Archive of SID

بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده به وسیله مدل اتوماتای سلولی

فاطمه مهاجری (مسئول مکاتبات)، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

امیرعباس رصافی، دانشیار، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

E-mail: fatemeh.mohajeri88@yahoo.com

دریافت: ۹٤/۰۸/۱٤ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۳

چکیده

گذر ویژه پیاده، یک فضای پیاده شهری است که علاوه بر تامین ایمنی شهروندان با حرکت در مکانی بدون حضور خودرو، موجبات ارتقای تعاملات اجتماعی و ایجاد تحرک در افراد جامعه را فراهم می کند. جهت ارتقای کیفیت این فضای پیاده شهری، این ضرورت وجود دارد که این فضا در راستای برآورده کردن نیازهای عابرین و بر مبنای الگوی حرکتی عابرین پیاده طراحی و تجهیز شود. در همین راستا، مطالعه و بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده اهمیت می‌یابد. هدف از انجام این پژوهش، مطالعه و دستیابی به ویژگی های جریان حرکتی عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده و نحوه‌ی انتخاب مسیر آنها براساس ویژگی های این مکان ها، تعیین پارامترهای رفتاری عابران پیاده دخیل در نحوه حرکت آن ها و ساخت مدل رفتاری عابران پیاده در گذرهای ویژه پیاده می باشد. در این پژوهش، جهت بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده، گذر ویژه پیاده خیام قزوین به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است. تحلیل و بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده با برداشت داده‌های موردنیاز از فیلم های تهیه شده از گذر ویژه پیاده و به کمک مدل اتوماتای سلولی انجام گرفته است. در این پژوهش از مدل‌های انتخاب گسسته، جهت مدلسازی جریان عابرین پیاده استفاده شده است. مدل انتخاب گسسته استفاده شده، مدل لوجیت می باشد. برخی نتایج حاصل از مدلسازی های انجام شده نشان می‌دهد افراد در محدوده مجاور کاربری تمایل به انجام حرکت غیرمستقیم به منظور مشاهده کاربری‌های اطراف و در محدوده خارج از مجاورت کاربری‌ها یا تمایل به حرکت مستقیم به منظور عبور از طول گذر ویژه پیاده یا حرکت عرضی به منظور عبور از عرض گذر ویژه پیاده دارند. استقرار موانع موجود در همسایگی‌های اطراف عابر به صورت نسبتا متقارن صرف نظر از ثابت، همسو یا ناهمسو بودن آن ها سبب انتخاب مسیر مستقیم توسط عابر می گردد.

واژه های کلیدی: عابر پیاده، گذر ویژه پیاده، اتوماتای سلولی، مدل انتخاب گسست

www.SID.ir

Archive of SID

۱.مقدمه

پیاده روی طبیعی ترین شکل جابجایی است و علی الاصول باید ایمن ترین و راحت ترین آن نیز باشد. امروزه ایجاد محیط مناسب و ایمن برای تردد پیاده ها مورد توجه خاص برنامه ریزان حمل و نقل شهری قرار دارد. ایجاد فضای مناسب که با احداث گذرهای ویژه پیاده[1] به وجود می‌آیند، از طریق اعمال ممنوعیت کامل یا نسبی حرکت وسایل نقلیه موتوری در برخی معابر اجرا می‌گردند. گذرویژه پیاده، حرکت عابر پیاده را در فضاهای شهری تسهیل نموده و موجب می شود عابر پیاده در فضایی ایمن و به دور از خودرو، حضور یابد [Nashriyeh144, 2006]. یک محیط شهری برای آن که به محیطی پیاده مدار تبدیل شود، باید دارای شاخص ها و مولفه های فیزیکی خاصی باشد، این در حالی است که اکثر این تسهیلات فاقد استانداردهای لازم بوده و در توسعه این فضاها بیشتر مسائل کمی در اولویت قرار گرفته است. جهت ارتقای کیفیت فضاهای پیاده شهری و با توجه به متفاوت بودن رفتارهای عابرین پیاده در شرایط مختلف، این ضرورت وجود دارد که این فضاها در راستای برآورده کردن نیازهای عابرین و بر مبنای الگوی رفتار عابرین پیاده، طراحی و تجهیز شوند. در همین راستا مطالعه و بررسی الگوی حرکتی عابرین پیاده در این مکان ها اهمیت می یابد تا با شناسایی نیازها و تبدیل آن ها به الزامات برای طراحی فضای پیاده، کیفیت زندگی در فضای شهری ارتقا یابد و منجر به گرایش بیشتر افراد به استفاده از این فضاها شود. در راستای مطالعه و بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده، فرضیه در نظر گرفته شده این است که رفتار عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده، از عوامل مختلفی مانند سرعت، جنسیت، سن، وضعیت همسایگی های اطراف عابر و .... تاثیر می پذیرد و این رفتار قابل مدلسازی است و در طی انجام پژوهش اثبات درستی یا نادرستی این فرضیه بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش، مطالعه و دستیابی به ویژگی‌های جریان حرکتی عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده براساس ویژگی های این مکان ها، بررسی رفتار عابران پیاده، تعیین پارامترهای رفتاری عابران پیاده دخیل در مدلسازی و ساخت و پرداخت مدل رفتاری عابران پیاده در گذرهای ویژه پیاده می باشد. نتایج این پژوهش برای مقاصد طراحی، بهسازی و مدیریت گذرهای ویژه پیاده قابل استفاده است. علاوه بر این، می توان تاثیر تغییرات مختلف موردنظر در گذرهای ویژه پیاده را بدون انجام هرگونه عملیات اجرایی و تنها با شبیه سازی در شرایط موردنظر ارزیابی کرد. همچنین با توجه به دریافت الگوی رفتار عابرین پیاده، امکان تجهیز و طراحی این فضاهای پیاده شهری براساس عوامل تاثیرگذار بر حرکت عابرین وامکان ایجاد کاربری هایی در جهت ایجاد سکون و تعاملات اجتماعی بیشتر عابران وجود دارد.

۲. پیشینه تحقیق

به منظور انتخاب روش مناسب برای مطالعه الگوی رفتار عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده، در ابتدا به مروری بر مدل های حرکتی عابران پیاده ارائه شده در مطالعات پیشین پرداخته شده است و با توجه به محدودیت ها و مزیت های هر یک از مدل ها، علت انتخاب مدل مورد استفاده در این پژوهش شرح داده شده است. سپس به نمونه هایی از مطالعات انجام شده در این زمینه جهت انتخاب متغیرهای مناسب برای مدلسازی پرداخته شده است و در پایان نوآوری های انجام شده در این پژوهش بیان گردیده است. مدل های عابران پیاده از جنبه های مختلفی دسته بندی می شوند که یکی از مهم ترین آن ها رویکرد شبیه سازی است. از این رو مدل های عابران پیاده با دسته بندی کلان نگر، میان نگر وخرد نگر مورد مطالعه قرار می گیرند [Shariat mahimani et al. 2013]. مطالعات کلان عابرین از سال ۱۹۷۱ و توسط فروین[2] و بسیاری از محققین دیگر آغاز و توسعه پیدا کرد[Teknomo, Takeyama and Inamura, 2000]. در مطالعات میان نگر به جای بررسی خصوصیات یک فرد و یا یک جریان به شبیه سازی خصوصیات بک گروه از عابران پیاده پرداخته می شود. مطالعات خرد عابرین نیز اول بار توسط هندرسون [3] با مقایسه داده های حرکت عابرین با مدل جنبش گازها[4] و جریان سیالات[5] آغاز گردید. هلبینگ[6]، مدل هندرسون را بازنگری نمود و پارامترهایی چون هدف، سرعت انفرادی مطلوب عابرین و تبادلات بین عابرین را نیز مورد توجه قرار داد. طبق نتایج کار هلبینگ، حل عددی مدل ریاضی بسیار دشوار است و رویکرد شبیه سازی بسیار عملی‌تر است [Teknomo, Takeyama and Inamura, 2000]. مدل شبیه سازی خرد عابرین (MPSM)[7] یک مدل شبیه سازی از حرکت عابرین است

www.SID.ir

Archive of SID

که درآن با هر عابر به عنوان یک فرد مجزا برخورد می‌شود. مدل شبیه سازی، می تواند بر سه نوع باشد: مدل سلولی[۸] ، مدل نیروی فیزیکی[۹] و مدل شبکه‌ای صف [۱۰]. در مدل سلولی، دو زیر مدل دیگر وجود دارند. بلو و ادلر[۱۱] مدل اتوماتای سلولی[۱۲] را برای عابرین ارائه دادند، در حالی که گیپس و مارکسجو[۱۳] شبیه سازی خرد عابرین را با استفاده از روش منفعت/هزینه یک سلول انجام دادند که از محدودیت های آن پیچیدگی فرایند امتیازدهی در دنیای واقعی است. در میان مدل های فیزیکی هم می توان به دو مدل نیروی مغناطیسی و نیروی اجتماعی اشاره کرد. نیروی مغناطیسی توسط اکازاکی[۱۴] مطرح گردید که با به کار گیری این مدل و روابط حرکت در یک میدان مغناطیسی، می توان حرکت عابرین پیاده را شبیه سازی نمود [Teknomo, Takeyama and Inamura, 2000]. عدم توانایی در اعتبارسنجی پدیده‌های واقعی از محدودیت های این مدل می باشد. مدل نیروی اجتماعی دارای ساختاری مبتنی بر قانون دوم نیوتن است. قانونی که نیرو را متاثر از جرم و شتاب می داند. این مدل نیز با استفاده از این مفهوم، تغییرات حرکتی عابر پیاده را براساس نیروهای وارده از سوی محیط و سایر عابران پیاده بررسی می کند. هلبینگ در سال ۱۹۹۱ در مطالعه ای به بررسی معادلات حرکت عابران پیاده با استفاده از مفاهیم فیزیکی پرداخت. این مطالعه مقدمه ای بود بر مدل نیروی اجتماعی که وی در سال ۱۹۹۵ ارائه کرد [Helbing and Molnar, 1995]. پیچیدگی مدل ریاضی ارائه شده از محدودیت های این مدل است. مدل شبکه ای صف، برای مدلسازی عابران پیاده توسط گونار جی.لوواس[۱۵] بر مبنای تئوری صف ارائه شده است. در این مدل محدوده مورد نظر توسط شبکه ای از گره ها و لینک های غیر مستقیم شبیه‌سازی می شود. مسیریابی در این مدل از کوتاه ترین مسیر پیشنهادی تبعیت می کند [Lovas, 1994 and 1995]. در جدول (۱) به منظور انتخاب مدل مورد نظر جهت مطالعه رفتار عابرین پیاده به مقایسه مدل های مختلف ارائه شده در زمینه مطالعات عابران پیاده، از لحاظ سیستم شبیه سازی، قطعیت مدل، رویکرد شبیه سازی، مفاهیم رفتاری پرداخته شده است و همچنین محدودیت و مزیت موجود در هر یک از مدل ها را بیان شده است.

