


بسمه تعالی

شماره: تاریخ:	اظهاری نامه دانشجویی	 کمیسیون ۱۲-۶ انجمن دانشجوئی فرهنگ اسلامی ایران
------------------	----------------------	--

اینجانب سارا پور دانشجوی کارشناسی ارشد رشته فلسفه اسلامی گرایش فلسفه اسلامی دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گولهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان:

بررسی تطبیقی دیدگاه‌های ارسطو

با اطمینان استاد محترم جناب آقای سرکار ختم دکتر مصطفی توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. علاوه بر گولهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا استیجازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارجوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:
تاریخ: ۹۷/۱۰/۲۱

شماره: ۳۰۵۹۰ تاریخ: ۹۷/۷/۱۶	تأیید هیأت داوران	 دانشگاه صنعتی مازندران
<p>هیأت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان:</p> <p>مدلسازی سه بعدی قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر</p> <p>توسط خاتم سارا گرمی صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد گرایش سیستم اطلاعات جغرافیایی در تاریخ ۹۷/۷/۲۹ مورد تأیید قرار می دهند.</p>		
 امضاء	جناب آقای دکتر محمد طالبی	۱- استاد راهنمای اول
 امضاء		۲- استاد راهنمای دوم
امضاء	جناب آقای	۳- استاد مشاور
 امضاء	جناب آقای دکتر محمد گرمی	۴- ممتحن داخلی
 امضاء	جناب آقای دکتر بهرام بهلویی	۵- ممتحن خارجی
 امضاء	جناب آقای دکتر محمد مهدی عبادی البرزی	۶- نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده

حق چاپ، تکثیر و مالکیت نتایج

- ۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه و استفاده از نتایج آن متعلق به نویسنده می‌باشد و هرگونه کپی برداری از کل یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده مجاز است.
- ۲- کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به نویسنده و دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی نویسنده و دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نمی‌باشد.
- ۳- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع و موافقت نویسنده مجاز نمی‌باشد.



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری (ژئودزی و ژئوماتیک)

پایان نامه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی عمران - نقشه برداری
گرایش سیستم اطلاعات مکانی (GIS)

مدل سازی سه بعدی قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر

استاد راهنما :

دکتر محمد طالعی

نگارش :

سارا کرمی

پاییز ۱۳۹۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تشر و قدردانی

با سپاس فراوان از راهنمائی‌ها و زحمات استاد محترم و فرهیخته، جناب آقای دکتر محمد طالعی که از ابتدای راه و در طی انجام این تحقیق، با راهنمائی‌های خود مرا در نگارش این اثر یاری نمودند. با تقدیر و درود فراوان خدمت پدر و مادر بسیار عزیزم که پیوسته جرعه نوش جام تعلیم و تربیت، فضیلت و انسانیت آنها بوده‌ام و همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من بوده است.

چکیده

علائم و تابلوها ضمن در اختیار گذاشتن اطلاعات و راهنمایی‌های مورد نیاز رانندگان، آنها را از مقررات حاکم بر مسیر و خطرات احتمالی پیش‌رو مطلع می‌کنند. جانمایی اصولی تابلوها در بزرگراه‌ها و معابر شهری با در نظر گرفتن معیارهای دید، تاثیر بسزایی در یافتن به موقع مسیر و جلوگیری از سردرگمی رانندگان و در نتیجه کاهش ترافیک و تصادفات دارد. هدف این تحقیق، ارائه روشی مبتنی بر تحلیل مکانی در فضای سه بعدی، جهت ارزیابی قابلیت دید تابلوها است. ارتفاع و جهت قرارگیری تابلو، فاصله تابلو تا ناظر و زاویه افقی بین ناظر و تابلو و مساحت قابل درک از تابلو از جمله شاخص‌هایی هستند که بر قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر تاثیرگذار است. در روش ارائه شده، حرکت خودروها با قوانین اتوماتای سلولی^۱ شبیه‌سازی شده و موانع سه‌بعدی ثابت شامل پل، درخت و موانع متحرک شامل حرکت سایر خودروهای موجود در مسیر، تحت هندسه‌ی پرسپکتیو^۲ به سطح تابلو، تصویر و مساحت قابل درک از تابلو نمایش داده می‌شود. جهت ارزیابی قابلیت دید تابلو، شاخص‌های مکانی از جمله مساحت محدوده مشترک^۳ حاصل از تصویر موانع با سطح تابلو، فاصله بین مرکز تابلو و مرکز منطقه‌ی مشترک و ترکیب مساحت با فاصله ارائه گردیده است. شاخص ترکیب مساحت با فاصله به عنوان شاخص دید انتخاب و وضعیت دید خودرو (راننده) در هر ثانیه با تغییر وضعیت خودرو، سنجیده می‌شود. در نهایت با در نظر گرفتن حداقل زمان لازم برای درک تابلو، تعداد توالی لازم برای درک تابلو در یک فاصله مشخص محاسبه و قابلیت دید خودرو ارزیابی شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، روش ارائه شده می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب در جانمایی بهینه تابلوهای راهنمای مسیر به کار گرفته شود.

واژگان کلیدی: قابلیت دید، مدلسازی سه بعدی، تحلیل مکانی، اتوماتای سلولی، تابلو راهنمایی رانندگی

¹Perceived Area

²Cellular Automata (CA)

³Perspective

⁴Overlap Area

⁵Visibility

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- طرح مساله و ضرورت تحقیق ۲
- ۱-۲- اهداف و سوالات تحقیق ۴
- ۱-۳- روش انجام تحقیق ۵
- ۱-۴- ساختار پایان نامه ۶

فصل دوم: مبانی نظری تحقیق

- ۱-۲- دید در فضای دوبعدی ۸
- ۱-۱-۲- تحلیل خط دید ۹
- ۲-۱-۲- محاسبه قابلیت دید ۱۰
- ۲-۲- قابلیت دید در فضای سه بعدی ۱۳
- ۳-۲- شاخص‌های مکانی ۲۱
- ۴-۲- شبیه‌سازی ترافیک ۲۳

فصل سوم: مروری بر تحقیقات گذشته

- ۱-۳- جانمایی تابلو در فضای دوبعدی ۳۲
- ۲-۳- جانمایی تابلو در فضای سه بعدی ۳۴

فصل چهارم: مدل پیشنهادی برای ارزیابی قابلیت دید تابلوها

- ۱-۴- مدل‌سازی سه بعدی محیط و شناسایی موانع موجود ۴۲
- ۲-۴- محاسبه قابلیت دید ۴۳
- ۱-۲-۴- مساحت منطقه مشترک ۴۴
- ۲-۲-۴- فاصله مرکز تابلو تا مرکز منطقه مشترک ۴۵
- ۳-۲-۴- ترکیب فاصله اقلیدسی با مساحت ۴۵
- ۳-۴- شبیه‌سازی حرکت خودرو ۴۶

فصل پنجم: پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

- ۱-۵- شبیه‌سازی ترافیک ۵۳
- ۲-۵- محاسبه قابلیت دید تابلو با اجرای سناریوهای مختلف ۵۴

