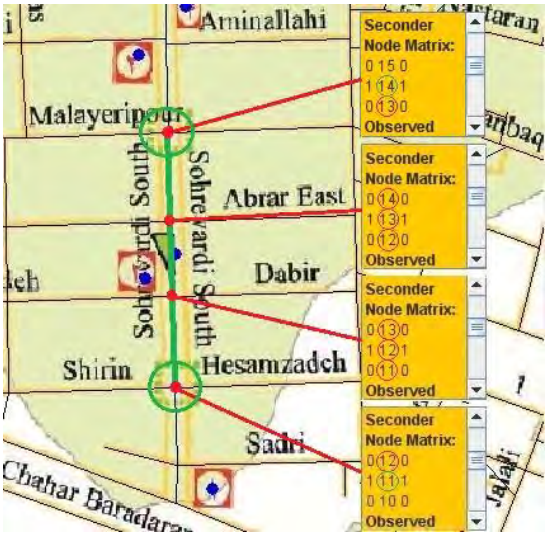
شکل ۱۴- انتخاب نقاط واسط برای رسیدن به مقصد. نقاطی که در کنار آن‌ها ستاره قرار دارد، نقاط شناسه‌دار هستند و نقاطی که با دایره سبز مشخص شده‌اند، نقاطی هستند که ضمن شناسه‌دار بودن، فرضا براساس دانش مکانی، از مبدا قابل دسترسی مستقیم می‌باشند.

مصداق این عملکرد در واقعیت کاملا بدیهی و بارز است: در آغاز فرد در ذهن خود نقاطی که می‌تواند برای رسیدن به مقصد، از آن‌ها عبور کند و ضمنا می‌داند که از نقطه کنونی چگونه به این نقاط برسد را در ذهن خود مرور می‌کند.

از بین نقاط کاندید، یک رأس به‌صورت اتفاقی برای ادامه عملیات، انتخاب می‌شود. در دنیای واقعی، رأسی که توسط فرد انتخاب می‌شود می‌تواند رأسی باشد که محل اتصال بیشترین تعداد معبر است (به این اعتبار که احتمالا مکان شاخص‌تری است) یا نزدیکترین فاصله را به خط واصل بین مبدا و مقصد دارد (به این اعتبار که مسیر نهایی کوتاه خواهد بود). اما در این پیاده‌سازی چون هدف ارزیابی کارایی دانش مکانی اندوخته شده است و تمامی رأس‌ها در مراحل آینده تک‌تک بررسی خواهند شد، بنابراین این انتخاب به صورت اتفاقی است. رأس انتخابی، جایگزین نقطه قبل که در آغاز عملیات همان نقطه مبدا است شده، و عملیات بالا تکرار می‌شود. در هر بار تکرار عملیات نقاط کاندید جدیدی بدست می‌آیند که در سطح مربوط به خود ذخیره می‌شوند. هر زمان که عملیات مسیریابی با شکست مواجه شد، به عبارت دیگر PathBetweenTwoNodes برای نقطه کنونی و مقصد هیچ جوابی نداشت، در این صورت این رأس از عملیات حذف شده و رأس کاندید دیگری از همان سطح برای ادامه عملیات مسیریابی جایگزین می‌شود. زمانی که همه رأس‌های کاندید یک سطح بررسی شدند، آنگاه رأس‌های کاندید سطوح قبل جایگزین خواهند شد و به این ترتیب عامل کلیه حالت‌های ممکن برای رسیدن به مقصد را شناسایی می‌کند.

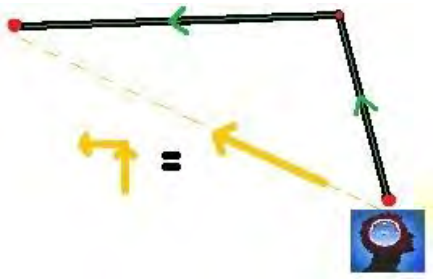
PathBetweenTwoNodes چند حالت کلی را برای دو رأس ورودی بررسی می‌کند. اگر حداقل یکی از حالت‌ها صادق بود، آنگاه مسیریابی بین این دو رأس موفقیت‌آمیز بوده و عملیات، آنگونه که پیشتر توضیح داده شد ادامه پیدا می‌کند.