جدول ۱. مقایسه مدل های مختلف ارائه شده در زمینه مطالعات عابران پیاده

معیارهای دسته بندی	مدل های مختلف مطالعات عابران پیاده				
	نیروی مغناطیسی	سلولی سود/هزینه	شبکه ای صف	نیروی اجتماعی	اتوماتای سلولی
سیستم شبیه سازی	پیوسته	گسسته	پیوسته	پیوسته	گسسته
قطعیت مدل	قطعی	احتمالاتی	احتمالاتی	قطعی	احتمالاتی
رویکرد شبیه سازی	خردنگر و کلان نگر	خردنگر	خردنگر و کلان نگر	خردنگر و کلان نگر	خردنگر
مفاهیم رفتاری	ضوابط رفتاری و نیروهای تعاملات	الگوهای مختلف ضوابط رفتاری	الگوهای مختلف ضوابط رفتاری	ضوابط رفتاری و نیروهای تعاملات	رفتارهای اجتماعی
محدودیت یا مزیت	عدم توانایی در اعتبارسنجی پدیده های واقعی	پیچیدگی فرآیند امتیازدهی در دنیای واقعی	-	پیچیدگی مدل	توانایی دستیابی به الگوهای پیچیده به کمک قوانین ساده

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به محدودیت های ارائه شده برای هر یک از مدل ها و با توجه به پیچیده و تصادفی بودن رفتار عابرین پیاده در طول حرکت، در این پژوهش سعی شده است که به منظور بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده از روش اتوماتای سلولی که توانایی دستیابی به الگوهای پیچیده به کمک قوانین ساده را دارد و به کمک آن می توان احتمالی و غیر قابل پیش بینی بودن حرکت عابرین را در مدلسازی وارد کرد، استفاده نمود. اتوماتای سلولی یک مدل ریاضی است که می تواند برای محاسبات و شبیه سازی سیستم ها به کار رود. اتوماتای سلولی سیستم های ساده گسسته ای هستند که با قوانین ساده و محلی می توانند محاسبات و رفتار پیچیده ای از خود بروز دهند. محلی بودن به این معناست که در تعیین مقدار جدید هر سلول، سلول هایی که درهمسایگی وی هستند تاثیرگذار هستند و سلول های دورتر، تاثیری ندارند. هر سلول برای خود مجموعه ای ازحالات دارد که در هر لحظه با توجه به حالت خودش و همسایه ها تصمیم می گیرد که به چه حالتی برود. قوانین تغییر حالت در اتوماتای سلولی در طول کار ثابت است و تغییر نمی کند. درک رفتار اتوماتای سلولی از روی قوانین آن بسیار مشکل می باشد و درک آن نیاز به شبیه سازی دارد. یکی از مشکلات استفاده از اتوماتای سلولی طراحی قوانینی است که عمل دلخواه ما را انجام دهد. انواع متفاوتی از قوانین به روز رسانی سلول ها وجود دارند که باعث ایجاد انواع متفاوت اتوماتای سلولی می شوند. سپس الگوهای بسیار پیچیده به کمک همان قوانین ساده به دست می‌آیند [Ruhazwe and Chimba, 2013].

هر یک از مطالعات انجام شده در زمینه عابرین پیاده روی جنبه خاصی تمرکز داشته اند. این مطالعات شامل مطالعات انجام شده توسط آنتونینی[16]، توبیاس کرتز[17]، آندریاس شوان اشنایدر و همکاران[18] و لودونگ هابرت کلوفل[19] می باشند. آنتونینی در مطالعه خود به درک نحوه حرکت افراد با تاکید بر موضوع ایمنی عابرین پیاده پرداخته است. به عقیده او، راه رفتن شامل انتخاب های متوالی در طول زمان و عابرین، تصمیم گیرندگان منطقی می باشند. وی با انتخاب موقعیت بعدی عابر در چارچوب مدل های ریاضی بر مبنای مدل های انتخاب گسسته، برنامه ای برای سیستم های نظارت تصویری تعریف کرد تا هنگام مشاهده رفتار غیرنرمال عابرین، وضعیت اضطراری را هشدار بدهند [Antonini, 2005]. توبیاس کرتز با استفاده از برنامه های کامپیوتری به شبیه سازی عابرین پیاده در فرآیند تخلیه پرداخته است. به عقیده او، فرآیند شبیه سازی بدون تئوری و آزمایش معنادار نیست. وی مروری بر مدل های موجود ارائه شده برای فرآیند تخلیه انجام داده و تاثیر عواملی همچون عرض گلوگاه، سرعت و تعداد افراد خروجی و... را با استفاده از مدل اتوماتای سلولی در فرآیند تخلیه بررسی نموده است [Kretz, 2007]. به عقیده آندریاس شوان اشنایدر و همکاران، دینامیک فرآیند تخلیه عابرین پیاده به دلیل وجود تعداد زیاد افراد و اندرکنش بین آن ها از پیچیدگی خاصی برخوردار می باشد. آن ها مطالعه خود را در مکان هایی که تعداد زیادی عابر در یک محدوده کوچک جمع شده اند مانند رویدادهای مذهبی، ورزشی و فرهنگی به منظور ایجاد شرایط ایمنی در مواقع اضطراری انجام داده اند و تاثیر عواملی همچون پیچیدگی ساختمان، مشخصات هندسی و... را بر دینامیک فرآیند تخلیه بررسی نموده اند [Schadschneider et al. 2011]. لودونگ هابرت کلوفل در مطالعه انجام شده به بررسی حرکت عابرین پیاده در مقیاس خرد و کلان و به صورت احتمالاتی و قطعی پرداخته است. وی در تحلیل خرد عابرین پیاده از مدل اتوماتای سلولی استفاده کرده است [Klüpfel, 2012].

با توجه به ضرورت و اهمیت طراحی مناسب فضاهای پیاده شهری از جمله گذرهای ویژه پیاده به منظور استفاده بیشتر از این فضاها و با توجه به بررسی مطالعات انجام شده در زمینه عابرین پیاده، در این پژوهش سعی شده است که با توجه به وجود کاستی در این زمینه، رفتار حرکتی عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده به طور خاص مورد مطالعه قرار گیرد و علاوه بر مطالعه تاثیرمتغیرهای مختلف مانند سرعت، جنسیت، سن و ... بر نحوه حرکت عابرین پیاده که در مطالعات پیشین نیز مورد توجه بوده اند، تاثیر نواحی مختلف حرکتی در گذر ویژه پیاده و وضعیت همسایگی های اطراف عابر از لحاظ پر یا خالی بودن و همسو یا ناهمسو بودن بر نحوه حرکت عابرین پیاده بررسی شود و الگوی حرکتی عابرین پیاده در محدوده تحت تاثیر کاربری های مجاور گذر ویژه پیاده با محدوده خارج از تاثیر کاربری‌های اطراف مقایسه گردد تا با استفاده از نتایج به دست آمده طراحی های لازم جهت تسهیل حرکت عابرین در گذر ویژه پیاده صورت گیرد. لازم به ذکر است که توجه به تاثیر

www.SID.ir

Archive of SID

کاربری های مجاور موضوعی است که در پژوهش های انجام شده در رابطه با حرکت عابرین در گذرهای ویژه پیاده چندان مورد توجه قرار نگرفته است و در این پژوهش به عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار در حرکت عابرین مورد توجه می باشد.

۳. روش تحقیق

با توجه به پیچیدگی رفتار عابرین پیاده، به منظور مطالعه و بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده از روش پژوهش تحلیلی یا مدلسازی استفاده شده است. از آنجا که تحلیل رفتار عابران پیاده به صورت ناهمفزون صورت می گیرد، به عبارت دیگر مدل های مورد استفاده بیان کننده رفتار تک تک عابران است، از این رو به منظور تحلیل رفتار عابربن پیاده و با توجه به اطلاعات حاصل از انتخاب روش پژوهش از مدل اتوماتای سلولی استفاده شده است. با توجه به گسستگی ذاتی در زمان و مکان که مهم ترین ویژگی مدل های اتوماتای سلولی است، مدل ریاضی مورد نیاز می بایست از گروه انتخاب گسسته باشد. لذا در این بخش ابتدا روند کلی پژوهش انجام شده تشریح شده و در ادامه نحوه دستیابی به نتایج و ارزیابی آن ها توضیح داده شده است. در مطالعه الگوی رفتار عابرین پیاده در گذرهای ویژه پیاده، گذر ویژه پیاده خیابان خیام در شهر قزوین به عنوان مطالعه موردی انتخاب گردیده است. پس از انتخاب مطالعه موردی، با توجه به شناخت وضع موجود و اهداف مطالعه به تعیین محدوده مطالعه، اندازه نمونه مورد نیاز و تعیین روش آماربرداری پرداخته شده است. آمار برداری به کمک استخراج داده ها از برداشت های میدانی صورت گرفته است. سپس بر روی داده های موجود، تحلیل های آماری انجام شده و پارامترهای موثر بر رفتار عابران پیاده استخراج گردیده است. در پایان مدل رفتاری عابران پیاده ارائه گردیده است.

۳-۱ تعیین محدوده مورد مطالعه

پس از شناخت وضع موجود، با توجه به مرور ادبیات و تعیین اهداف انجام شده، مرحله پیش مطالعات آماربرداری انجام می گیرد. در این مرحله ابتدا محدوده مطالعه تعیین می گردد. در پژوهش ما تعیین محدوده مطالعه با توجه به هدف کارانجام شده است. محدوده مورد مطالعه در محدوده مرکزی شهر قزوین و در یک بافت منظم و با کاربری تجاری مسکونی واقع شده است. سایت مورد مطالعه (محور خیام، از چهارراه شهرداری تا سه راه خیام) به طول حدود ۲٤۰ متر در راستای شمالی- جنوبی در مرکز شهر قرار دارد. کاربری‌های حاشیه خیابان خیام شامل مغازه‌های تجاری در همکف و واحدهای تجاری در طبقات بالای ساختمان‌های موجود بوده و در بیشتر کوچه‌های این خیابان نیز واحدهای تجاری وجود دارند.

۳-۲ تعیین اندازه نمونه

در طی ساعات ضبط فیلم، تعداد کل عابران پیاده در این مقطع به منظور تعیین اندازه نمونه موردنیاز شمارش گردیده اند. با توجه به مطالعه انجام شده توسط بیرلر که از جمله مطالعات مربوط به حوزه تحلیل خرد عابرین پیاده می باشد، نمونه برداری مورد نیاز برای این منظور باید در بازه های زمانی ثابت و در زمان های متفاوت شامل ساعت های اوج و غیر اوج انجام شده و تمام عابرین پیاده موجود در بازه زمانی انتخاب شده، می بایست در مدلسازی وارد شوند [Bierlaire, Antonini and Weber, 2003] تا اثرات حرکت هر یک از عابران بر نحوه حرکت سایر عابرین موردبررسی قرار گیرد. همچنین تعداد عابرین مورد نیاز جهت نمونه برداری، با استفاده از جدول ارائه شده توسط فورسیث[۲۰] (جدول ۲) که مستخرج از منابع مرتبط با مطالعات عابرپیاده می باشد، تعیین شده است [Forsyth, Agrawal and Krizek, 2012].در این باره با توجه به اینکه تعداد کل عابرین گذر کرده از مقطع درطی زمان فیلمبرداری ۸٦۷۸ نفر می باشد، براساس اعداد ارائه شده در جدول(۲) و انجام درون یابی تعداد عابرین پیاده مورد نیاز با در نظر گرفتن درصد خطا به میزان ۵٪ ، تعداد نمونه موردنیاز ۳٦۷ عابر است. پس از تعیین اندازه نمونه، عابرین پیاده در ساعت اوج بین زمان ۱۲:۰۰ الی ۱۲:۰۵ ظهر و در ساعت غیر اوج بین زمان۱٦:۰۰ الی ۱٦:۰۵ ظهر به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفته و تمامی عابرین موجود در بازه های زمانی منتخب در بررسی انجام شده مدنظر قرار گرفته اند که تعداد کل عابرین در بازه انتخاب شده در ساعت اوج ٤۹٦ عابر و در ساعت غیر اوج ۳۷۱ می باشد و در هر دو حالت تعداد نمونه مورد نیاز ارائه شده در جدول (۲) را پوشش می دهند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۲. تعداد نمونه های مورد نیاز برای انجام مطالعات بر روی عابرین پیاده در جوامع با جمعیت های متفاوت (در سطح اطمینان ٪۹۵) [Forsyth, Agrawal and Krizek, 2012]