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۶۰

۶-۲- پیشنهادات ۶۲

فهرست مراجع ۶۳

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱: ساختار مدل ترافیکی ۲
- شکل ۲-۱: روش انجام تحقیق ۵
- شکل ۱-۲: تحلیل خط دید ۹
- شکل ۲-۲: نمایش محدوده غیرقابل دید با توسعه تحلیل خط دید ۹
- شکل ۳-۲: محاسبات بولین دید در فضای سلولی ۱۰
- شکل ۴-۲: محاسبات بولین دید در فضای سلولی با در نظر گرفتن ارتفاع ۱۱
- شکل ۵-۲: کاهش مساحت ناحیه قابل دید با قرارگیری مانع ۱۲
- شکل ۶-۲: مساحت قابل دید با اعمال زاویه دید ۱۲
- شکل ۷-۲: ضریب وضوح و مناطق قابل دید ۱۳
- شکل ۸-۲: حجم قابل دید با تعریف شاخص فضای باز مکانی ۱۴
- شکل ۹-۲: شبیه‌سازی دید در سیستم مختصات کروی ۱۴
- شکل ۱۰-۲: تشکیل هرم سه بعدی در موقعیت مشاهده کننده ۱۶
- شکل ۱۱-۲: تصویرسازی ساختمان به دورترین موقعیت ۱۶
- شکل ۱۲-۲: نمایش مناطق پنهان ۱۷
- شکل ۱۳-۲: محاسبه زاویه بصری در مدل سه‌بعدی ساختمان ۱۸
- شکل ۱۴-۲: تعریف صفحه پرسپکتیو در شعاع سنجش سنسور ۲۱
- شکل ۱۵-۲: تعریف صفحه پرسپکتیو در شعاع سنجش ربات حسگر ۲۲
- شکل ۱۶-۲: تناظر یابی پلی‌گون‌ها ۲۳
- شکل ۱۷-۲: شبکه منظم مثلثی، مربعی و شش‌ضلعی ۲۵
- شکل ۱۸-۲: همسایگی در اتوماتای سلولی ۲۵

فهرست اشکال

- شکل ۲-۱۹: قوانین انتقال در شبیه‌سازی ترافیک ۲۶
- شکل ۲-۲۰: مدل Nasch و توسعه آن ۲۸
- شکل ۲-۲۱: سلول‌بندی جاده و ارتباط بین سلول‌ها ۲۹
- شکل ۲-۲۲: قوانین تغییر مسیر حرکت خودرو ۳۰
- شکل ۳-۱: تحلیل وضعیت دید تابلو ۳۳
- شکل ۳-۲: رابطه هندسی بین زاویه دید و ابعاد تابلو ۳۳
- شکل ۳-۳: تحلیل دید باروش Voxel ۳۵
- شکل ۳-۴: ارزیابی قابلیت دید بیلبرد با روش Voxel ۳۶
- شکل ۳-۵: جانمایی دوربین با لحاظ معیار دید ۳۷
- شکل ۳-۶: مدل ارائه شده به منظور محاسبه سطح پوشش دوربین ۳۸
- شکل ۴-۱: فرآیند مدل پیشنهادی ۴۱
- شکل ۴-۲: صفحه پرسپکتیو و تصویر موانع روی آن ۴۳
- شکل ۴-۳: الگوریتم پوش محدب ۴۴
- شکل ۴-۴: محاسبه شاخص مساحت با تصویر مانع روی تابلو ۴۵
- شکل ۴-۵: محیط مدل‌سازی ۴۶
- شکل ۴-۶: ارزیابی شاخص‌های دید در موقعیت‌های انتخابی ۴۶
- شکل ۴-۷: نمایش محدوده غیرقابل دید در موقعیت‌های انتخابی ۴۷
- شکل ۴-۸: موقعیت‌های انتخابی تابلو برای تحلیل شاخص دید ۴۸
- شکل ۴-۹: جابجایی تابلو در صفحه افق ۴۹
- شکل ۵-۱: فرآیند کلی پیاده‌سازی ۵۲

فهرست اشکال

- شکل ۲-۵: ارسال اشعه به منظور بررسی سبقت ۵۳
- شکل ۳-۵: موقعیت‌های انتخابی تابلو به منظور یافتن مکان بهینه ۵۵
- شکل ۴-۵: شبیه‌سازی حرکت ترافیکی خودروها ۵۷
- شکل ۵-۵: جابجایی تابلو در صفحه افق ۵۷

فهرست جداول

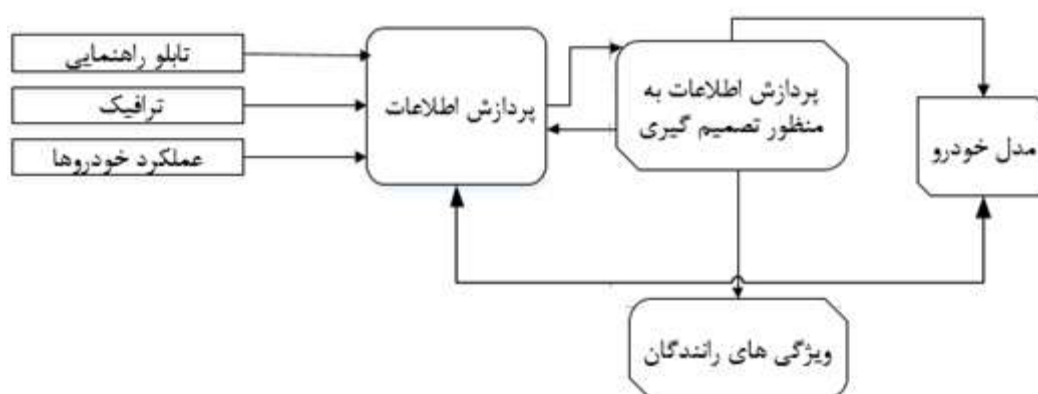
- جدول ۱-۲: استاندارد جهانی شتاب خودرو ۲۸
- جدول ۱-۴: مقادیر عددی شاخص دید ۴۸
- جدول ۲-۴: مقادیر عددی شاخص دید در موقعیت‌های تابلو ۴۹
- جدول ۳-۴: مقادیر عددی شاخص دید با جابجایی تابلو در صفحه افق ۴۹
- جدول ۱-۵: زمان طی شده از لحظه مشاهده تابلو تا پایان عکس العمل ۵۴
- جدول ۲-۵: ارزیابی قابلیت دید با جابجایی پل ۵۴
- جدول ۳-۵: ارزیابی قابلیت دید با جابجایی تابلو ۵۶
- جدول ۴-۵: ارزیابی قابلیت دید با تغییر در تعداد خودرو ۵۶
- جدول ۵-۵: ارزیابی قابلیت دید با جابجایی تابلو در صفحه افق ۵۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- طرح مساله و ضرورت تحقیق

نصب علائم، تابلوها و تجهیزات ایمنی یکی از راه‌های افزایش ایمنی رانندگان و سایر استفاده‌کنندگان از جاده‌ها می‌باشد. علائم راهنمایی، خودروها و جاده به عنوان یک سیستم یکپارچه عمل می‌کنند. در این سیستم اطلاعات ورودی که بر تصمیم‌گیری راننده تاثیرگذار است عبارت‌اند از: تابلوهای موجود در مسیر، جاده و عملکرد سایر خودروها. با ورود این اطلاعات به حیطه پردازش اطلاعات، راننده برای تعیین جهت حرکت و کنترل وسیله نقلیه با توجه به عملکرد سایر خودروها تصمیم‌گیری می‌کند. شکل (۱-۱) مدل ساختار سیستم ترافیکی و ارتباط آن با خودرو را نمایش می‌دهد (Yan Bin et al, 2013).



شکل ۱-۱- ساختار مدل ترافیکی (Yan Bin et al, 2013)

ایمنی یک راه برای عبور خودروها با حداقل تاخیر و ناراحتی برای رانندگان، به نظم و ترتیب ترافیکی بستگی دارد. این نظم و ترتیب در صورتی حاکم می‌شود که علائم به درستی رانندگان را راهنمایی کنند. رانندگان اطلاعات مورد نیاز برای تعیین جهت حرکت خود را از طریق مشاهده تابلوهای واقع در مسیر جاده‌ها و بزرگراه‌ها، درک می‌کنند (ناصر پورمعلم، ۱۳۹۰). علائم و تابلوها ضمن دادن اطلاعات و راهنمایی‌های مورد نیاز به رانندگان، آنها را از مقررات حاکم بر مسیر و خطرات احتمالی پیش‌رو مطلع می‌کنند. بنابراین دقت در طراحی صحیح علائم و تابلوها و همچنین نصب اصولی و تعیین فاصله مناسب علائم از عوارض موجود در مسیر امری مهم در روند مطالعات جانمایی علائم برای انواع مسیرها می‌باشد.