✓ حالت اول مربوط به زمانی است که هر دو رأس روی یک معبر (مستقیم) قرار داشته باشند (شکل ۱۵). در این صورت از روی توالی بین ماتریس‌های ثانویه که در واقع به همان دانش مسیری انسان اشاره دارد، مسیر بین این دو رأس برای عامل آشکار است.



شکل ۱۵- استفاده از توالی ماتریس‌های ثانویه (دانش مسیری) برای مسیریابی بین دو رأس قرار گرفته روی یک معبر (مستقیم)

✓ حالت بعدی زمانی است که یک رأس مشترک در همسایگی (ماتریس اولیه) این دو رأس قرار داشته باشد. از منظر واقعگرایانه، این حالت به این حقیقت اشاره دارد که انسان‌ها عموما جهت تقریبی نقاط شناسه‌دار نسبت به یکدیگر را تشخیص می‌دهند. برای مثال اگر فرد بداند که هدف او در جهت شمال شرقی قرار دارد، می‌تواند طی دو مرحله اول به شمال رفته و سپس به شرق برود تا به هدف خود نزدیکتر شود (شکل ۱۶). البته لازم به ذکر است که در بسیاری از مواقع، انسان حتی درکی کلی از فاصله تقریبی و نسبی بین نقاط شناسه‌دار را نیز دارد. بنابراین در این شرایط حتی می‌تواند با تخمین فواصل، این عملیات را به محدوده وسیعتری بسط دهد. اما در این پیاده‌سازی برای قطعی بودن استدلال، فقط وجود رأس مشترک در همسایگی دو رأس، مدنظر قرار گرفته است.

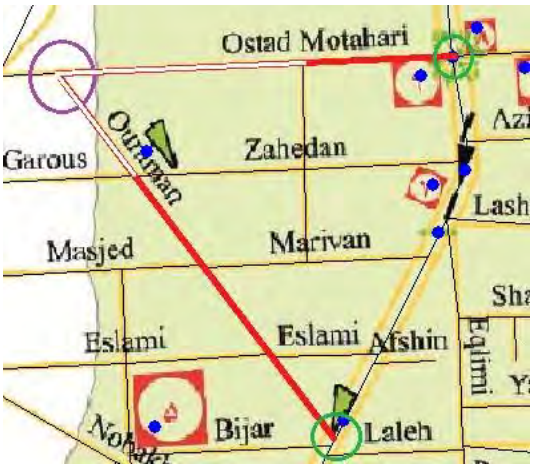


شکل ۱۶- استفاده از جهت برای مسیریابی

✓ اگرچه تمرکز اصلی این تحقیق بر روی شکل‌گیری دانش مکانی براساس ویژگی‌های بصری است، اما نمی‌توان نقش نام معابر را در شکل‌دهی و افزایش دانش مکانی افراد از فضای شهری نادیده گرفت. هر معبر نام منحصر به فردی دارد و احتمال تشابه اسمی در یک محدوده مکانی کوچک، ناچیز است. ضمن اینکه معبر یک راستای مشخص و عموما پیوسته‌ای را معرفی می‌کند. این ویژگی معابر در فضای شهری باعث می‌شود که افراد در بازدیدهای پیاپی و عبور از بخش‌های مختلف معابر در زمان‌های مختلف، بتوانند تکه‌های پراکنده از دانش مکانی خود را به واسطه نام معابر به یکدیگر مرتبط کنند.

بنابراین در این قسمت از پیاده‌سازی، با درنظر گرفتن شرایط خاص، توجه به نام معابر را نیز به طور غیرمستقیم در تصمیم‌گیری عامل دخیل می‌کنیم: فرض کنیم اولا هریک از این دو رأس، روی یک معبر مستقیم جداگانه قرار دارند. دوما هر دو معبر دارای یک مولفه ادراک مکانی انسانی بوده و عامل در زمان مشاهده خود از محیط، از محدوده این مولفه‌ها عبور کرده و بنابراین با این دو معبر آشنایی قبلی دارد. سوما این دو معبر، در رأس سومی مشترک باشند که این رأس شناسه‌دار نباشد، آنگاه اگر عامل در مرحله یادگیری از محیط، قطعه‌ای از هر دو معبر را که یکی از رئوس آن‌ها همین رأس مشترک است، طی کرده باشد، عامل می‌تواند مسیر "رأس اول، رأس مشترک، رأس دوم" را پیشنهاد دهد (شکل ۱۷). از منظر واقعگرایانه هدف کلی این حالت، اشاره به شرایطی است که در آن احتمالا فرد پی به اتصال دو معبر مستقیم از طریق رأس مشترک می‌برد. برای مثال در شکل ۱۷ اینگونه در نظر بگیریم که فرد با دو خیابان "استاد مطهری" و "عمان" آشنایی قبلی دارد. حال ما فرد را به طور ناگهانی در رأس مشترک قرار می‌دهیم. از آنجا که این رأس مشترک مولفه ادراک مکانی ندارد، فرد با نگاه اولیه به اطراف نمی‌تواند موقعیت خود را شناسایی کند. اما بسیار محتمل است که