جمعیت	درصد خطا			
	±۳%	±٤%	±٥%	±۱۰%
۲۰۰۰	۶۹۶	۴۶۲	۳۲۳	۹۲
۵۰۰۰	۸۸۰	۵۳۶	۳۵۷	۹۵
۱۰۰۰۰	۹۶۵	۵۶۶	۳۷۰	۹۶
۲۰۰۰۰	۱۰۱۴	۵۸۳	۳۷۷	۹۶
۵۰۰۰۰	۱۰۴۵	۵۹۳	۳۸۲	۹۶
۱۰۰۰۰۰	۱۰۵۸	۵۹۷	۳۸۳	۹۶
۵۰۰۰۰۰	۱۰۶۵	۶۰۰	۳۸۴	۹۶
۱۰۰۰۰۰۰	۱۰۶۶	۶۰۰	۳۸۴	۹۶
۵۰۰۰۰۰۰	۱۰۶۷	۶۰۰	۳۸۴	۹۶

۳-۳ تعیین روش آماربرداری

پس از انتخاب گذر ویژه پیاده خیام قزوین، به عنوان مطالعه موردی، با توجه به هدف مورد نظر به تعیین روش آماربرداری پرداخته شده است. از آنجا که مناسب ترین روش مطالعه رفتار عابرین پیاده از طریق فیلمبرداری می باشد و هر چه این فیلمبرداری در محدوده و طول بیشتری انجام گیرد، داده های برداشت شده دارای اطمینان بیشتری است، از دوربین های مرکز کنترل ترافیک شهرداری قزوین که با ارتفاع مناسب ۱۲ متر، محدوده وسیعی از گذر ویژه پیاده را نمایش می‌دهد، استفاده شده است. همانطور که در تصویر مشاهده می‌شود، محدوده مورد مطالعه در زاویه دوربین به طول ٤٤,٦٨ و عرض ۲۰,٤۳ از گذر وبژه پیاده خیام است. پس از انجام هماهنگی‌های لازم در تاریخ هشتم بهمن ماه ۱۳۹۳ جهت دوربین به سمت گذر ویژه پیاده تنظیم شده و به مدت ٦ ساعت از ساعت ۱۲ ظهر تا ٦ عصر شامل ساعات اوج و غیر اوج فیلم مورد نظر تهیه شده است. شکل (۱) نمایی از تصاویر ضبط شده از دوربین های مرکز کنترل ترافیک را نمایش می‌دهد.

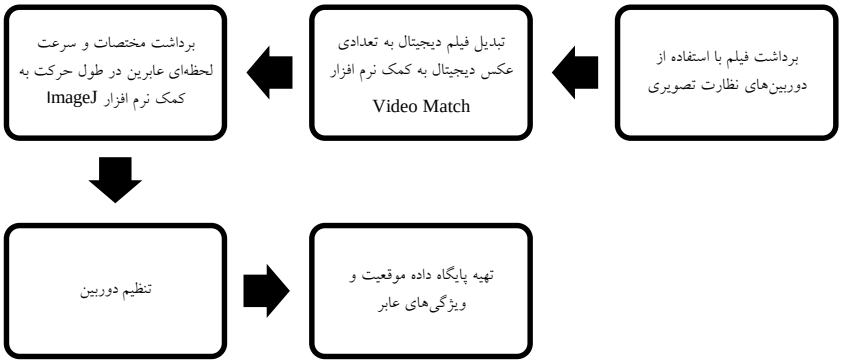
٤-۳ روند تبدیل تصاویر به داده ها

پس از دریافت فیلم مورد نظر، فیلم های دیجیتال تبدیل به تعدادی عکس دیجیتال شده اند و پس از آن با استفاده از نرم افزار پردازش تصویر، موقعیت عابرین در طول مسیر مورد بررسی قرار گرفته است، از آنجا که دوربین مورد استفاده جهت برداشت فیلم، دارای زاویه نسبت به سطح گذر ویژه پیاده بوده است، تنظیم[۲۱] دوربین انجام گرفته و الگوریتم های معینی روی عکس های دیجیتال اعمال شده اند تا موقعیت و ویژگی هر یک از عابرین به دست آید که با استفاده از آن مسیر حرکت و در نتیجه رفتار حرکتی هر عابرمورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۲) ساختار کلی روند تبدیل تصاویر به داده ها را نشان می دهد.

شکل۱. نمایی از تصاویر برداشت شده از گذر ویژه پیاده خیام قزوین با استفاده از دوربین های مرکز کنترل ترافیک

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲. ساختار کلی روند تبدیل تصاویر به داده ها

۳-۵ تنظیم دوربین

با توجه به روابط موجود برای کالیبراسیون دوربین، به ازای هر نقطه که (X_{vi}, Y_{vi}) درخیابان و (X_{si}, Y_{si}) در تصویر دوربین برای آن مشخص است، دو معادله زیر تشکیل می شوند:

$$X_{Si}=\frac{C_1X_{vi}+C_2Y_{vi}+C_3}{C_4X_{vi}+C_5Y_{vi}+1} \qquad (۱)$$

$$Y_{Si}=\frac{C_6X_{vi}+C_7Y_{vi}+C_8}{C_4X_{vi}+C_5Y_{vi}+1} \qquad (۲)$$

Xsو Y_S: مختصات نقاط در تصوبر نسبت به مبدا تبدیل یافته

XvوYv: مختصات نقاط در جهان واقعی نسبت به مبدا تبدیل یافته

$C1,...,C8$: ضرایب مجهول

معادلات (۱) و(۲) نحوه انطباق نقاط تصویر با نقاط خیابان را نشان می دهند. اگرچه از نظر تئوری برای کالیبراسیون دوربین نیاز به داشتن مختصات شش نقطه به عنوان مرجع می باشد، ولی اگر مختصات چنان تعریف شود که دوربین روی محور z و خیابان روی صفحه XY قرار گیرد، در این صورت به کمک چهار نقطه می توان دوربین را کالیبره کرد مشروط بر این که دو نقطه از این چهار نقطه روی یک خط افقی از تصوبر دوربین قرار گیرند. به این ترتیب به ازای چهار نقطه تعیین شده، هشت معادله خواهیم داشت و با داشتن این هشت معادله می توان هشت مجهول یعنی ضرایب $C1,...,C8$ را به دست آورد [Sadat Hoseini, Javadian and Vaziri, 2006]. پس از انجام تنظیم دوربین، با به دست آمدن مقادیر C مختصات نقاط خروجی از نرم افزار به مختصات نقاط در جهان واقعی تبدیل می گردد. سپس با اعمال روابط (۳) و (٤) مختصات نقاط به شماره سلول در راستای X و Y تبدیل می گردد.

$$Cx = \text{INT}\left(RX\frac{}{\text{cellw}}\right)+1 \qquad (۳)$$

$$CY = \text{INT}\,(RY + \text{wid})/\text{cellw}) + 1 \qquad (٤)$$

Cx: شماره سلول در راستای x

C_Y: شماره سلول در راستای Y

Cellw: عرض سلول (که به اندازه عرض بدن یک انسان بالغ، ۰,٤ متر در نظر گرفته شده است [Weifeng, Lizhong and Weicheng, 2003]).

Wid: فاصله مبدا تبدیل یافته تا گوشه پایین سمت چپ گذر ویژه پیاده در جهان واقعی که این فاصله ۱۰ متر می باشد.

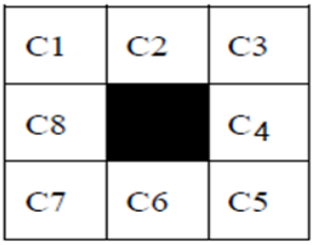
۳-٦ تعیین نوع همسایگی

در این پژوهش از مفهوم اتوماتای سلولی در بیان ویژگی رفتاری عابرین پیاده و مدلسازی رفتاری آنها استفاده شده است. در نتیجه فضای مورد مطالعه باید به سلول های برابر تقسیم شده و از نوع همسایگی مناسب جهت بررسی پر یا خالی بودن سلول های اطراف شخص استفاده گردد. با توجه به اینکه متداول ترین نوع شکل سلولی برای تعیین وضعیت افراد در فضای مورد مطالعه مربع است، در نتیجه از سلول های مربعی برای تقسیم

www.SID.ir

Archive of SID

بندی فضای مورد مطالعه استفاده شده است. ابعاد سلول های مربعی در نظر گرفته شده با توجه به فضای مورد نیاز پیاده روی یک انسان بالغ ٤٠×٤٠ سانتی متر در نظر گرفته شده است. انواع مختلف همسایگی برای بیان ویژگی سلول‌های اطراف فرد وجود دارد که به قوانین همسایگی معروف اند. یکی از کامل ترین همسایگی ها که وضعیت تمامی سلول‌های اطراف فرد را مورد بررسی قرار می دهد، همسایگی مور[٢٢] است که در این پژوهش از این همسایگی استفاده شده است. با توجه به نوع سلول های مربعی در نظر گرفته شده و همسایگی مورد نظر، برای هر فرد ٨ سلول در همسایگی اش هستند که هر کدام از آنها دو وضعیت پر و خالی می توانند به خود بگیرند. در نتیجه ٢٥٦ نوع همسایگی خواهیم داشت.



شکل ٣. وضعیت همسایگی ها

٣-٧ تعیین گام زمانی

برای اینکه بتوان داده های مناسبی برای ایجاد مدل به دست آورد باید گام زمانی مناسبی را انتخاب کرد که بتواند تغییرات در وضعیت و شرایط افراد و تصمیم های آنها را به خوبی و با دقت مناسبی به ثبت رساند. با توجه به عرض سلول ها که ٠,٤ متر و سرعت متوسط حرکت عابرین که ١,٢ متر بر ثانیه می باشد، برای انجام کار نیاز به داشتن موقعیت عابر در فواصل ٠,٣٣ ثانیه است.

٤. مدلسازی

رفتارعابرین پیاده به دلیل پیچیدگی و انعطاف پذیری بالا در انتخاب ها به خصوص در اماکنی که احتمال بروز تراکم بالا در آنها وجود دارد احتیاج به نگرش خاص دارد. در این پژوهش تلاش شده تا با استفاده از مفهوم اتوماتای سلولی، مدل انتخاب برای عبور جریان از یک گذر ویژه پیاده ارائه گردد. فرآیند انتخاب به دلیل پیچیدگی بالا و عدم قطعی بودن چالش بزرگی بر سر راه مدلسازی می باشد. مدل های زیادی در زمینه فرآیند انتخاب معرفی شده اند که پر کاربردترین آنها مدل لوجیت است. که در این پژوهش از مدل لوجیت دوگانه با استفاده از نرم افزار ان لوجیت[٢٣] برای مدلسازی رفتارعابران پیاده در یک گذر ویژه پیاده استفاده شده است که تئوری این مدل، نتایج مدلسازی و تحلیل‌ها در ادامه ارائه شده است.

٤-١ مدل لوجیت دوگانه

پیش بینی وقوع تغییر مسیر را می توان به صورت یک رخداد دوتایی تعریف کرد. مدلهای لوجیت یکی از روش های پیش بینی رخدادهای گسسته (در اینجا انتخاب یا عدم انتخاب سلول موردنظر) است و هدف از آن شناسایی متغیرهای توصیفی و رابطه آنها با وقوع رخداد و درنهایت تخمینی از احتمال وقوع یک رخداد برای فرد خاص است.