نصب علائم واضح و موثر از جمله ضرورت‌های مهندسی راه و ترافیک به منظور بهره‌وری مناسب از راه‌های موجود کشور محسوب می‌شود. انجمن بین‌المللی علائم راهنمایی، برای تحلیل تابلوها معیارهای شکل و ظاهر، قابلیت دید^۱ و خوانایی^۲ را تعریف کرده است. پارامتر شکل و ظاهر مربوط به رنگ، جنس، بازتابندگی

^۱Conspicuity

^۲Visibility

^۳Readability

نور و ابعاد و اندازه تابلو می‌باشد. خوانایی تابلو به قالب نوشتار کلمات، اندازه، رنگ و جهت آن بستگی دارد. قابلیت دید به ویژگی‌های مکان، جهت و زاویه چرخش تابلو وابسته است. تابلو باید در مکانی واقع شود که برای رانندگان قابل تشخیص بوده و توسط موانع موجود در مسیر پوشانده نشود.

طراحی تابلوها در شاخه‌های مختلف مهندسی ترافیک و طراحی شهری مورد ارزیابی قرار گرفته است که در این حوزه پارامترهایی مانند فاصله مناسب برای خوانایی تابلو با توجه به سرعت طرح، ارتفاع مناسب برای نصب تابلوها، جهت استقرار تابلو به گونه‌ای که انعکاس نور به حداقل برسد و همچنین چگونگی نصب علائم مطرح شده است.

در حوزه‌ی طراحی، مساله قابلیت دید تابلوها به ندرت مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. برخی از تابلوها به علت قرارگیری در مکان نامناسب و وجود موانع در مسیر، قابل تشخیص نیستند و در نتیجه اطلاعات مورد نیاز به صورت صحیح و به موقع در اختیار رانندگان قرار نمی‌گیرد و وضعیت رانندگی آنها به خطر می‌افتد. یکی از چالش‌های موجود در این حوزه، شیوه‌ی سنتی و تجربی جانمایی براساس نظرات کارشناسان این حوزه بدون استفاده از ابزار علمی و عملی جهت ارزیابی معیارهای دید در هنگام جانمایی تابلوها است (Motamedi et al, 2017). این شیوه از جانمایی همواره با بروز خطای انسانی به دلیل عوارض مختلف موجود در مسیر، همراه است.

در این راستا و در جهت جانمایی اصولی تابلوها، نیاز به ابزار هوشمند تحلیلی و ریاضی وجود دارد که با شبیه‌سازی دید رانندگان و همچنین مدل‌سازی تمامی عوارض مکانی موجود در مسیر، موقعیت بهینه تابلو شناسایی شود. به منظور شبیه‌سازی هرچه نزدیکتر به واقعیت، ضروری است که ماهیت سه‌بعدی عوارض مکانی در نظر گرفته شده و همچنین شبیه‌سازی در محیطی پویا با در نظر گرفتن تمامی معیارهایی که در دید انسان تاثیرگذار است، انجام شود.

۱-۲-اهداف و سوالات تحقیق

هدف اصلی این تحقیق شبیه‌سازی دید رانندگان با مدل‌سازی سه‌بعدی موانع موجود در مسیر و ارزیابی قابلیت دید تابلوهای راهنمایی در محیطی پویا، است. به طور کلی اهداف جزئی مورد نظر در تحقیق حاضر را در موارد زیر می‌توان برشمرد:

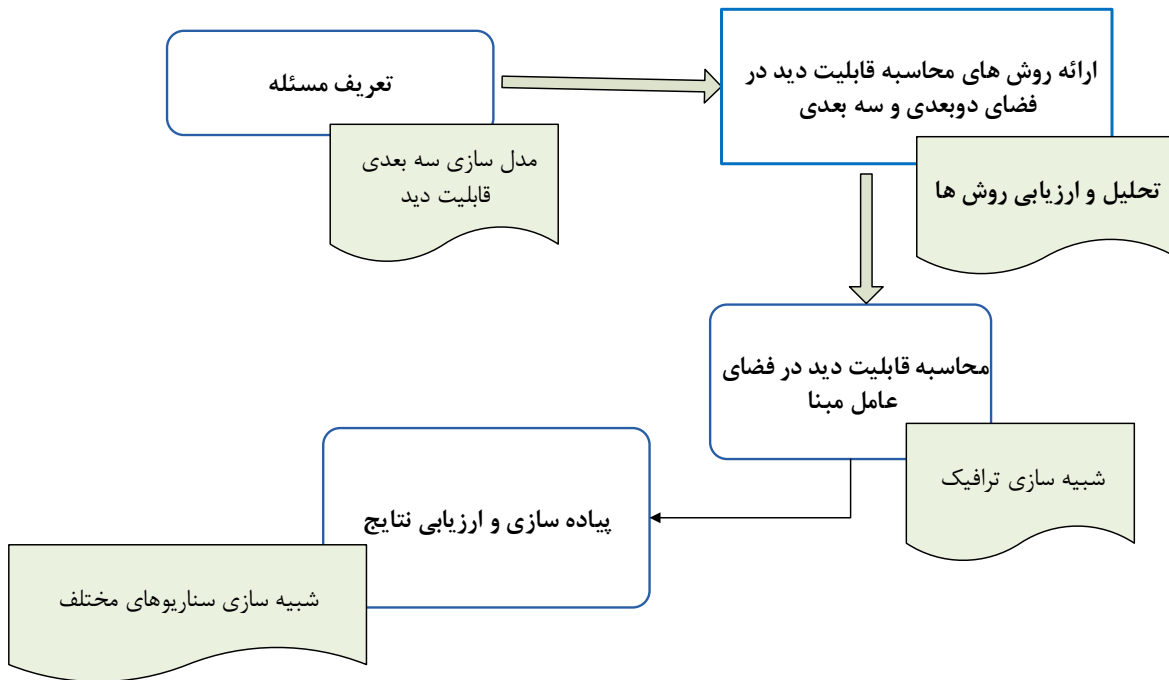
- شناسایی معیارهای موثر در قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر
- شناسایی و شبیه‌سازی موانع موجود در مسیر و ارزیابی قابلیت دید با در نظر گرفتن موانع
- شبیه‌سازی حرکت خودروها در سیستم ترافیکی و تحلیل قابلیت دید در یک فضای پویا با در نظر گرفتن موانع متحرک (سایر خودروها).
- جانمایی تابلو در بهترین وضعیت با تغییر در پارامترهای مکان و ابعاد تابلو

در راستای دستیابی به اهداف فوق سوالات زیر باید پاسخ داده شوند:

- معیارهای موثر در ارزیابی وضعیت دید تابلوها کدام است؟
- ابزار مناسب برای سنجش معیارها در طراحی یک مدل پویا جهت ارزیابی وضعیت دید تابلوها توسط رانندگان کدام است؟
- سیستم اطلاعات مکانی^۱ سه بعدی چگونه می‌تواند در سنجش معیارهای ارزیابی تابلوها به کار گرفته شود؟
- چگونه با کمک مدل ارزیابی طراحی شده، می‌توان به جانمایی بهینه تابلوها پرداخت؟

۱-۳- روش انجام تحقیق

به طور کلی روش به کار گرفته شده در این تحقیق را میتوان در مراحل اصلی زیر خلاصه نمود (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲- روش انجام تحقیق

۱-۴- ساختار پایان نامه

پایان نامه حاضر در شش فصل به شرح زیر تدوین شده است:

فصل اول با عنوان مقدمه شامل طرح مساله و ضرورت انجام تحقیق، در زمینه مدل سازی سه بعدی قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر، اهداف و سوالات و روش انجام تحقیق می باشد. در فصل دوم تحت عنوان مبانی نظری تحقیق، به بیان مفاهیم قابلیت دید در فضای دوبعدی و سه بعدی، روش های ارائه شده در این حوزه و در نهایت مروری بر روش های به کار گرفته شده در شبیه سازی ترافیک خواهد شد. در فصل سوم، پیشینه تحقیق، مروری بر مطالعات صورت گرفته در زمینه جانمایی تابلوها در فضای دو بعدی و فضای سه بعدی و همچنین محدودیت ها و نوآوری های تحقیقات این حوزه، ارائه می گردد. در فصل چهارم، مدل پیشنهادی به منظور ارزیابی قابلیت دید تابلو ارائه شده است. فصل پنجم به پیاده سازی و اجرای سناریوهای مختلف به منظور شناسایی مکان بهینه اختصاص دارد. و در نهایت فصل ششم، تحت عنوان نتیجه گیری و پیشنهادات، حاوی نتیجه گیری های حاصل از تحقیق انجام شده و ارائه پیشنهادات برای تحقیقات آتی می باشد.