زمانی که فرد در رأس مشترک قرار گرفته است با نگاهی به دو معبر، هر دو را از روی نام آن‌ها شناسایی کرده و این محل را به دانش مکانی فعلی خود مرتبط کند و موقعیت تقریبی خود را تشخیص دهد و این رأس را به عنوان محل اتصال دو معبر به حافظه بسپارد. اگرچه شاید باز این سوال مطرح شود که رأس مشترک همچنان ویژگی بصری متمایز کننده‌ای ندارد که به سرعت در ذهن ثبت شود، اما در چنین شرایطی، انسان‌ها به محض اینکه از اتصال دو معبر آشنا از طریق رأس مشترکی آگاه شدند، در طول زمان، این رأس را از طریق ویژگی‌های بصری بسیار ساده‌تری نشانه‌گذاری می‌کنند.



شکل ۱۷- اتصال دو معبر از طریق رأس مشترک. دایره سبز، رأس مبدا و مقصد، و دایره بنفش رأس مشترک را نشان می‌دهد. در صورت شناسه‌دار نبودن رأس مشترک، عامل باید دو مسیر سفید رنگ را طی کرده باشد تا بتواند براساس دانش مکانی خود، این اتصال را برقرار کند.

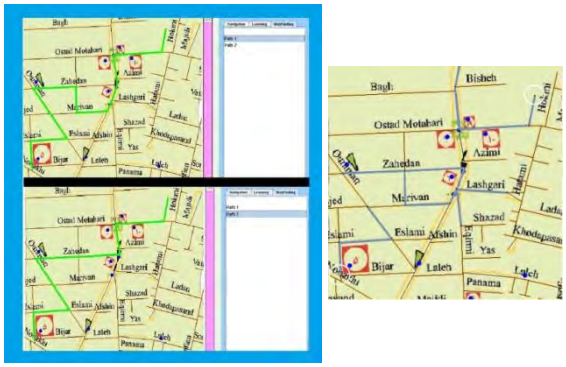
✓ حالت آخر، استفاده مستقیم از دانش مکانی مربوط به اتصال یال‌ها است که توضیح کامل آن در ۳-۵ بیان شده است. در صورتی که رأس مبدا و مقصد، هرکدام روی یک معبر مستقیم جداگانه قرار داشته باشند و عامل از اتصال این دو معبر از طریق یک قطعه مسیر مستقیم دیگر آگاه باشد، آنگاه می‌تواند مسیر "معبر اول، قطعه مسیر متصل کننده، معبر دوم" را پیشنهاد دهد.

لازم به ذکر است که این حالت‌ها، کاملا مستقل از مدل ارائه شده در بخش مدل پیشنهادی و صرفا شکل‌های مختلفی (و تا حد امکان نزدیک به واقعیت) از راهبری براساس این مدلسازی می‌باشند. به عبارت دیگر حالت‌های به‌کار گرفته شده در این پیاده‌سازی، که در بالا مطرح شد، صرفا نمونه‌ای از بسیاری موارد امکان پذیر و منطقی دیگر می‌باشد که با لحاظ کردن آن‌ها می‌توان از تعداد حالت‌های متعدد ناشی از مولفه‌های درونی و بیرونی متعدد (مانند سن، جنسیت، میزان تحصیلات، ضریب هوشی، ویژگی‌ها و تجربیات فردی، طراحی محیط و ...) کاسته و در نتیجه پیچیدگی تصمیم‌گیری مکانی را کم کرد. حال آنکه بسته به ویژگی‌های محیط و اینکه هدف پیاده‌سازی و حوزه تمرکز آن (ویژگی‌های بصری یا توصیفی یا غیره) چه باشد، می‌توان حالت‌ها و مفروضات دیگری را جایگزین کرد.