فرض می شود که T_{in} تابعی خطی از ویژگی های متغیرهای فرد n است که مرتبط با احتمال وقوع رخداد i است. در این صورت بر اساس رابطهٔ:

$$Tin = \beta i Xin + \varepsilon in \qquad (٥)$$

که در آن X_{in} برداری از ویژگی های قابل اندازه گیری فرد n (اعم از ویژگی های فردی و رفتار تغییر مسیر)، β_i نیز برداری از ضرایب اندازه گیری شده است که با استفاده از روش حداکثر درست نمایی محاسبه می شود. ε_{in} نیز نشان دهندهٔ قسمت های غیر قابل مشاهده از ویژگیها است. در این رابطه اگر ε_{in} از توزیع گامبل پیروی کند، آنگاه می توان احتمال وقوع رخداد i برای فرد n یعنی $P(i,n)$ را با استفاده از مدل لوجیت به صورت فرم بسته رابطهٔ (٦) نمایش داد [Saffarzade, Family and Barzegar, 2014]:

$$P(i,n) = \frac{e^{Tin}}{\sum_{j \in Cn} e^{Tjn}} \qquad (٦)$$

مدل لوجیت دوگانه حالت خاصی از مدل لوجیت چندگانه است که در آن متغیر وابسته از نوع موهومی است و تنها دو مقدار ٠ یا ١ را می تواند داشته باشد. در این پژوهش متغیر وابسته در هر

www.SID.ir

Archive of SID

یک از مدل ها ی ساخته شده، سلول انتخاب شده بعدی است که انتخاب هر یک از سلول های قرار گرفته در مجموعه انتخاب با عدد ۱ و عدم انتخاب سلول با عدد ۰ در نظر گرفته شده است.

٤-۲ معرفی مجموعه انتخاب

با توجه به سرعت حرکت عابرین، اگر عابرین با سرعت ۱,۲ متر بر ثانیه حرکت کنند، با توجه به گام زمانی ۰,۳ ثانیه و عرض سلول ۰,٤ متر، در هرگام زمانی یک سلول جا به جا می شود و در هنگام حرکت به جلو، اگر سرعت عابر بیشتر باشد تعداد سلولی که در هر گام زمانی جابه جا می شود بیشتر خواهد بود و با توجه به حداکثر سرعت حرکت عابرین، هر عابر حداکثر سه سلول در هر گام زمانی به جلو خواهد آمد. با در نظر گرفتن این مطلب، عابر در حرکت های کناری و پشت سر در هر گام زمانی یک سلول جابجا شده است و در حرکت رو به جلو که سرعت بیشتری داشته است حداکثر سه سلول به جلو آمده است. بنابراین مجموعه انتخاب شامل سلول های ۱، ۲، ۳، ۴، ...، ۱۴ می باشد. شکل (٤) موقعیت سلول های قرار گرفته در مجموعه انتخاب را نشان می دهد.

۱۲	۱۳	۱٤
۹	۱۰	۱۱
۱	۲	۳
۸	■	٤
۷	٦	٥

جهت حرکت

شکل ٤. موقعیت سلول های قرار گرفته در مجموعه انتخاب

جدول ۳. متغیرهای مستقل مدلسازی

نام متغیرهای مستقل مدلسازی	نماد	توضیح
سرعت	Velocity	پارامتر سرعت به صورت سرعت لحظه ای در هر گام زمانی و با واحد متر بر هر ثانیه (گام زمانی برداشت) در نظر گرفته شده است.
جنسیت	Gender	اگر عابر مذکر باشد عدد ۱ و اگر مونث باشد عدد صفر در نظر گرفته شده است.
سن	Age	از آنجا که سن دقیق افراد از روی تصاویر قابل تشخیص نمی باشد، این متغیر در دو رده سنی شامل کودک و بزرگسال طبقه بندی شده و اگر عابر مورد نظر بزرگسال باشد عدد صفر و اگر کودک باشد عدد ۱ در نظر گرفته شده است.
محدوده حرکت	Area	اگر عابر در محدوده مجاورت کاربری حرکت کرده باشد عدد ۱ و در غیر این صورت عدد صفر در نظر گرفته شده است.
جهت حرکت	Direction	اگر عابرین در جهت جنوب به شمال حرکت کنند عدد ۱ و اگر درجهت شمال به جنوب حرکت کنند عدد صفر در نظر گرفته شده است که این متغیرموقعیت کاربری های تجاری نسبت به عابر را مشخص می کند.
وضعیت پر و خالی بودن همسایگی ها و نوع همسایگی های پر از لحاظ جهت	SOXY	در همسایگی های اطراف عابر، متغیر SOXY نشان دهنده وضعیت پر و خالی بودن همسایگی ها و نوع همسایگی های پر از لحاظ ثابت، همسو یا ناهمسو بودن با جهت حرکت عابر می باشد که در آن X نماد شماره سلول از بین سلول های موجود در همسایگی های اطراف عابر که اعداد ۱ الی ۸ را به خود اختصاص می دهد و Y نماد نوع جهت گیری سلول های پر اطراف عابر می باشد که سه مقدار ۰ و ۱ و ۲ را به خود اختصاص می دهد که در آن عدد ۰ به معنای مانع ثابت، عدد ۱ به معنای مانع همسو با جهت عابر و عدد ۲ با معنای مانع ناهمسو با جهت عابر می باشد. با توجه به وجود ۸ همسایگی و داشتن ۳ حالت برای هر یک از آن ها متغیرSOXY با ۲٤ حالت در مدلسازی وارد شده است.

www.SID.ir

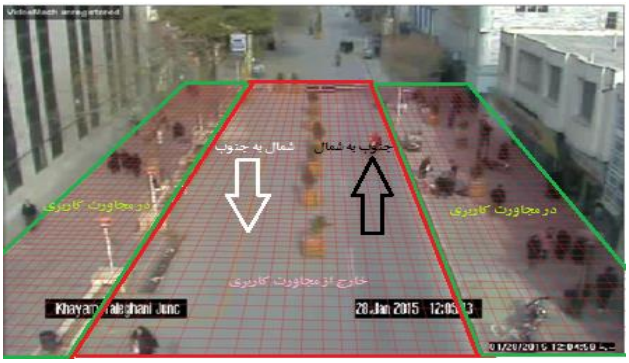
Archive of SID

٤-٣ انتخاب متغیرهای مدلسازی

به منظور بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده هنگام عبور از گذر ویژه پیاده، متغیرهایی که در این پژوهش برداشت شده و در مدلسازی مورد استفاده قرار گرفته اند شامل موارد زیرمی باشند، که در جدول شرح داده می شوند:متغیرهای مستقل: متغیرهای تصمیم یا همان متغیرهای توضیحی، در این مدل همان متغیرهای توصیف شده در بخش قبل می باشند که شامل سرعت لحظه ای، جنسیت، سن، محدوده حرکت، جهت حرکت و از همه مهم تر وضعیت همسایگی ها می باشد که نماد آن ها در جدول (۳) نشان داده شده است.

یکی دیگر از عوامل تاثیرگذار بر نحوه حرکت عابرین پیاده، محدوده حرکت عابر است که تحت تاثیر چه عامل یا عواملی قرار دارد. به عنوان مثال حرکت عابرین در مکان هایی که تحت تاثیر کاربری های اطراف قرار دارند، به دلیل ایجاد تراکم بیشتر در این محدوده متفاوت با حرکت عابرین در مکان های خارج از تاثیر کاربری های اطراف است. در این پژوهش از آنجا که محدوده گذر ویژه پیاده، به وسیله المان های فیزیکی و کفسازی به دو محدوده درمجاورت کاربری و خارج از مجاورت کاربری تقسیم شده است، این عامل به عنوان یک متغیر در مدلسازی وارد می‌گردد تا نحوه تاثیر آن بر حرکت عابر بررسی گردد و از آنجا که محدوده در مجاورت کاربری قرار گرفته در سمت چپ، از فراوانی اندکی در نمونه مورد مطالعه برخوردار می باشد از بررسی مجزای آن صرف نظر شده است. شکل (۵) دو محدوده حرکت عابرین در گذر ویژه پیاده و جهت حرکت عابرین را در دوجهت جنوب به شمال و شمال به جنوب را نشان می‌دهد.

متغیر وابسته: متغیر وابسته، سلول انتخاب شده بعدی از بین سلول های قرار گرفته در مجموعه انتخاب هستند. از این مجموعه C7 به دلیل عدم انتخاب، C5 وC6 به دلیل یک بار انتخاب وC8 به دلیل سه بار انتخاب از این مجموعه حذف شده و مدل سازی برای سایر متغیرها انجام شده است. در ساخت مدل لوجیت، برای هر یک از سلول های انتخاب شده از مجموعه انتخاب، یک مدل لوجیت جداگانه ساخته شده است. در پایگاه داده ایجاد شده برای هر یک از سلول های قرار گرفته در مجموعه انتخاب، یک ستون مجزا ایجاد شده که در آن عدد یک به معنای انتخاب سلول موردنظر و عدد صفر به معنای عدم انتخاب آن سلول است. در جدول (۳)، نماد متغیر وابسته در هر یک از مدل های ساخته شده نشان داده شده است.



شکل ۵. محدوده بندی گذر ویژه پیاده

جدول ۳. متغیر وابسته در هر یک از مدل های ساخته شده

نام متغیر وابسته در هر یک از مدل های ساخته شده	انتخاب سلول شماره ۰	۱	۲	۳	٤	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	١٤
نماد	Select0	Select1	Select2	Select3	Select4	Select9	Select10	Select11	Select12	Select13	Select14

www.SID.ir

Archive of SID

٤-٤ نحوه توزیع وفراوانی متغیرهای مدلسازی

پس از انتخاب متغیرهای سرعت، جنسیت، سن، محدوده حرکت، جهت حرکت، وضعیت همسایگی ها و سلول انتخاب شده بعدی به عنوان متغیرهای مدلسازی، قبل از پرداختن به مقوله مدلسازی باید نحوه توزیع و پراکندگی متغیرها در نمونه انتخاب شده بررسی گردد تا مشخص شود که آیا متغیرهای منتخب جهت مدلسازی از توزیع مناسبی برخوردارند یا خیر؟ این بررسی همچنین نشان می‌دهد که آیا نمونه انتخاب شده با توجه به توزیعی که دارد می تواند نماینده خوبی برای جامعه مورد نظر باشد یا خیر؟

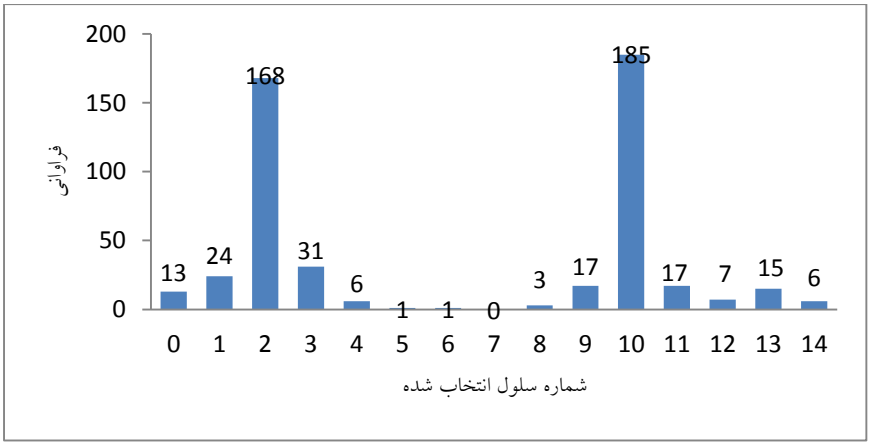
بررسی تعداد و فراوانی هریک از این متغیرها نشان می دهد که بیشترین فراوانی مربوط به عابرین مذکر، بزرگسال، در محدوده در مجاورت کاربری و در جهت جنوب به شمال می باشد. در همسایگی های مجاور بیشترین فراوانی مربوط به پر بودن سلول مجاور و سمت راست عابر یا همان C4 و کمترین فراوانی مربوط به پر بودن سلول مقابل فرد یا همان C2 است. با بررسی داده های برداشت شده از فیلم‌برداری، همانطور که در شکل (٦) فراوانی سلول های انتخاب شده مشاهده می شود، این نتیجه حاصل شده است که بیشترین سلول انتخاب شده توسط افراد دو سلول مقابل فرد است. علت رویدادن این پدیده این است که جریان عابرین هدف واحدی برای عبور از گذر ویژه پیاده را دارا می باشند. کمترین سهم انتخاب سلول ها سه سلول پشت سر فرد می باشند که به همان دلیل هدف عبور از گذر ویژه پیاده، افراد تمایلی به حرکت رو به عقب ندارند.