فصل دوم

مبانی نظری تحقیق

در این فصل ابتدا مفاهیم دید در فضای دوبعدی بیان می‌شود. سپس با بررسی محدودیت‌های روش‌های ارائه شده در فضای دوبعدی، مفاهیم دید در فضای سه‌بعدی و همچنین راهکارهای مناسب برای افزایش قابلیت روش ارائه شده به منظور جانمایی بهینه تابلوها ارائه می‌گردد. در انتها مفاهیم شبیه‌سازی ترافیکی ارائه می‌گردد.

۲-۱- دید در فضای دوبعدی

ادراک بصری از زمان‌های دور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این مفهوم به منظور پاسخ‌گویی به سوالات، بهترین مکان برای جانمایی دوربین‌های کنترلی در بانک، شناسایی بهترین موقعیت برای نگهبان موزه، چگونگی طراحی یک شبکه بی‌سیم به منظور افزایش سطح قابل پوشش با کمترین هزینه، شناسایی بهترین مکان برای جانمایی تابلوهای تبلیغاتی، مطرح شد (SULEIMAN Wassim et al, 2012).

به طور کلی روش‌های ارزیابی قابلیت دید، در فضای برداری و رستری بررسی می‌شوند. اساسی‌ترین روش تحلیل دید در فضای دوبعدی برداری، روش Isovisit است. Benedikt در سال ۱۹۷۹ اولین کسی بود که به شکل سیستماتیک مفهوم Isovisit را مطرح کرد. این مفهوم به فضایی که از هر نقطه درون فضا قابل مشاهده است و در سایه یک منبع نور قرار نمی‌گیرد، اشاره دارد (Benedikt, 1979, Tandy, 1967). این روش در تجزیه و تحلیل شهری و شناخت فضاهای پیچیده کاربرد وسیعی دارد (Fisher-Gewirtzman, 2006, O'Sullivan & Penn, 2001).

روش میدان دید^۱ به منظور تحلیل دید در فضای رستری با کاربردهای نظامی (Van Horn & Mosurinjoh, 2010; Cohen-Or & Shaked, 1995)، جغرافیا^۲ (Shaw, 1993)، چشم‌انداز معماری (Felleman, 1997)، باستان‌شناسی (Lake Woodman, & Mithen, 1998) و برنامه‌ریزی شهری به کار گرفته می‌شود. خروجی این تحلیل، لایه‌ای رستری با مقادیر پیکسل صفر و یک است که مقدار صفر محدوده غیرقابل دید و مقدار یک، محدوده قابل دید را نمایش می‌دهد. اساس این روش بر پایه مدل رقومی زمین^۳ می‌باشد و دقت به کار رفته در این مدل، در نتایج حاصل از تحلیل تاثیرگذار است. در همین راستا، Fisher در سال ۱۹۹۴ از مفهوم Fuzzy Viewshade به منظور مدل‌سازی خطای مدل رقومی زمین، در یک فضای احتمالی استفاده کرد (Fisher, 1994, Wu, Li & Huang et al, 2008).

از روش‌های برداری تحلیل دید، الگوریتم خط دید است که در ادامه به تشریح آن پرداخته می‌شود.

^۱Visual Perception

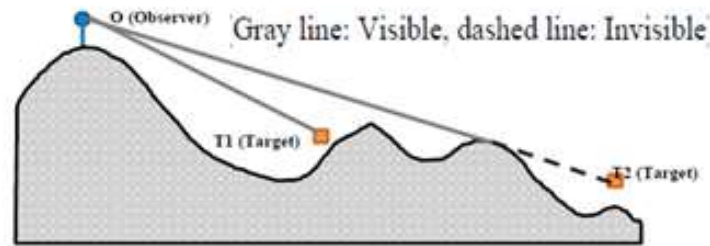
^۲Viewshade

^۳Geography

^۴Digital Elevation Model

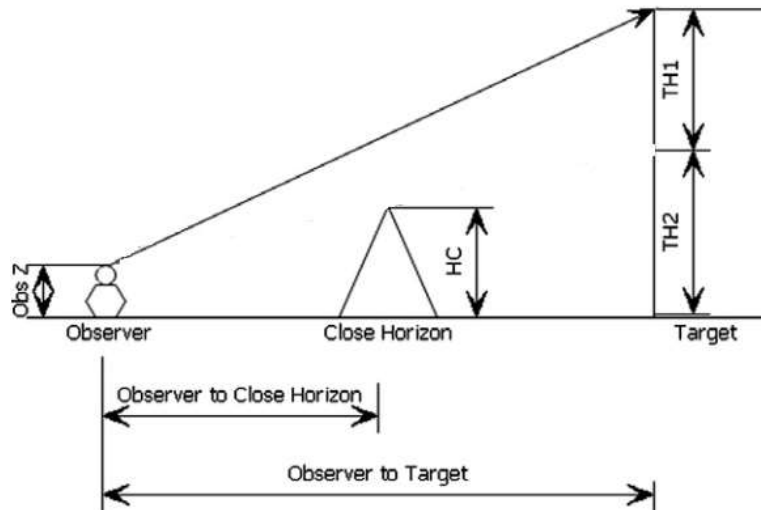
۲-۱-۱- تحلیل خط دید

روش رایج تحلیل دید، تحلیل خط دید^۱ است. در این روش، برای هر نقطه از موقعیت بیننده با توجه به ارتفاع بیننده، تقاطع با سایر عوارض موجود بررسی می‌شود. در صورتی که خط واصل بین مشاهده‌کننده و هدف با عارضه‌ای برخورد داشته باشد، هدف غیرقابل دید خواهد بود (Yaagoubi et al, 2015). شکل (۲-۱).



شکل ۲-۱- تحلیل خط دید (Yaagoubi et al, 2015)

Bartie و همکارانش الگوریتم خط دید را توسعه داده و مفهوم جدیدی از آن ارائه کردند. این مفهوم به تعریف مناطق قابل دید و غیر قابل دید می‌پردازد. همان‌طور که در شکل (۲-۲) مشخص است، با توجه به فاصله و ارتفاع مانع نسبت به هدف، TH2 ناحیه پنهان از دید بیننده و TH1 قابل دید برای بیننده خواهد بود.



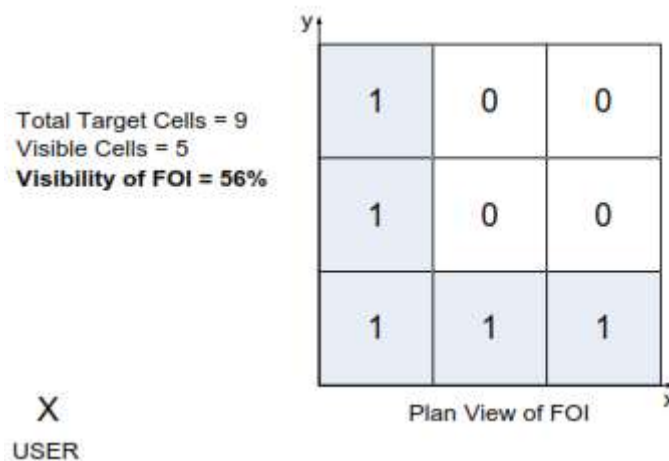
شکل ۲-۲- نمایش محدوده غیرقابل دید با توسعه تحلیل خط دید (Bartie et al, 2010)

این الگوریتم توسعه یافته الگوریتم رایج خط دید می‌باشد که در آن در صورت قرارگیری مانع در راستای خط دید ناظر، هدف غیرقابل دید تلقی می‌شود (Bartie et al, 2010).