۵- تفسیر نتایج پیاده‌سازی

همانگونه که انتظار می‌رود در شرایط ایده‌آل که کلیه رأس‌های محیط، دارای مؤلفه ادراک مکانی مناسب باشند (شناسه‌دار باشند) و عامل به مقدار کافی در محیط گشت‌وگذار کرده باشد، بدیهی است که به‌دلیل مشخص بودن همسایگی‌ها و اتصالات رأس‌ها در حافظه عامل، عملکرد آن در مسیریابی بدون نقص است؛ یعنی عامل با استفاده از ارتباطات بین نقاط آشنا، به‌طور معناداری از مبدا به مقصد موردنظر می‌رسد. لازم به ذکر است که مسیر نهایی، لزوما کوتاهترین مسیر نمی‌باشد؛ بلکه صرفا مسیری است که عامل براساس دانش مکانی خود توانسته آن را شناسایی کند.

در شرایط غیر ایده‌آل که به وضعیت دنیای واقعی نزدیکتر است، عامل به تقلید از رفتار انسان به‌هنگام مسیریابی در فضای شهری، مسیر خود را برای رسیدن از مبدا به مقصد، بر اساس دانش مکانی خود تغییر می‌دهد.



(ب) (الف)

شکل ۱۸- الف) معابری که عامل در مرحله یادگیری از آن‌ها عبور داده شده است ب) مسیریابی عامل با استفاده از دانش مکانی اندوخته شده.

برای مثال شکل ۱۸-الف، معابری که عامل در مرحله یادگیری، از آن‌ها عبور داده شده است را نشان می‌دهد. شکل ۱۸-ب مسیرهایی را نشان می‌دهد که عامل توانسته است با استفاده از دانش مکانی اندوخته خود، شناسایی کند. حال با گشت‌وگذار بیشتر در محیط، باز هم دانش مکانی عامل از محیط را افزایش می‌دهیم (شکل ۱۹-الف). در این صورت عامل بر اساس اندوخته‌های جدید از محیط، مسیرهای دیگری را نیز شناسایی می‌کند (شکل ۱۹-ب) و می‌تواند با درنظر گرفتن اولویت خود در راهبری (برای مثال کوتاهترین مسیر) گزینه مناسب را انتخاب کند و این دقیقا همان رفتاری است که انسان‌ها به‌هنگام مسیریابی در فضای شهری از خود نشان می‌دهند.

(ب) (الف)

شکل ۱۹ - الف) مشاهده بیشتر محیط (دایره قرمز رنگ) برای افزایش دانش مکانی عامل ب) شناسایی مسیرهای دیگر برای رسیدن از یک مبدا به مقصد مشخص

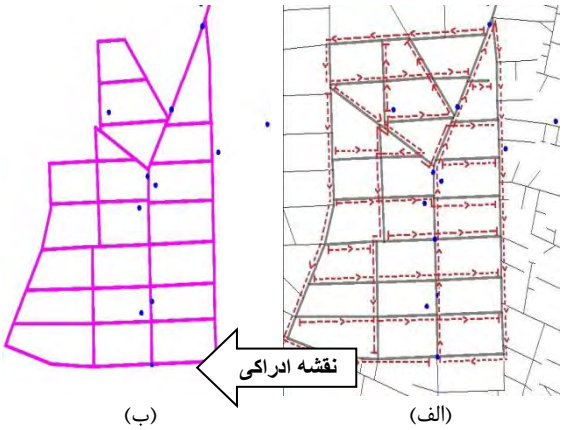
در بسیاری از مواقع، معابر و نقاط تصمیم‌گیری محیط، دارای مولفه‌های ادراک مکانی مناسب نمی‌باشند. در این شرایط، عامل طی تحلیل خود برای محاسبه درخت عملیاتی، به نقاط تصمیم‌گیری می‌رسد که شناختی از آن ندارد؛ به این معنی که براساس دانش مکانی اندوخته شده، ادامه عملیات مسیریابی از آن نقطه برای او ناممکن است. این وضعیت در دو حالت کلی ایجاد می‌شود:

(۱) زمانی که عامل در طول مرحله گردش و شناخت خود از محیط، از این مکان عبور نکرده باشد و دانش مکانی او از محیط نیز نتوانسته باشد این مکان را تحت پوشش قرار دهد. بنابراین چه این محل حاوی مؤلفه ادراک مکانی مناسب باشد یا نباشد، عامل نمی‌تواند هیچ ارتباطی بین این مشاهده جدید خود و آموخته‌های قبلی برقرار کند و بنابراین از مسیریابی باز می‌ماند.