٥. نتایج مدلسازی

به منظور مدلسازی، برای هر یک از سلول های قرار گرفته در مجموعه انتخاب، مدل لوجیت براساس متغیرهای توضیحی تعیین شده، ساخته شده است که نتایج مدلسازی ها در ساعت اوج برای متغیر وابسته انتخاب سلول شماره ۰، به صورت جدول (٤) است و نتایج برای سایر متغیرهای وابسته در جدول (٥) آمده است.

٥-١ تحلیل نتایج مدلسازی

همانطور که اشاره شد برای شبیه سازی خرد جریان عابرین از مدل لوجیت استفاده شده است. به منظور انجام مدلسازی، علاوه بر ساخت مدل لوجیت باینری که حالت خاصی از مدل لوجیت چندگانه است، به کمک نرم افزار ان لوجیت، انواع مدلسازی های دیگر شامل مدل لوجیت آشیانه ای، مدل لوجیت چند جمله ای و مدل لوجیت شرایطی با اعمال شرط روی جهت حرکت عابرین، ساخته شده اند اما با توجه به آن که نتایج حاصل از ساخت مدل لوجیت باینری از اعتبار بیشتری برخوردار می باشند، این مدل مبنای تحلیل داده ها قرار گرفته است. نتایج حاصل از مدلسازی، نحوه تغییر متغیرهای مستقل موجود در مدل با متغیر وابسته را نشان می‌دهد که در این قسمت به طور خلاصه به نتایج حاصل از مدلسازی اشاره شده است.



شکل ٦. نمودار فراوانی سلول های انتخاب شده از مجموعه انتخاب

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. نتایج مدلسازی برای متغیر وابسته انتخاب سلول شماره۰ در ساعت اوج

نام متغیر	ضریب	خطای استاندارد	ضریب/خطای استاندارد پارامتر(t)	P[|Z|>z]	میانگین xها
Velocity	***-٥/٣٩٤٣٠	۰/۳۸۷۳۳	-۱۳/۹۲۷	۰/۰۰۰۰	۱/۵۳۷۸۸
Gender	***-۲/۰۹٦۷٥	۰/۳٥٦۹۹	-٥/۸۷۳	۰/۰۰۰۰	۰/٥٤۹٤۹
Age	-۰/۳۳۳٤۹	۰/۳۳۷۹٥	-۰/۹۸۷	۰/۳۲۳۷	۰/٦۹٤۹٥
Area	-۰/۲۳۳۰۰	۰/٤٥۲۷۳	-۰/٥۱٥	۰/٦۰٦۸	۰/۳۹۷۹۸
Direction	***۱/۳٥۹۹۰	۰/۳۰٥٤۹	٤/٤٥۲	۰/۰۰۰۰	۰/۷۳۹۲٦
SO10	**۳/۱۸۳۷٥	۱/٥٦۸٥٦	۲/۰۳۰	۰/۰٤۲٤	۰/۰۱٦۱٦
SO11	-۲۷/۹٥۷۰	۰vD+۰/٤۲۲۲٦٤	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۲۲۳٦
SO12	-۳۱/٦٥۷۱	۰vD+۰/٥٦۹۲۷۷	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۱٤۱٤
SO20	۰/۷٦٥٦۱	۱/۲۹۰٥٦	۰/٥۹۳	۰/٥٥۳۰	۰/۰۱۲۱۲
SO21	-٥/۰٥٤٦۱	۰۸D+۰/۱٤۷۰۸٥	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰٤۰٤
SO22	***۱/۹۰۰٦۸	۰/٥٥۱۲٤	۳/٤٤۸	۰/۰۰۰٦	۰/۰۰٦۰٦
SO30	***۳/۰۹٥۸۰	۱/۰۳۹۸۱	۲/۹۷۷	۰/۰۰۲۹	۰/۰۲٤۲٤
SO31	-۲٥/٤٦٤٥	۰vD+۰/٦٥۲٦۷۲	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۱٤۱٤
SO32	-۰/۰۳۹۳٤	۰/٤۸۰۰۲	-۰/۰۸۲	۰/۹۳٤۷	۰/۰۱۸۱۸
SO40	***-۳/۷۳۰٤۳	۱/٤۰٦٤۷	-۲/٦٥۲	۰/۰۰۸۰	۰/۰٤۲٤۲
SO41	-۳۰/۰۰۲٤	۰vD+۰/۳۱۰۷۰٤	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰٤٤٤٤
SO42	-۳۲/۷۸۷۳	۰vD+۰/٥٥۸٥۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۱٤۱٤
SO50	***۱/٦۹۸۳۲	۰/٦۰۷۱۰	۲/۷۹۷	۰/۰۰٥۲	۰/۰٤۰٤۰
SO51	-۳۱/٥٥۰۲	۰vD+۰/٤۰۳٤٦٦	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۲۰۲۰
SO52	-۲۹/۲۱۹٤	۰vD+۰/٦٦۱۸٦٥	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۱۰۱۰
SO60	***۱/٥۳۳٥۷	۰/٤٥۸۸۹	۳/۳٤۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰٤٤٤٤
SO61	-۳۰/۹٥۲۲	۰vD+۰/٤۸۰٥۲٥	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۱۸۱۸
SO62	-۲۸/۷٦۲۱	۰۸D+۰/۱۸۷٦۳٥	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰۲۰۲
SO70	-۳۳/۲۰۷٦	۰vD+۰/۳۰۸۹٦۸	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۳٤٤۸
SO71	-۰/۰۰۰۳۷	۰/۳۷۲۷٦	-۰/۰۰۱	۰/۹۹۹۲	۰/۰۳٤۳٤
SO72	-۳۱/۳۰۷۰	۰۸D+۰/۲۲۳۷٥۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰٤۰٤
SO80	***۲/۰۸۱۱۷	۰/٦۷۲۷۱	۳/۰۹٤	۰/۰۰۲۰	۰/۰۲۸۲۸
SO81	-۳۳/۷۹٤۱	۰vD+۰/٤۲۷٥۰۷	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۲٦۲٦
SO82	-۲/۸۳۱٥٤	۰۸D+۰/۱۹۱۰۸۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰۰	۰/۰۰٦۰٦

توجه: معناداری در سطح ۱۰٪، ٥٪، ۱٪ = *, **, ***

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. ضرایب حاصل از هر یک از مدل های ساخته شده در ساعت اوج