^۱Line Of Sight

۲-۱-۲- محاسبه قابلیت دید

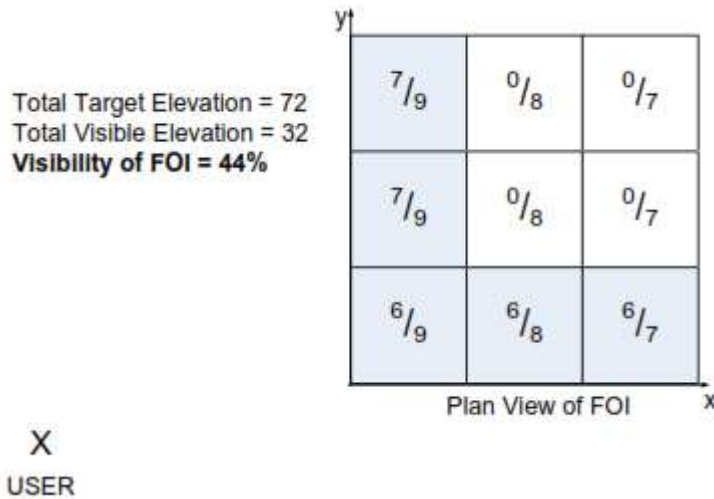
با تعریف عوارض به شکل مجموعه‌ای از سلول‌های به هم پیوسته، الگوریتم خط دید به محاسبه سلول‌های قابل دید و غیرقابل دید در یک فضای بولین می‌پردازد. در این الگوریتم، هر سلول در صورت دیده شدن از موقعیت مشاهده کننده، ارزش یک و در غیر این صورت ارزش صفر را خواهد گرفت (Bartie et al, 2010). تعداد سلول‌های قابل مشاهده به تعداد کل سلول‌ها، قابلیت دید در یک منطقه را مشخص می‌سازد شکل (۲-۳).



شکل ۲-۳- محاسبات بولین دید در فضای سلولی (Bartie et al, 2010)

هر چند در این روش، توپوگرافی در نظر گرفته می‌شود، ولی میزان دید در راستای قائم برای هر سلول محاسبه نمی‌شود. بدین منظور، الگوریتم توسعه یافته خط دید مطرح شد. همان طور که در شکل (۲-۴) مشخص است، ارتفاع هر سلول با استفاده از مدل سطح زمین^۱ به سلول اختصاص یافته و قابلیت دید محاسبه می‌شود.

^۱Digital Surface Model



شکل ۲-۴- محاسبات بولین دید در فضای سلولی با در نظر گرفتن ارتفاع (Bartie et al, 2010)

در هر منطقه، به منظور محاسبه قابلیت دید، مجموع ارتفاعات دیده شده به مجموع کل ارتفاعات تقسیم می‌شود (Bartie et al, 2010).

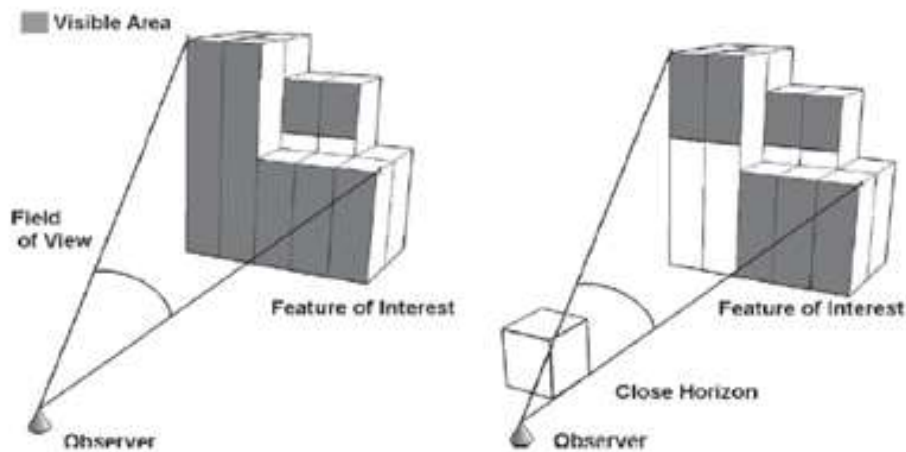
به منظور محاسبه‌ی میزان دیده شدن هدف شاخص‌های زاویه دید^۱، ضریب وضوح^۲، فاصله مشاهده کننده تا هدف و مساحت قابل دید به کار گرفته می‌شود.

- زاویه دید

عبارت است از زاویه افقی بین مشاهده کننده تا هدف که به ابعاد هدف و فاصله ناظر تا هدف وابسته است. با افزایش ابعاد، این زاویه بزرگتر شده و با قرارگیری یک جسم در راستای خط دید ناظر، زاویه دید ناظر تغییر خواهد کرد. همان طور که در شکل (۲-۵) مشخص است، با قرارگیری مانع مساحت قابل دید برای ناظر کاهش می‌یابد (Bartie et al, 2010).

^۱Field of View

^۲Clearness index

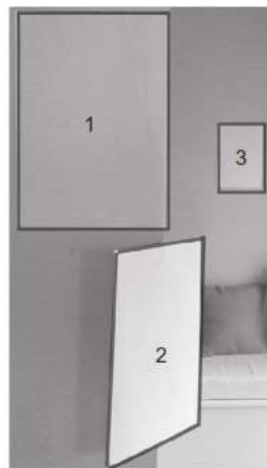


شکل ۲-۵- کاهش مساحت ناحیه قابل دید با قرارگیری مانع

(Bartie et al, 2010)

– مساحت قابل دید

مجموع مساحت قابل مشاهده با در نظرگرفتن فاصله و زاویه دید، با مساحت قابل مشاهده بدون در نظرگرفتن زاویه دید متفاوت است. همان طور که در شکل (۲-۶) مشاهده می‌شود، مساحت قابل مشاهده در سه کاغذ A4 با توجه به موقعیت و زاویه دید مشاهده‌کننده تغییر می‌کند (Bartie et al, 2010).



شکل ۲-۶- مساحت قابل دید با اعمال زاویه دید

(Bartie et al, 2010)

– فاصله بین ناظر تا هدف

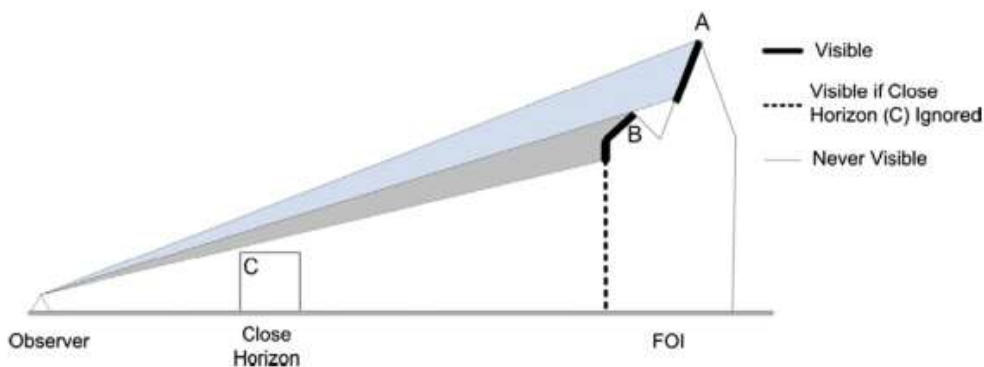
معیار فاصله به تصویر نمودن اشیا در اندازه واقعی خود کمک می‌کند (Boring, 1964). به عنوان نمونه زمانی که دو شی با ابعاد یکسان را مشاهده می‌کنیم، شی دورتر زاویه دید کوچکتری در دید ناظر دارد و کوچکتر به نظر می‌رسد. با نزدیک شدن به اشیا، عوارض در ابعاد واقعی خود قابل مشاهده هستند. بدین

منظور با تقسیم مساحت قابل دید به فاصله ناظر تا هدف مطابق رابطه (۱-۲)، امکان شبیه‌سازی دید نزدیک به واقعیت وجود خواهد داشت (Bartie et al, 2010).

$$\text{Perceived area} = \frac{\text{Perceived area}}{\text{Distance}^2} \quad \text{رابطه (۱-۲)}$$

- ضریب وضوح

این شاخص بر اساس زاویه دید محاسبه می‌شود. در واقع نسبت مساحت قابل مشاهده به مساحت کل عارضه می‌باشد که مشخص کننده محدوده دید ناظر است. با استفاده از موقعیت نقاطی که با هدف مورد نظر در زاویه مشخص قرار می‌گیرند، می‌توان مساحت‌هایی که همیشه قابل مشاهده هستند و همچنین مناطقی که در اثر وجود موانع غیرقابل مشاهده هستند را مشخص نمود (Bartie et al, 2010). شکل (۲-۷).