(۲) زمانی که عامل در طول مرحله گردش و شناخت خود از محیط، از این مکان عبور کرده است، اما این مکان حاوی مؤلفه ادراک مکانی مناسبی نبوده و شرایط محیط نیز این محل را تحت پوشش دانش مکانی عامل، قرار نداده است؛ بنابراین باز هم عامل نمی‌تواند در راستای رسیدن به هدفش، ارتباطی بین این محل و دانش مکانی خود برقرار کند. این مورد اخیر را می‌توان ضعف محیط از منظر هم‌خوانی موثر با ادراک مکانی انسانی تلقی کرد. در دنیای واقعی انسان‌ها برای تصمیم‌گیری در این نقاط، به راه‌های دیگری مانند پرس‌وجو و استفاده از نقشه و ابزار تکنولوژی متوسل می‌شوند.

درنهایت به منظور کم کردن وابستگی مسیریابی به کیفیت گشت‌وگذار از محیط، می‌توانیم کلیه معابر بخش مورد نظر از محیط مورد مطالعه (که در این پیاده‌سازی همان نقشه غنی شده با مولفه‌های ادراک مکانی انسانی می‌باشد) را به عنوان ورودی به عامل بدهیم؛ به عبارت دیگر عامل را از تمامی معابر موجود عبور می‌دهیم. در این صورت می‌توانیم از عامل بخواهیم تا برمبنای دانش مکانی اندوخته شده خود از محیط، یک نقشه ذهنی از آن‌را ارائه دهد (شکل ۲۰). این نقشه ذهنی درواقع حکم همان نقشه‌ی ترسیمی در ذهن انسان‌ها را دارد، زمانی که می‌خواهند اتصالات معابر یک محیط آشنا را در مقیاس کوچکتر تحلیل کنند و سعی می‌کنند در ذهن خود محیط را از بالا نگاه کنند؛ مانند پرواز یک پرنده بر فراز شهر، که مصداق همان دانش نقشه‌ای می‌باشد. یکی از ویژگی‌های این نقشه ذهنی این است که در آن، اگر اتصالی بین دو نقطه از محیط وجود داشته باشد، به این معنی است که عامل، به‌واسطه دانش مکانی‌اش می‌تواند از همین اتصال، از یک نقطه به دیگری برسد. ویژگی دیگر این نقشه ذهنی این است که چون عامل آنرا پس از عبور از کلیه معابر

محیط ارائه داده است، بنابراین وابستگی آن به کیفیت گشت‌وگذار در محیط اندکی کم شده است و به این اعتبار شاید بتواند به نوعی نمایانگر پتانسیل محیط از نظر همخوانی با ادراک مکانی انسانی نیز باشد. البته لازم به ذکر است که به‌دلیل وجود آن بخش از دانش مکانی که مربوط به اتصال یال‌ها می‌باشد، هنوز هم نقشه ذهنی عامل، بسیار متاثر از چگونگی گشت‌وگذار در محیط می‌باشد. بنابراین بهترین نتیجه برای ارزیابی محیط، زمانی می‌تواند حاصل شود که نحوه گشت‌وگذار از محیط، کاملا کنترل شده و برمبنای ویژگی‌های محیط، مولفه‌ها و هدف نهایی ارزیابی، تنظیم شود.



شکل ۲۰- الف) نقطه چین‌های قرمز رنگ، نشان‌دهنده مسیرحرکت عامل در بازدیدهای متعدد از محیط می‌باشد ب) عامل بر اساس دانش مکانی اندوخته، نقشه ذهنی خود از محیط را ارائه می‌دهد.