متغیر مستقل / متغیر وابسته	Select0	Select1	Select2	Select3	Select4	Select9	Select10	Select11	Select12	Select13	Select14
Velocity	-۵/۳۹۴۳۰***	-۱/۲۲۵۰۰***	-۲/۰۹۷۴۸***	-۳/۸۶۰۰۷***	-۳/۸۵۸۰۸***	۰/۲۸۰۴۷***	۰/۸۶۲۵۳***	۰/۲۹۸۱۲***	۱/۰۲۷۸۸***	۰/۷۹۹۰۱***	۱/۱۸۱۲۳***
Gender	-۲/۰۹۶۷۵***	-۱/۳۲۵۵۹***	۰/۷۷۱۵۵***	-۲/۱۱۴۹۸***	-۱/۲۱۹۸۴***	-۱/۳۲۰۰۵***	۰/۳۰۹۶۲***	-۱/۷۷۶۶۳***	-۰/۶۴۰۰۴***	-۰/۴۴۵۱۴***	-۰/۹۶۱۴۹***
Age	-۰/۳۳۳۴۹	-۲/۰۹۱۰۱***	۲/۰۸۲۴۳***	۰/۲۷۳۰۵	-۰/۱۷۴۲۱	-۳/۴۵۴۶۶***	-۱/۱۵۱۱۰***	-۳/۰۴۰۲۸***	-۶/۸۱۹۴۰***	-۲/۱۴۳۰۲***	-۷/۶۹۳۲۵***
Area	-۰/۲۳۳۰۰	۱/۳۱۶۶۰***	-۰/۸۷۱۵۳***	۳/۲۲۲۳۷***	-۱/۱۱۳۳۰**	۱/۷۴۲۵۳***	-۰/۰۹۶۳۰	۱/۴۸۲۵۱***	۱/۶۵۶۸۵***	-۲/۵۱۹۷۹***	۱/۷۱۳۶۱***
Direction	۱/۳۵۹۹۰***	-۰/۱۶۵۶۳	۰/۵۴۳۸۶***	۰/۶۸۹۴۴***	-۱/۰۶۰۷۰***	-۱/۸۳۳۵۰	-۱/۰۴۷۰۸***	-۲/۶۷۳۷۲***	-۵/۳۲۶۴۳***	-۳/۵۴۷۰۲***	-۵/۵۳۱۷۲***
SO10	۳/۱۸۳۷۵**	-۳۳/۲۴۳۶	-۳۳/۷۴۲۷	۸/۷۶۳۲۶***	-۲۷/۱۳۱۳	-۲۹/۸۰۵۳	-۳۵/۸۹۲۷	۵/۳۴۰۸۵***	۵/۰۸۱۵۳***	-۳۳/۰۹۷۷	۲/۵۷۴۳۵***
SO11	-۲۷/۹۵۷۰	-۳۳/۳۳۴۰	۰/۲۸۲۴۰	۲/۲۲۷۷۸***	-۳۴/۰۲۸۱	-۳۵/۰۲۳۱	-۰/۲۱۶۹۸	-۱/۵۳۱۳۵***	-۳۵/۳۸۱۳	-۳۵/۹۹۳۲	-۲/۳۰۸۵۰***
SO12	-۳۱/۶۵۷۱	-۳۲/۲۴۹۶	-۰/۹۳۵۴۲**	-۵۸/۵۷۰۱	۴/۳۵۰۳۱***	-۲۹/۶۱۰۴	-۳۲/۲۱۶۲	۲/۸۸۲۶۱***	-۳۴/۷۳۵۳	-۲۸/۶۴۳۲	۷/۶۷۰۸۵***
SO20	۰/۷۶۵۶۱	۰/۲۳۸۷۱	-۳۳/۶۴۵۰	-۳۳/۸۶۵۸	-۴۲/۸۶۶۶	-۳۲/۵۵۳۹	-۳۲/۷۶۹۳	۳۸/۹۴۸۹	-۴۰/۳۹۲۲	-۳۴/۵۱۷۶	-۲۵/۲۳۹۴
SO21	-۵/۰۵۴۶۱	-۳۵/۶۴۸۴	۷۰/۹۴۱۳	-۴/۰۹۳۹۳	-۴/۱۴۳۶۶	۰/۳۰۶۵۱	-۶۷/۹۲۰۹	-۰/۷۱۶۸۷	-۳۲/۶۷۸۷	-۱/۷۷۶۱۲	-۱/۳۸۸۸۸
SO22	۱/۹۰۰۶۸***	۰/۶۳۸۱۴	-۳۵/۰۳۴۲	۳۴/۹۴۷۰	-۲۲/۰۱۶۸	-۳۲/۸۴۱۰	-۳۱/۷۳۶۱	-۳۲/۷۰۸۴	۵/۵۹۹۴۹	۶۷/۹۸۳۹	-۳۴/۰۳۵۷
SO30	۳/۰۹۵۸۰***	۲/۸۶۵۹۰***	-۱/۴۶۷۶۶***	۲۹/۹۷۱۷	۶/۷۵۸۰۶***	۱/۵۰۰۶۱***	-۳/۴۲۹۰۹***	-۶۷/۵۹۱۰	۱/۳۸۳۸۳***	۲/۰۷۱۳۶***	-۳۱/۶۷۳۸
SO31	-۲۵/۴۶۴۵	۲/۷۶۳۵۲***	-۳۵/۳۹۶۷	-۲۸/۵۳۹۳	-۲۹/۰۴۵۳	-۳۳/۳۳۶۶	۳۳/۰۰۱۲	-۳۲/۷۴۵۴	۳/۲۶۰۳۳***	-۳۳/۰۸۷۷	-۲۸/۳۱۰۶
SO32	-۰/۰۳۹۳۴	-۳۳/۴۸۵۲	-۰/۹۸۳۷۰***	-۷۰/۱۱۱۳	-۳۳/۶۵۳۸	۲/۲۶۷۹۷***	-۰/۹۹۵۷۱***	-۳۱/۵۸۳۸	-۲۸/۸۱۰۸	-۹۶/۸۵۲۸	-۲۹/۱۱۴۶
SO40	-۳/۷۳۰۴۳***	-۰/۸۰۷۷۲	-۳۰/۸۵۴۹	۰/۱۴۴۸۸	-۳۳/۶۴۴۸	-۳۳/۳۸۷۰	۱/۸۷۲۵۳***	-۷۱/۱۰۶۲	۴/۰۱۰۲۹***	-۰/۶۹۲۰۹	۱/۵۴۷۱۶
SO41	-۳۰/۰۰۲۴	-۰/۱۶۵۳۴	۰/۶۳۷۰۱***	-۳۱/۰۸۹۹	-۳۱/۳۱۷۲	۰/۴۰۶۴۵	۰/۲۹۴۹۲*	-۰/۶۲۲۳۵*	۰/۳۸۷۳۳	-۳۴/۲۰۹۰	-۳۲/۵۰۴۱
SO42	-۳۲/۷۸۷۳	۰/۷۲۲۰۵	-۱/۰۴۸۶۹***	۳۶/۹۵۴۸	-۲۹/۹۰۳۸	-۳۱/۶۴۰۱	-۳۲/۶۷۱۶	۲/۵۴۲۹۴***	۱/۵۴۰۷۸	-۳۰/۸۵۸۸	-۳۸/۰۶۳۸
SO50	۱/۶۹۸۳۲***	۰/۱۵۸۳۳	۰/۰۸۹۷۹	-۰/۳۳۳۱۲	-۲۷/۳۷۶۹	۱/۰۷۳۴۶***	-۰/۹۰۱۲۳***	۲/۹۹۵۸۶***	-۱/۱۶۱۱۱**	۲/۵۷۶۹۵***	۳/۳۹۲۷۵***
SO51	-۳۱/۵۵۰۲	۱/۵۹۰۵۸***	۱/۲۳۱۹۲***	-۳۲/۵۲۹۰	-۳۲/۹۷۰۴	۱/۴۷۶۵۲***	-۶۷/۳۲۰۲	۱/۹۲۰۰۵***	۳/۱۵۵۱۰***	-۳۴/۰۲۹۶	۳/۳۸۳۷۳***
SO52	-۲۹/۲۱۹۴	۰/۹۲۰۰۹*	۱/۲۴۳۹۹***	-۶۸/۷۲۳۹	-۲۹/۷۲۵۱	-۳۱/۲۵۱۴	-۳۳/۱۱۶۵	-۰/۲۳۵۰۳	۱/۳۷۴۶۱	-۳۰/۰۹۳۰	-۲۸/۱۶۷۹
SO60	۱/۵۳۳۵۷***	-۳۲/۴۰۲۹	-۱/۳۴۷۸۷***	-۲/۱۵۱۱۱***	-۲/۰۷۴۷۵**	-۰/۶۵۳۰۹*	۰/۵۰۷۱۶***	-۳۸/۶۴۳۴	۴/۴۲۰۱۵***	۲/۴۰۷۱۹***	-۲/۶۳۹۳۲*
SO61	-۳۰/۹۵۲۲	۲/۶۰۲۱۷***	-۳۵/۳۱۱۷	۳/۴۹۷۶۵***	۵/۵۶۱۴۵***	-۳۳/۹۲۱۷	-۳۳/۸۱۲۲	۰/۷۲۱۳۹*	-۳۱/۵۷۱۶	-۳۰/۹۴۴۸	۰/۳۱۴۱۵
SO62	-۲۸/۷۶۲۱	۳۹/۶۹۵۵	-۳۵/۳۲۷۷	-۳۴/۱۶۴۶	-۳۱/۲۷۸۶	-۳۳/۴۱۹۱	-۳۵/۰۲۹۰	-۳۳/۱۳۲۵	-۳۰/۳۱۰۷	-۳۱/۸۰۲۶	-۳۰/۳۰۷۹
SO70	-۳۳/۲۰۷۶	-۳۲/۲۱۸۰	-۰/۴۰۷۵۷	-۳۵/۵۸۱۵	۴/۲۲۰۰۴***	۱/۴۴۴۴۶***	-۰/۲۱۷۸۶	۱/۳۹۷۹۸***	۱/۸۷۶۲۳***	۲/۱۶۱۶۵***	۶/۳۳۹۰۹***
SO71	-۰/۰۰۰۳۷	-۱/۹۸۵۵۴***	۰/۵۳۶۵۱***	-۱/۲۷۱۲۲***	-۳۵/۱۳۲۸	-۳۵/۴۷۵۷	-۰/۵۶۶۳۵***	-۳۵/۲۷۲۴	-۳۵/۶۷۳۳	-۳۵/۸۴۳۱	-۳۶/۵۲۵۳
SO72	-۳۱/۳۰۷۰	-۳۵/۳۹۳۳	۶۷/۵۸۳۴	-۵۷/۵۹۰۴	-۳۹/۳۱۵۳	-۲۷/۶۶۱۰	-۳۰/۱۲۷۶	-۳۰/۴۲۲۵	-۳۱/۷۶۸۶	-۲۶/۵۲۷۸	-۲۲/۸۰۳۴
SO80	۲/۰۸۱۱۷***	-۰/۴۲۳۷۷	-۰/۰۴۰۱۵	-۳۴/۰۹۴۷	۵/۰۸۵۵۳***	۰/۱۱۳۷۹	۰/۸۷۱۹۶***	-۳۲/۱۳۸۲	۲/۷۶۷۶۷***	۳/۷۱۵۷۹***	-۳۱/۷۰۸۹
SO81	-۳۳/۷۹۴۱	-۳۵/۲۴۳۹	۱/۱۳۴۹۸***	۰/۴۱۱۴۱*	-۳۵/۵۴۶۵	-۳۵/۵۸۲۹	-۱/۷۵۱۲۲***	-۲/۳۴۸۶۴***	-۳۵/۰۳۲۷	-۳۵/۵۲۶۵	-۲/۸۷۵۵۹***
SO82	-۲/۸۳۱۵۴	-۰/۲۹۳۰۱	۳۴/۹۳۹۵	۲۳/۲۱۶۸	-۳۷/۰۲۲۴	-۲/۴۵۵۷۵	-۲/۳۷۰۵۶	-۳۳/۰۹۹۲	۹/۴۵۸۶۱	-۳/۴۲۲۹۴	-۳۱/۱۷۷۴

توجه: معناداری در سطح ۱۰٪، ۵٪، ۱٪ = *, **, ***

www.SID.ir

Archive of SID

. در جدول نتایج خروجی هر یک از متغیرهای قرار گرفته در مجموعه انتخاب، ستون اول ضرایب مربوط به هر متغیر در مدل لوجیت را نشان می دهد. ستون دوم خطای استاندارد که نشان دهنده اختلاف بین مقدار ضریب تخمین زده شده و مقدار واقعی می باشد را نشان می دهد و در صورتی که این مقدار بیشتر از عدد ۲ باشد نشان دهنده وجود همخطی چندگانه، به معنای وجود ارتباط خطی کامل یا دقیق بین متغیرهای توضیحی مدل است. ستون سوم مقدار آماره t را نشان می‌دهد، همان طور که در بخش ارزیابی مدل گفته شد در صورتی که مقدار این پارامتر صرف نظر از علامت از عدد ۱/۹٦ بیشتر شود متغیر مورد نظر با ۹۵٪ اطمینان معنادار است. ستون چهارم سطح معناداری ضریب مورد نظر را نشان می‌دهد که در صورتی که مقدار آن کمتر از ۰/۰۵ باشد، فرض صفر بودن ضریب مورد نظر رد می‌شود. (لازم به ذکر است که در انتخاب متغیرهای توضیحی جهت مدلسازی، در ابتدا حرکت دسته جمعی[۲٤] عابران به عنوان یک متغیر توضیحی جداگانه تعریف شده بود که با توجه به وجود همخطی بین این متغیر و متغیرهای وضعیت همسایگی سلول های شماره ٤ و۸ و در نتیجه بالا رفتن خطای استاندارد مدل های ساخته شده، این متغیر از مدلسازی ها حذف گردید و تاثیر آن با توجه به وضعیت همسایگی های سلول های شماره ٤ و۸ مورد بررسی قرار گرفت) . با توجه به بالا بودن تعداد فراوانی متغیرهای مستقل در مدل های ساخته شده در ساعت اوج، متغیرهای مستقل این مدل ها از اهمیت آماری بیشتری نسبت به مدل های ساخته شده در ساعت غیراوج برخوردارند. در نتیجه نتایج حاصل از این مدل ها، در بررسی الگوی رفتار عابرین پیاده در گذر ویژه پیاده مورد توجه قرار گرفته است.

همان طور که نتایج مدلسازی برای متغیر انتخاب سلول شماره صفر در جدول (٤) نشان می دهد به عنوان مثال سه متغیر سرعت، جنسیت و جهت حرکت از لحاظ مقدار قدر مطلق پارامتر t دارای اعداد بزرگتر از ۱/۹٦ و از لحاظ مقدار P دارای اعداد کوچکتر از ۰/۰۵ است که این بدان معناست که این متغیر ها با درصد اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند. در جداول (٤) و (۵) میزان معناداری پارامترها براساس آزمون های آماری و با استفاده از نماد ستاره و راهنمای جداول مشخص شده است که به دلیل حجم بالای متغیر ها از توضیح آزمون های آماری برای هر یک از آن ها صرف نظر نموده شده است. به طور مثال، در رابطه با انتخاب سلول شماره صفر یا به عبارت دیگر باقی ماندن عابر در جای خود، براساس معناداری متغیر ها و علامت پارامترهای مدلسازی می‌توان گفت که عابرین مونث با سرعت حرکت کمتر، در جهت جنوب به شمال تمایل بیشتری به انتخاب این سلول دارند. در رابطه با وضعیت همسایگی ها، می توان گفت که وجود مانع ثابت در همسایگی های ۱، ۳، ۵، ٦، ۸ ومانع ناهمسو در همسایگی ۲ سبب انتخاب این سلول می‌گردد و وجود مانع ثابت در همسایگی ٤ مانع از انتخاب این سلول می گردد. تحلیل نتایج سایر متغیرهای مدلسازی براساس معناداری متغیرها و علامت آن ها به صورت خلاصه در جدول (٦) آمده است.