شکل ۲-۷- ضریب وضوح و مناطق قابل دید

(Bartie et al, 2010)

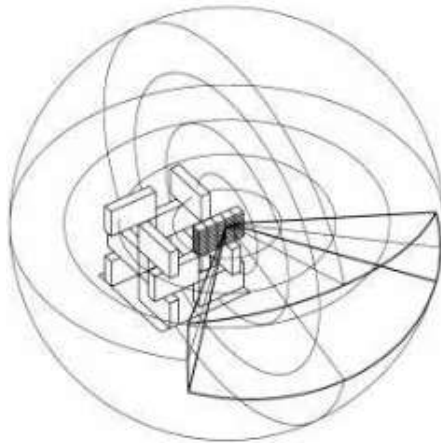
۲-۲- قابلیت دید در فضای سه‌بعدی

قابلیت دید در فضای سه‌بعدی به ویژگی‌های سه‌بعدی عوارض که موانع دید هستند، اشاره دارد. در اغلب تحلیل‌ها، عوارض حجم داده شده^۱ و نمایی از مدل سه‌بعدی ایجاد می‌شود. براساس این رویکرد، تجزیه و تحلیل سه‌بعدی غالباً براساس تجزیه و تحلیل در فضای دو بعدی صورت می‌گیرد. به عنوان نمونه مفهوم Isovisit با به کارگیری شاخص فضای باز مکانی^۲، در فضای سه‌بعدی مطرح شد. این مفهوم به حجمی از فضا که قابل دید برای بیننده است، اشاره دارد. در این مفهوم، با تعریف مخروط در موقعیت بیننده، امکان

^۱ Extrude

^۲ Spatial Openness Index(SOI)

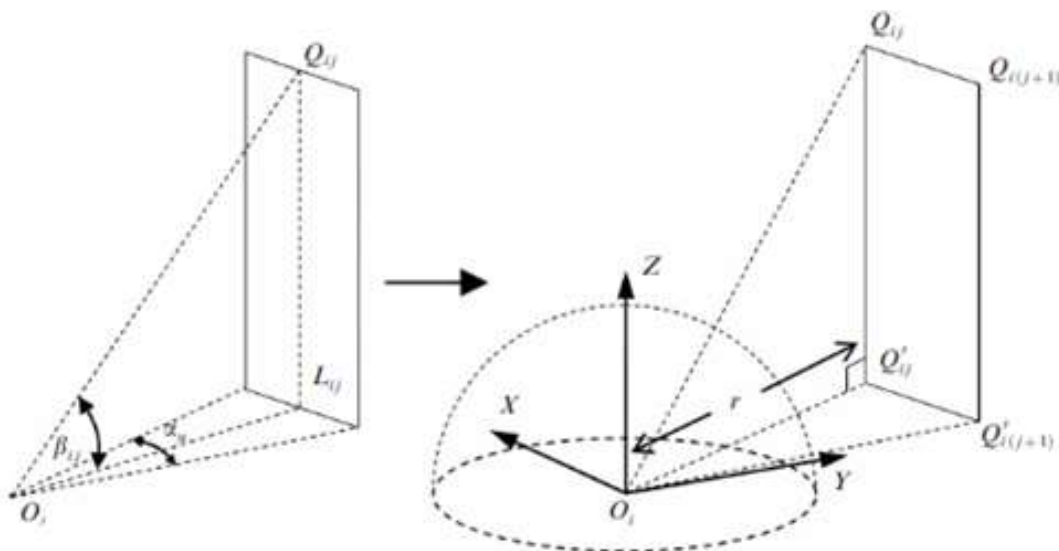
شبیه‌سازی دید وجود دارد. به گونه ای که اگر دید با موانع پوشیده شده باشد، حجم فضای قابل دید کاهش می‌یابد (FisherGewirtzman & Wagner 2003, 2006). شکل (۸-۲)



شکل ۸-۲ - حجم قابل دید با تعریف شاخص فضای باز مکانی

(FisherGewirtzman & Wagner 2003, 2006)

تحلیل سه‌بعدی دید، ارتباط نزدیکی با قدرت فهم انسان دارد. به منظور شبیه‌سازی دید انسان، محاسبات دید باید در فضای کروی به جای فضای اقلیدسی انجام شود. Perry Pei-Ju Yang و همکارانش تحلیل دید در سیستم مختصات کروی^۱ را ارائه کردند. این مفهوم نیز به حجمی از فضا که قابل دید برای بیننده است اشاره دارد شکل (۹-۲).



شکل ۹-۲ - شبیه‌سازی دید در سیستم مختصات کروی

(Perry Pei-Ju Yang et al, 2007)

در این روش با تعریف موقعیت ناظر (O)، موقعیت هدف (Q)، شعاع سنجش (r) و محاسبه زوایای افقی و قائم (β, α)، حجمی از فضا که قابل دید برای ناظر است، طبق رابطه (۲-۲) محاسبه می‌شود.

$$V_{ij} = \text{volume}(s_{ij}) = \frac{2}{3} \times \frac{\alpha_n}{2\pi} \pi r_{ij}^2 z_j = \frac{1}{3} \alpha_n r_{ij}^3 \tan \beta_{ij} \quad \text{رابطه (۲-۲)}$$

در این رابطه، α_n زاویه افقی در راستای خط دید و β_{ij} زاویه قائم در راستای ارتفاع جسم است. با محاسبه حجم قابل دید، امکان محاسبه مساحت قابل درک با رابطه (۳-۲) وجود دارد.

$$A_{ij} = \frac{\alpha_n}{2\pi} \pi r_{ij}^2 \quad \text{رابطه (۳-۲)}$$

OrenGal و همکارش در سال ۲۰۱۲ روشی برای تحلیل دید در فضای سه‌بعدی ارائه کردند. در این تحقیق از مفهوم هرم دید^۱ استفاده شده است. در این مفهوم مجموعه نقاط قابل دید^۲ با توجه به رابطه (۴-۲) تعریف می‌شود.

$$VBP_{I=1}^{J=1 \dots N_{bound}}(X_0, Y_0, Z_0) = \left[\begin{array}{c} X_1, Y_1, Z_1 \\ \dots \\ X_{nbound}, Y_{nbound}, Z_{nbound} \end{array} \right] \quad \text{رابطه (۴-۲)}$$