۶- نتیجه‌گیری

شناخت ادراک مکانی انسانی می‌تواند ما را در تحلیل رفتار مکانی انسان در موقعیت‌ها و محیط‌های گوناگون یاری کند. ضمن اینکه در موقعیت‌های بسیاری، امکان استفاده از ابزار تکنولوژی وجود ندارد و انسان مجبور است بر توانایی ادراک مکانی خویش تکیه کند. در این تحقیق، ادراک مکانی انسانی مدل‌سازی شد و نتایج حاصل از آن، امکان تحلیل روشمند و پیش‌بینی فرآیند تصمیم‌گیری مکانی انسان را فراهم کرد. همچنین این تحقیق نشان می‌دهد که در صورت مدل‌سازی مطلوب فرآیند تصمیم‌گیری انسان، می‌توان آزمایش روی مدل را به عنوان مکملی برای مطالعات تجربی و میدانی روی رفتار انسان‌ها، برای رسیدن به نتایج موثر به‌کار برد. در این مدلسازی، به جزئیات نحوه تفسیر انسان از مؤلفه‌های ادراک مکانی و موضوعاتی از این قبیل پرداخته نمی‌شود؛ بلکه هسته اصلی آن، مدلسازی چگونگی به حافظه سپردن اطلاعات مکانی، چگونگی برقراری ارتباط بین اندوخته‌ها و اطلاعات جدید و یکپارچه کردن آن‌ها، و در نهایت چگونگی بازیابی دانش مکانی اخذ شده برای تطبیق آن‌ها با مشاهدات، به منظور مسیریابی می‌باشد. از آنجا که در این مقاله، از نقشه‌های شهری غنی شده با مؤلفه‌های ادراک مکانی، استفاده شده است، از نتایج آن می‌توان به منظور ارزیابی این نقشه‌ها استفاده کرد. این ارزیابی می‌تواند با بررسی جزء به جزء عملکرد کاربر در روند توجیه، تصمیم‌گیری و راهبری، تاثیر افزودن مؤلفه‌های درک مکانی انسانی به نقشه را در رسیدن به هدف از پیش تعیین شده آشکار سازد. همچنین در سطوح وسیع‌تر، نتایج این تحقیق می‌تواند بستری را برای شناسایی مناطقی در سطح شهر که فاقد مؤلفه‌های ادراک مکانی انسانی موثر در توجیه و راهبری هستند، فراهم آورد تا تمهیدات لازم برای به ذهن نشاندن آن مناطق از رهگذر افزودن مؤلفه‌های ادراک مکانی انسانی به آن‌ها، صورت گیرد. در نهایت، نتایج این مقاله می‌تواند تعیین کند که در چه موقعیت‌هایی و به چه دلایلی انسان‌ها در مسیریابی دچار مشکل می‌شوند و برای حل آن چه راهکارهایی را می‌توان بکار گرفت.

مراجع

[1] E. Platzer, "Spatial Cognition research: The human navigation process and its comparability in complex real and virtual environments," PhD thesis, Universit der Bundeswehr Munchen, 2005.

[2] A. Khazravi, "Comparison of Map, Satellite navigation and Human Spatial Cognition for Cognitive enrichment of Urban Navigation," Master thesis, Submitted to the Tehran University of Technology, 2012.

[3] S. D. Steck and H. A. Mallot, "The role of global and local landmarks in virtual environment navigation," Presence: Teleoperators & Virtual Environments, pp. 69-83, 2000.

[4] N. J. Smelser and P. B. Baltes, International encyclopedia of the social & behavioral sciences: Vol.2: Elsevier New York, 2001.

[5] T. Ishikawa and U. Nakamaru, "Landmark Selection in the Environment: Relationships with Object Characteristics and Sense of Direction," Spatial Cognition & Computation, pp. 1-22, 2011.

[6] P. Weiser and A. Frank, "Cognitive Transactions – A Communication Model," in Spatial Information Theory, Springer International Publishing, 2013, pp. 129-148.

[7] F. Karimipour and A. Khazravi, "Enrichment of Cartographic Maps with the Elements of Spatial Cognition," in Proceedings of The 4th International Conference on Advanced Cognitive Technologies and Applications (COGNITIVE 2012), Nice, France, June 22-27, 2012, pp. 9-13.

[8] J. Swan, "Using cognitive mapping in management research: Decisions about technical innovation " British Journal of Management, pp. 183-198, 1997.

[9] J. F. Herman and A. W. Siegel, "The development of spatial representation of large-scale," Advances in child development and behavior, 1975.

[10] K. Lynch, The image of the city United States of America: MIT press, 1992.

[11] S. Werner, B. Krieg-Brückner, H. A. Mallot, K. schweizer, and C. Freksa, "The Role of Landmark, Route, and Survey Knowledge in Human and Robot Navigation," Informatik, 1997.

[12] D. R.Montello and C. sas, "Human Factors of Wayfinding in Navigation," in International encyclopedia of ergonomics and human factors, W. karwowski, Ed., ed London:CRC Press: Taylor & Francis, Ltd, 2006, pp. 2003-2008.