پس از تحلیل و بررسی نتایج مدلسازی برای هر یک از متغیرهای وابسته، در این قسمت به تحلیل روند تغییر ضرایب در هر یک از مدل‌های ساخته شده به منظور مقایسه بین مدل ها پرداخته شده است. تحلیل روند تغییرات ضریب متغیرسرعت در هر یک از مدل های ساخته شده: همان‌طور که در جدول (٦) مشاهده می‌شود، متغیر سرعت با انتخاب سلول های قرار گرفته به فاصله یک سلول از عابر رابطه غیرمستقیم و با انتخاب سلول‌های قرار گرفته در فاصله بیش از یک سلول از عابر رابطه مستقیم دارد و این به آن معنی است که با افزایش سرعت عابر پیاده، سلول هایی از مجموعه انتخاب که در فاصله بیشتری از عابر قرار دارند، انتخاب می‌شوند.

-تحلیل روند تغییرات ضریب متغیر جنسیت در هر یک از مدل های ساخته شده: با مقایسه علامت ضرایب متغیر جنسیت دریافت می‌شود که عابرین مذکر هنگام حرکت، سلول هایی که در مسیر مستقیم قرار دارند را انتخاب می کنند. با توجه به مقادیر پارامترها دریافت می شود که از بین سلول های انتخاب شده توسط عابرین مونث سهم بیشتر به انتخاب سلول‌های شماره ۰ و۳ تعلق دارد، که انتخاب سلول ۳ نشان دهنده حرکت مایل و انتخاب سلول شماره ۰ به معنای ایستادن در جای خود و عدم انتخاب سلول بعدی به منظور مشاهده کاربری های اطراف است که بیشتر توسط عابرین مونث انتخاب شده اند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦. تحلیل نتایج حاصل از مدلسازی

	velocity	Gender	Age	Area	direction	سلول هایی که پر بودن آن ها سبب انتخاب گزینه مورد نظر می شود.			سلول هایی که پر بودن آن ها مانع از انتخاب گزینه مورد نظر می شود.		
						ثابت	همسو	ناهمسو	ثابت	همسو	ناهمسو
Select0	تاثیر معکوس	تاثیر بیشتر مونث	–	–	تاثیر بیشتر جنوب به شمال	۱، ۳، ۵، ٦، ۸	–	۲	٤	–	–
Select1	تاثیر معکوس	تاثیربیشتر مونث	تاثیر بیشتر بزرگسال	تاثیر بیشتر حرکت در مجاورت کاربری	–	۳	۳، ۵، ٦	۵	–	۷	–
Select2	تاثیر معکوس	تاثیربیشتر مذکر	تاثیربیشتر کودک	تاثیر بیشتر حرکت در خارج از مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر جنوب به شمال	–	٤، ۵، ۷، ۸	۵	٦، ۳	–	۱، ۳، ٤
Select3	تاثیر معکوس	تاثیربیشتر مونث	–	تاثیر بیشتر حرکت در مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر جنوب به شمال	۱	۱، ٦، ۸	–	٦	۷	–
Select4	تاثیر معکوس	تاثیربیشتر مونث	–	تاثیر بیشتر حرکت در خارج از مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر شمال به جنوب	۳، ۷، ۸	٦	۱	٦	–	–
Select9	تاثیر مستقیم	تاثیربیشتر مونث	تاثیربیشتر بزرگسال	تاثیر بیشتر حرکت در مجاور کاربری	–	۳، ۵، ۷	۵	۳	٦	–	–
Select10	تاثیر مستقیم	تاثیربیشتر مذکر	تاثیربیشتر بزرگسال	–	تاثیر بیشتر شمال به جنوب	٤، ٦، ۸	٤	–	۵، ۳	۸، ۷	۳
Select11	تاثیر مستقیم	تاثیربیشتر مونث	تاثیربیشتر بزرگسال	تاثیر بیشتر حرکت در مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر شمال به جنوب	۱، ۵، ۷	٦، ۵	٤، ۱	–	۸، ٤، ۱	–
Select12	تاثیر مستقیم	تاثیربیشتر مونث	تاثیربیشتر بزرگسال	تاثیر بیشتر حرکت در مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر شمال به جنوب	۱، ۳، ٤، ٦، ۷، ۸	۵، ۳	–	۵	–	–
Select13	تاثیر مستقیم	تاثیر بیشتر مونث	تاثیربیشتر بزرگسال	تاثیر بیشتر حرکت در خارج از مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر شمال به جنوب	۳، ۵، ٦، ۷، ۸	–	–	–	–	–
Select14	تاثیر مستقیم	تاثیربیشتر مونث	تاثیربیشتر بزرگسال	تاثیر بیشتر حرکت در مجاورت کاربری	تاثیر بیشتر شمال به جنوب	۱، ۵، ۷	۵	۱	٦	۸، ۱	–

www.SID.ir

Archive of SID

-تحلیل روند تغییرات ضریب متغیرسن در هر یک از مدل های ساخته شده: مقایسه ضرایب متغیر سن در مدلسازی ها نشان می‌دهد که متغیر سن با انتخاب سلول شماره ۲ رابطه مستقیم و با انتخاب سایر سلول ها رابطه غیرمستقیم دارد. با توجه به این امر می توان نتیجه گرفت که کودکان تمایل به حرکت مستقیم در گام های کوتاه دارند. همچنین با توجه به مقادیر ضرایب متغیرسن در انتخاب سلول های ۱۲و ۱٤می توان نتیجه گرفت که از بین افرادی که سلول های شماره ۱۲و ۱٤ را انتخاب کرده اند، سهم بیشتر به بزرگسالان اختصاص یافته است و این بدان معنی است که بزرگسالان تمایل به انتخاب حرکت های غیر مستقیم و در گام های بلندتر دارند.

-تحلیل روند تغییرات ضریب متغیر محدوده حرکت در هر یک از مدل های ساخته شده: بررسی ضرایب مربوط به متغیر محدوده حرکت نشان می دهد که افراد در محدوده مجاور کاربری ها تمایل به انجام حرکت های مایل یا به عبارت دیگر انتخاب سلول های ۱، ۳، ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱٤ به منظور مشاهده کاربری های اطراف دارند اما در محدوده خارج از مجاورت کاربری ها افراد تمایل به انجام حرکت مستقیم (انتخاب سلول های ۲ و ۱۳) به منظور عبور از طول گذر ویژه پیاده و حرکت عرضی (انتخاب سلول ٤) به منظور عبور از عرض گذر ویژه پیاده دارند. لازم به ذکر است که متغیر محدوده حرکت در انتخاب سلول شماره ۰ و ۱۰ معنادار نیست و این به آن معناست که محدوده حرکت در انتخاب این سلول تاثیری ندارد.

-تحلیل روند تغییرات ضریب متغیر جهت حرکت در هر یک از مدل های ساخته شده: بررسی ضرایب مربوط به متغیر جهت حرکت نشان می دهد که افراد در حرکت از جنوب به شمال تمایل به برداشتن گام های کوتاه تر دارند و متغیر جهت حرکت در انتخاب سلول شماره ۱ معنادار نیست. در شکل (۷)، الگوهای انتخاب هر یک از سلول ها براساس وضعیت همسایگی ها نمایش داده شده است. در این شکل نماد دایره نشان دهنده شماره سلول انتخابی، نماد مربع نشان دهنده مانع ثابت و جهت فلش ها نشان دهنده جهت حرکت عابران اطراف می باشد. جهت رو به بالا نشان دهنده مانع همسو و جهت رو به پائین نشان دهنده مانع ناهمسو می باشد. همان طور که مشاهده می شود برقراری تقارن نسبی در موانع موجود در همسایگی‌های اطراف عابر صرف نظر از ثابت، همسو یا ناهمسو بودن آن ها سبب انتخاب مسیر مستقیم می‌گردد. به طور مثال در انتخاب سلول های ۲، ۱۰ و۱۳ همسایگی های اطراف عابر دارای تقارن نسبی می باشد و تجمع موانع در سلول‌های موجود در یک سمت عابر سبب انتخاب سلول های قطری در سمت مخالف موانع به منظور فاصله گرفتن از موانع و آزادی عمل بیشتر عابر می گردد. به طور مثال در انتخاب سلول های ۱، ۳، ۹، ۱۱ و۱٤ موانع موجود در همسایگی های اطراف عابر در سمت مخالف سلول انتخاب شده جمع شده اند.

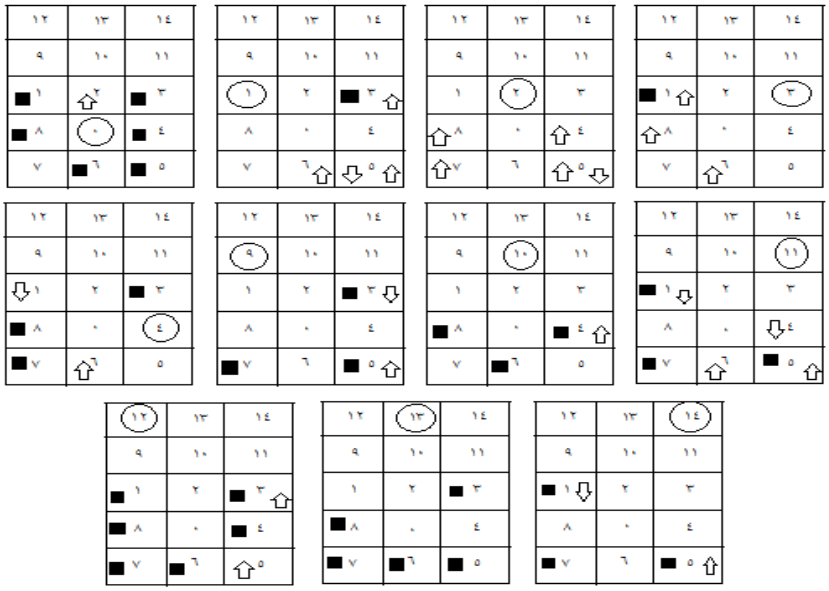
۵-۲ اعتبارسنجی مدل

در این بخش به اعتبارسنجی نتایج مدل سازی پرداخته شده است تا درستی و اعتبار مدل، مورد بررسی قرار گیرد.