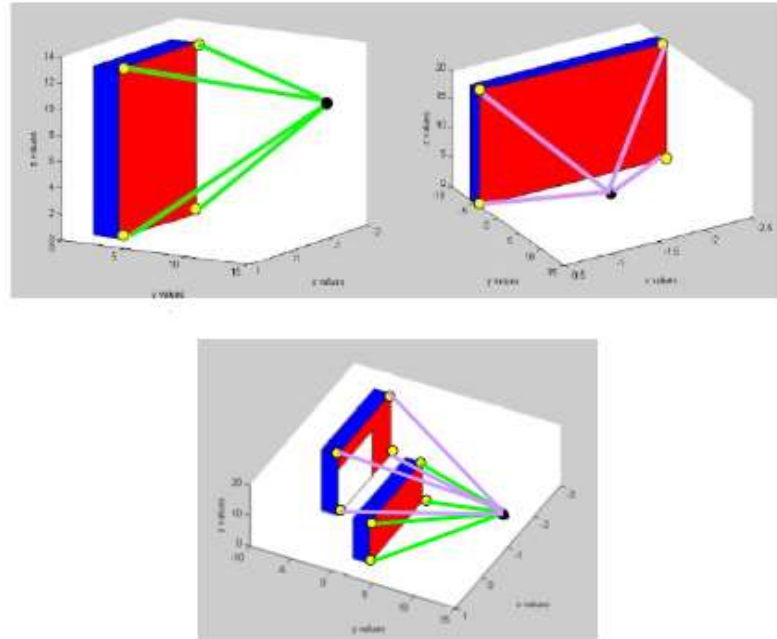
در این رابطه X_1, Y_1, Z_1 ، نقاط قابل دید از موقعیت مشاهده کننده (X_0, Y_0, Z_0) می‌باشد که مجموعه نقاط قابل دید، سطح قابل دید را می‌سازد که این نقاط از رابطه (۵-۲) استخراج می‌شود.

$$V_{z0} \geq Z = h_{max C_i} \quad \text{رابطه (۵-۲)}$$

در رابطه بالا، V_{z0} ارتفاع مشاهده کننده است که در صورتی که کمتر و یا بیشتر از ماکزیمم ارتفاع عوارض موجود باشد، هدف غیرقابل دید خواهد بود در غیراین صورت، نقاط هدف به عنوان مجموعه نقاط قابل دید به مجموعه اضافه می‌شود. از اتصال مجموعه نقاط قابل دید به موقعیت مشاهده کننده، هرم سه‌بعدی تشکیل می‌شود (OrenGal and Yerach Doytsher, 2012) شکل (۱۰-۲).

^۱Visible Pyramid

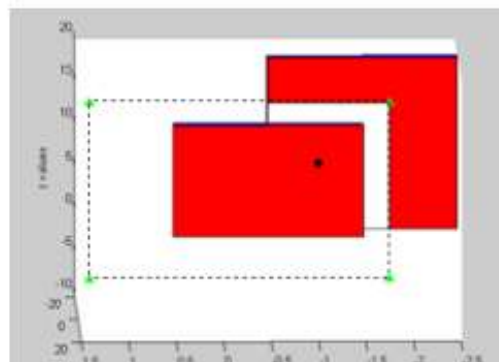
^۲Visible Boundry Point



شکل ۲-۱۰- تشکیل هرم سه بعدی در موقعیت مشاهده کننده

(OrenGal and Yerach Doytsher, 2012)

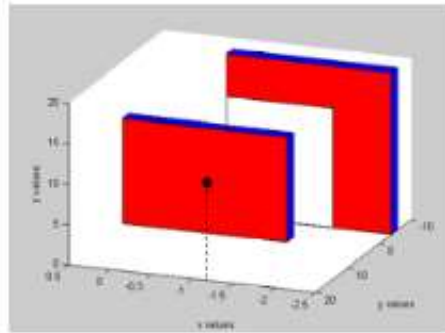
در این روش به منظور نمایش مناطق پنهان که در پشت سایر عوارض قرار می گیرند، عوارض موجود به دورترین عارضه که در اینجا ساختمان در نظر گرفته شده؛ تصویر می شوند شکل (۲-۱۱).



شکل ۲-۱۱- تصویرسازی ساختمان به دورترین موقعیت

(OrenGal and Yerach Doytsher, 2012)

در شکل (۲-۱۲) محدوده سفید رنگ، منطقه غیرقابل دید که در پشت ساختمان واقع شده است، را نمایش می دهد.



شکل ۲-۱۲- نمایش مناطق پنهان

(OrenGal and Yerach Doytsher, 2012)

در روش ارائه شده، محاسبات دید در فضای برداری با مدت زمان پردازش کمتر نسبت به روش مرسوم تحلیل خط دید، صورت می‌گیرد. همچنین در این روش امکان نمایش مناطق پنهان وجود دارد. به منظور تحلیل دید در فضای سه‌بعدی، شاخص‌های فاصله بصری^۱ و زاویه بصری^۲ ارائه شد. اهمیت این شاخص‌ها به علت تعریف فضای هندسی می‌باشد. شاخص فاصله با محاسبه فاصله مشاهده کننده تا هدف، مقیاس عرضی فضا را نمایش می‌دهد به گونه‌ای که با کاهش فاصله، مشاهده کننده فضای پیرامون خود را بیشتر احساس می‌کند. همچنین با افزایش فاصله، زاویه تشکیل شده بین ناظر تا هدف کوچکتر می‌شود (T.P. Lin et al, 2013).

- فاصله بصری

دو چشم انسان قادر است صحنه‌ای سه بعدی از پیرامون خود ایجاد نماید و این به علت تفاوت درک بین دو تصویری است که به چشم انسان تصویر می‌شود و فاصله یکی از معیارهای تاثیرگذار در این امر است. فاصله بین ناظر تا هدف در فضای سه بعدی، با رابطه (۲-۶) محاسبه می‌شود.

$$d = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2} \quad \text{رابطه (۲-۶)}$$

در این رابطه، d فاصله مشاهده کننده تا هدف، x, y, z موقعیت هدف و x_0, y_0, z_0 موقعیت مشاهده کننده است. فاصله بصری به شکل قابل توجهی بر قدرت درک انسان تاثیرگذار است. Bittermann و همکارش در سال ۲۰۰۶، ارتباط بین فاصله با قدرت درک انسان را با تابع Sigmoid بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش فاصله از هدف، قدرت درک انسان کاهش می‌یابد (T. P. Lin et al, 2013).

- زاویه بصری

زاویه تشکیل شده بین ناظر و هدف، معیار مهم دیگری در قدرت درک انسان است. این معیار به دو دسته زاویه افقی و زاویه قائم تقسیم بندی می‌شود. زاویه افقی از صفر تا ۳۶۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت و زاویه قائم از ۹۰- تا ۹۰ درجه مطابق رابطه (۲-۷) محاسبه می‌شود.

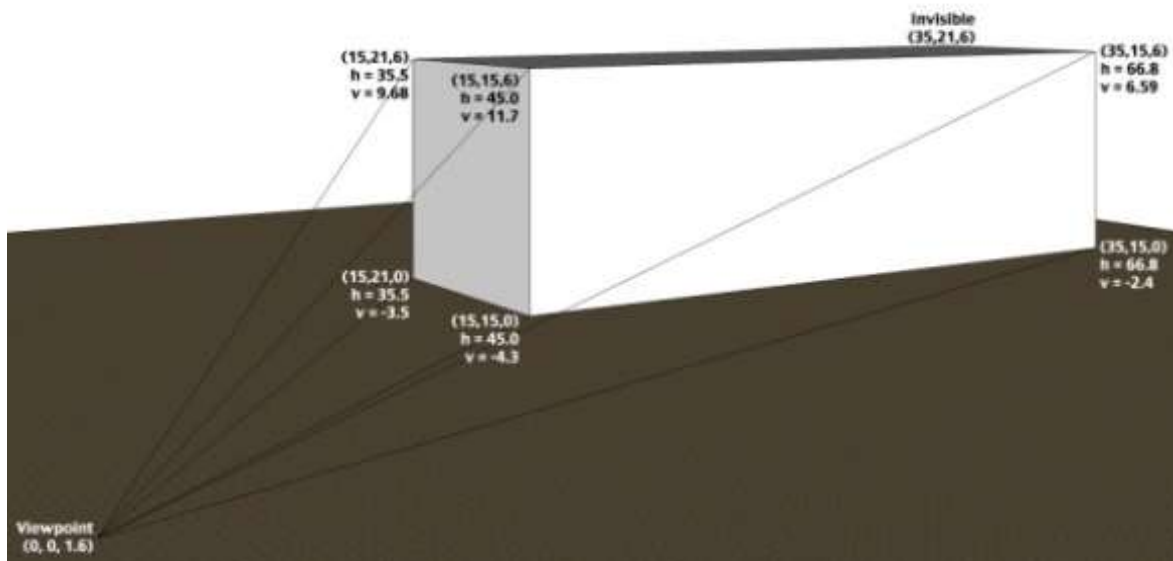
^۱Visual distance^۲Visual angle

$$V_h = \arccos\left(\frac{y - y_0}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}\right) (y > y_0, y = y_0)$$

$$V_h = \arccos\left(\frac{y - y_0}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}\right) + \pi (y < y_0)$$

$$V_v = \arctan\left(\frac{z - z_0}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2}\right) \quad \text{رابطه (۷-۲)}$$

در رابطه بالا، V_h زاویه افقی، V_v زاویه قائم، y, z, x موقعیت هدف و z_0, y_0, x_0 موقعیت مشاهده کننده می باشد. در شکل (۲-۱۳) که مدل سه بعدی ساختمان نمایش داده شده است، ناظر در موقعیت مشخص قرار گرفته و زوایای قائم و افقی برای هر گوشه از ساختمان از موقعیت ناظر محاسبه و موقعیت های غیرقابل دید تشخیص داده می شود (T. P. Lin et al, 2013).