الف) به منظور انجام اعتبارسنجی مدل های ساخته شده در اولین گام، دریافت می شود که علامت پارامتر های تخمین زده شده با آنچه در واقعیت مورد انتظار می باشد، مطابقت دارد که این موضوع نشان دهنده اعتبار مدل ها می باشد. به طور مثال، پارامترهای تخمین زننده متغیر سرعت در رابطه با انتخاب سلول های قرار گرفته به فاصله یک سلول از عابر دارای علامت منفی و در انتخاب سلول‌های قرار گرفته در فاصله بیش از یک سلول از عابر دارای علامت مثبت می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. الگوی انتخاب هر یک از سلول ها براساس وضعیت همسایگی ها

ب) تست نسبت درستنمایی یکی دیگر از روش های اعتبارسنجی مدل می باشد که در آن تابع درستنمایی، میانگین پارامترهای مطلوبیت تخمین زده شده را ارزیابی می نماید و ضابطه ای درست برای دستیابی به تخمین درستی از مطلوبیت پارامترهای مدل های چند جمله‌ای و دو جمله ای می باشد. در این فرآیند، تفاوت مقادیر $L^*(\beta)$ و $L^*(0)$ برای مدل داده شده، معنادار است و این تست براساس توزیع چی دو می باشد. برای استفاده از این تست باید:

$$-2[L^*(0) - L^*(\beta)] > X^2_{N,1-\alpha} \qquad (۷)$$

که در آن، α سطح معناداری و N تعداد متغیرها را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، متغیر $2[L(\beta) - L(0)]$ دارای توزیع X^2 با درجه آزادی N می باشد. در صورتی که رابطه (۷) برقرار باشد، فرض صفر بودن پارامترها با سطح اطمینان ۹۹٪ رد می‌شود[Mirbaha et al. 2012].

ج) در نرم افزار ان لوجیت به منظور انجام اعتبارسنجی مدل های ساخته شده، درصد پیش بینی درست و نادرست هر یک از مدل ها ارائه می گردد. همانطور که در جدول (۷) مشاهده می شود برقراری رابطه (۷) و بالا بودن درصد پیش بینی درست هر یک از مدل های ساخته شده نشان دهنده اعتبار مدل های ساخته شده است.

٦. جمع بندی و نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد

در این پژوهش تلاش شده است که الگوی رفتار عابران پیاده در گذرهای ویژه پیاده در دو سطح خرد وکلان مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد. در طی مراحل انجام کار، با تهیه فیلم از نحوه حرکت عابرین در گذر ویژه پیاده انتخاب شده به عنوان مطالعه موردی، پس از انجام اقدامات شرح داده شده در بخش های قبل، داده های موردنیاز از فیلم استخراج شده و با تحلیل داده ها به بررسی ویژگی‌های جریان حرکت عابرین مانند سرعت، جنسیت، سن، محدوده حرکت، جهت حرکت و وضعیت همسایگی ها هنگام عبور از گذر ویژه پیاده در بازه‌های زمانی اوج و غیر اوج پرداخته شده است. در این بخش به ارائه جمع‌بندی و نتیجه گیری و ارائه پیشنهادهای موجود جهت انجام پژوهش های آتی پرداخته شده است.

- عابرین مونث در مقایسه با عابرین مذکر، تمایل به حرکت در راستای غیر مستقیم یا ایستادن در جای خود به منظور مشاهده کاربری های اطراف دارند.
- کودکان تمایل به حرکت مستقیم در گام های کوتاه دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

- افراد در محدوده مجاور کاربری تمایل به حرکت غیر مستقیم به منظور مشاهده کاربری های اطراف و در محدوده خارج از مجاورت کاربری ها یا تمایل به حرکت مستقیم به منظور عبور از طول گذر ویژه پیاده، یا حرکت عرضی به منظور عبور از عرض گذر ویژه پیاده دارند.
- استقرار موانع موجود در همسایگی‌های اطراف عابر به صورت نسبتا متقارن صرف نظر از ثابت، همسو یا ناهمسو بودن آن ها سبب انتخاب مسیر مستقیم توسط عابر می گردد.
- تجمع موانع در سلول های موجود در یک سمت عابر سبب انتخاب سلول های غیر مستقیم در سمت مخالف موانع به منظور فاصله گرفتن از آن ها و آزادی عمل بیشتر عابر می گردد.
- وجود مانع ثابت یا مانع ناهمسو در همسایگی های شماره ۱ و ۳ سبب تمایل عابر به انجام حرکت عرضی می‌گردد.
- عابرین عموما تمایل به انتخاب مسیر در جهتی دارند که از موانع ناهمسوی اطراف خود فاصله بگیرند.

جدول ۷. نتایج اعتبارسنجی مدل های ساخته شده در ساعت اوج

متغیر وابسته هر یک از مدل های ساخته شده	L(0)	L(β)	2[L(β) -L(0)]	$x^2_{0.99}$(N)	درصد پیش بینی درست مدل	درصد پیش بینی نادرست مدل
انتخاب سلول شماره۰	-۹۰۲/۱٤۰۳	-۳۳٦/۰٦۱۲	۱۱۳۲/۱۵۸۲	۳۳/۱٦٤٤۱	٪۹٦/۹۵٦	٪۳/۰۱۷
انتخاب سلول شماره۱	-۱٤٤۰/٦۷۰	-۱۰۵٦/۵۹۱	۷٦۸/۱۵۸	۱۵۰/۸٤۷۹٤	٪۹۱/۱۳۸	٪۸/۸۳۵
انتخاب سلول شماره۲	-٤۷۵٦/٦۹۸	-۳۲٤۳/۷۱۹	۳۰۲۵/۹۵۸	٤۹/۱۷۹۰۰	٪٦۸/۸۰۸	٪۳۱/۱٦۵
انتخاب سلول شماره۳	-۱۷۳۸/٤٤۱	-۹۹۲/۷۹۵۷	۱٤۹۱/۲۹۰٦	۲۲/۹۰۷۵۹	٪۸۹/۲۲٦	٪۱۰/۷٤۷
انتخاب سلول شماره٤	-٤۸٦/٦۰٤۲	-۲٦۲/۱۱۲۷	٤٤۸/۹۸۳	۲۹/۰٤٤۰۲	٪۹٦/۸٦۲	٪۳/۱۱۱
انتخاب سلول شماره ۹	-۱٤۱۷/۳۱۷	-۱۱۷٦/۱٦۹	٤۸۲/۲۹٦	۳۱٦/۹٤۰۸۷	٪۹۱/۰۵۷	٪۸/۹۱٦
انتخاب سلول شماره۱۰	-٤۸۹۹/٤۸۵	-۳۹۲٤/٦۳۵	۱۹٤۹/۷	۹۵۳/٤۹۵٤۱	٪٦۱/۲۹۳	٪۳۸/٦۸۰
انتخاب سلول شماره۱۱	-۱۱۱۰/۲٦۳	-۹۰٤/۲۳٦۷	٤۱۲/۰۵۲٦	۲۲۰/۰۳۱۷۳	٪۹۱/۲٤٦	٪۸/۷۲۷
انتخاب سلول شماره۱۲	-۵۵۱/٤۱۲۱	-٤٦۸/۸۰۳٦	۱٦۵/۲۱۷	۱۵۳/۸۳۲۷۱	٪۹۵/۲۷۳	٪٤/۷۰۰
انتخاب سلول شماره۱۳	-۱۰۰۸/۲۷۰	-۸۸۳/۹۰۱۰	۲٤۸/۷۳۸	۱۹۲/۰۲۲٤۷	٪۹۰/۷۸۸	٪۹/۱۸۵
انتخاب سلول شماره۱٤	-٤۸٦/٦۰٤۲	-۳۲٦/۹۲۷۹	۳۱۹/۳۵۲٦	۲۸۲/۷۸۳٦۷	٪۹٦/۰٦۷	٪۳/۹۰٦

www.SID.ir

Archive of SID

۷. مراجع

- سادات حسینی، سیدمحمد. جوادیان، رسول و وزیری، منوچهر (۱۳۸۵)" استفاده از پردازش تصویر برای شناخت رفتار خرد ترافیک"، پژوهشنامه حمل و نقل، چاپ سوم، شماره سوم، پائیز.

- شریعت مهیمنی، افشین. کلانتری، نوید. آرمان، محمدعلی. رافع، امیر. یزدان پناه، حمید و عابدینی، مهدی (۱۳۹۲) "مدلسازی و شبیه سازی تردد عابران پیاده در شهر تهران"، معاونت و سازمان حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران، معاونت مطالعات و برنامه ریزی.

- صفارزاده، محمود. فامیلی، سینا و برزگرملایوسفی، علی (۱۳۹۳) "ساخت و پرداخت مدل های لوجیت دوگانه تغییر مسیر رانندگان در سفرهای دانشگاهی، به تفکیک هدف سفر : مطالعهٔ موردی شهر تهران"، مهندسی حمل و نقل، سال پنجم، شماره چهارم، تابستان.

- سازمان برنامه و بودجه نشریه۱٤٤(تسهیلات پیاده روی) (۱۳۷۵)، دفترتحقیقات ومعیارهای فنی- سازمان برنامه وبودجه.

- Antonini, G. (2005) "A discrete choice modeling framework for pedestrian walking behavior with application to human tracking in video sequences ", P.hD. Thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

-Bierlaire, M., Antonini,G. and Weber, M. (2003) "Behavioral dynamics for pedestrians, The physical and social dimensions of travel ", 10th International Conference on Travel Behavior Research Lucerne, 10-15. August 2003.

-Forsyth, A., Agrawal, A. and Krizek,K. (2012) " Simple, inexpensive approach to sampling for pedestrian and bicycle surveys ",Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2299, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2012, pp. 22–30.

-Helbing, D. and Molnar, P. (1995) "Social force model for pedestrian dynamics", Physical Review E, Vol 51, NHo. 5, pp. 4282-4286.

-Klüpfel, H. (2012) "A cellular automaton model for crowd movement and egress simulation", GRIN Verlag.

-Kretz, T. (2007) "Pedestrian traffic-simulation and experiments", Doctoral dissertation, Universität Duisburg-Essen, Fakultät für physik, Theoretische Physik.

-Lovas, G. (1994) "Modeling and simulation of pedestrian traffic flow", Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 28, No. 6., pp.429-4430.

-Mirbaha, B., Saffarzadeh, M., Seyedabrishami, S. and Pirdovani, A. (2014) "Evaluating the willingness to pay for urban congestion priced zones (Case Study of Tehran) ", International Journal of Transportation Engineering, Vol. 1, No. 3, pp.199-210

-Ruhazwe, E. and Chimba, E. (2013) "Cellular automata in pedestrian simulation and modeling-a literature review", Graduate Research Assistant, Department of Civil and Architectural Engineering, Tennessee State University.

-Schadschneider, A., Klingsch, W., Klüpfel, H., Kretz, T., Rogsch, C. and Seyfried, A. (2011) "Evacuation dynamics empirical results, modeling and applications", In Extreme Environmental Events (pp. 517-550), Springer New York.

-Teknomo, K., Takeyama, Y. and Inamura, H. (2000) "Review on microscopic pedestrian simulation model", Proceedings Japan Society of Civil Engineering Conference, Morioka, Japan.

- Weifeng, F., Lizhong, Y. and Weicheng, F. (2003) "Simulation of bi-direction pedestrian movement using a cellular automata model", Physica, A 321, pp. 633-640.

۸. پی نوشت ها

۱ Pedestrian Environment
۲Fruin
۳Henderson
٤Gas kinetic model
٥ Fluid dynamic model
٦Helbing
۷Microscopic Pedestrian Simulation Model
۸ Cellular based model
۹ Physical force model
۱۰Queuing network model
۱۱Blue and Adler
۱۲Cellular Automata
۱۳Gipps and Marksjo
۱٤Okazaki

۱۵ Gunnar G.lovas
۱٦Antonini
۱۷Tobias Kretz
۱۸Andress Schadscheneider et al.
۱۹Ludwing Hubert Klüfel
۲۰Forsyth
۲۱ calibration
۲۲Moore
۲۳NLOGIT
۲٦platoon

www.SID.ir