شکل ۲-۱۳- محاسبه زاویه بصری در مدل سه بعدی ساختمان
(T. P. Lin et al, 2013)

- تصویرسازی

تصویرسازی سه بعدی روشی برای تصویر نمودن عوارض سه بعدی سطح زمین به صفحه دوبعدی است. این روش به شکل گسترده در مهندسی و گرافیک کامپیوتری مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع تصویرسازی به سه دسته تقسیم بندی می شود: ۱- تصویرسازی قائم ۲- تصویرسازی پرسپکتیو ضعیف ۳- تصویرسازی پرسپکتیو

➤ تصویرسازی قائم^۲

¹3D Projection

²Orthographic

زمانی که چشم انسان صحنه‌ای را مشاهده می‌نماید، عوارض در فاصله دورتر کوچکتر از عوارض در فاصله نزدیکتر به نظر می‌آید. در این روش تصویرسازی، این اثر نادیده گرفته می‌شود و عوارض در مقیاس واقعی خود تصویر می‌شوند. در این روش صفحه موازی با یکی از محورهای اصلی (x, y, z) تعریف شده و مختصات دوبعدی نقاط طبق رابطه (۸-۲)، محاسبه می‌شود. محور y در راستای قائم و محور z در راستای عمود بر محور x, y در جهت محور دیدگانی تعریف می‌شود. (Ingrid Carlbom, Joseph Paciorek, 1978)

$$b_x = s_x a_x + c_x$$

$$b_y = s_z a_z + c_z \quad \text{رابطه (۸-۲)}$$

بردار s یک مقیاس دلخواه و c یک افست دلخواه است. این ثابت‌ها با توجه به نوع محیط، انتخاب می‌شوند. در این تصویرسازی، تمامی طول‌ها به اندازه واقعی خود تصویر می‌شوند. رابطه (۹-۲)

$$\begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_x \\ c_z \end{bmatrix} \quad \text{رابطه (۹-۲)}$$

➤ تصویرسازی پرسپکتیو ضعیف^۱

این تصویرسازی همانند تصویرسازی قائم است با این تفاوت که نیاز به فاکتور مقیاس وجود دارد تا اطمینان حاصل شود که اشیا نزدیکتر، بزرگتر از اشیا دورتر تصویر می‌شوند. در این تصویرسازی فرض می‌شود که عمق عوارض در طول خط دید در مقایسه با فاصله از دوربین کوچک بوده و در نتیجه زاویه دید کوچک خواهد بود. با این فرض، تمامی نقاط عارضه سه‌بعدی در یک فاصله میانگین (Z_{avg}) از دوربین یا ناظر قرار گرفته‌اند. (Alter, T. D., 1992). رابطه (۱۰-۲)

$$p_x = \frac{X}{Z_{avg}}$$

$$p_y = \frac{Y}{Z_{avg}} \quad \text{رابطه (۱۰-۲)}$$

➤ تصویرسازی پرسپکتیو

زمانی که چشم انسان صحنه‌ای را مشاهده می‌نماید، عوارض در فاصله دورتر کوچکتر از عوارض در فاصله نزدیکتر به نظر می‌آید که با در نظر گرفتن فاصله، امکان شبیه‌سازی نزدیک به واقعیت برقرار

^۱Weak Perspective

می‌شود. در این مدل‌سازی، موقعیت مشاهده کننده (دوربین)، جهت و زاویه دید آن در نظر گرفته می‌شود.

$$\begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \\ c_x \\ c_y \\ c_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & \sin \theta_x \\ 0 & -\sin \theta_x & \cos \theta_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & -\sin \theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta_z & \sin \theta_z & 0 \\ -\sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \\ c_z \end{pmatrix} \quad \text{رابطه (۱۱-۲)}$$

در رابطه (۱۱-۲)، $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ زاویه چرخش دوربین، a_x, a_y, a_z موقعیت عارضه سه‌بعدی و c_x, c_y, c_z موقعیت دوربین است. به منظور ساده‌سازی معادلات، رابطه (۱۲-۲) ارائه شده که در این رابطه، $\cos \theta$ با اختصار c و $\sin \theta$ با اختصار s بیان شده است.

$$\begin{aligned} d_x &= c_y(s_z Y + c_z X) - s_y Z \\ d_y &= s_x(c_y Z + s_y(s_z Y + c_z X)) + c_x(c_z Y - s_z X) \\ d_z &= c_x(c_y Z + s_y(s_z Y + c_z X)) - s_x(c_z Y - s_z X) \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۲-۲)}$$

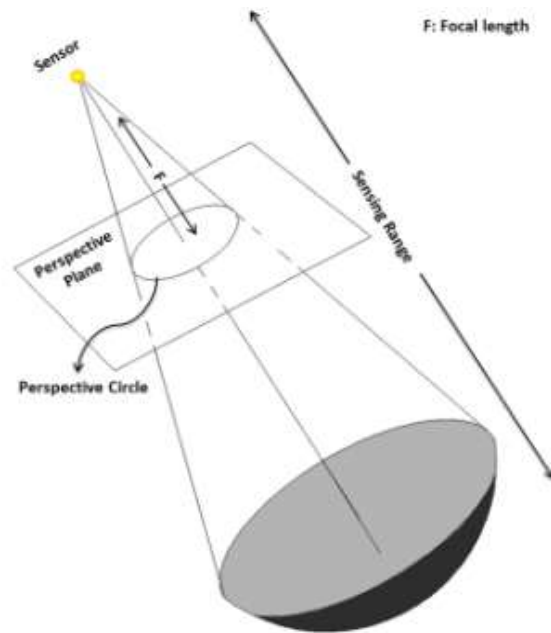
مختصات دوبعدی عارضه سه‌بعدی، از رابطه (۱۳-۲) محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned} b_x &= \frac{e_z}{d_z} d_x + c_x \\ b_y &= \frac{e_z}{d_z} d_y + c_y \end{aligned} \quad \text{رابطه (۱۳-۲)}$$

در رابطه (۱۳-۲)، e_z فاصله مشاهده کننده از صفحه است که با توجه به رابطه (۱۴-۲)، با زاویه دید ارتباط مستقیم دارد.

$$\alpha = 2 \operatorname{atan}\left(\frac{1}{e_z}\right) \quad \text{رابطه (۱۴-۲)}$$

طلوعی و همکاران به منظور محاسبه‌ی پوشش سنسور در فضای سه‌بعدی از هندسه‌ی پرسپکتیو استفاده کردند. در روش پیشنهادی توسط آنها، صفحه‌ی پرسپکتیو عمود بر امتداد دیدگانی سنسور جهت‌دار قرار گرفته به گونه‌ای که فاصله‌ی این صفحه تا سنسور برابر با برد سنجش سنسور می‌باشد. عوارض برداری موجود در مسیر تحت هندسه‌ی پرسپکتیو به صفحه تصویر می‌شوند شکل (۱۴-۲).

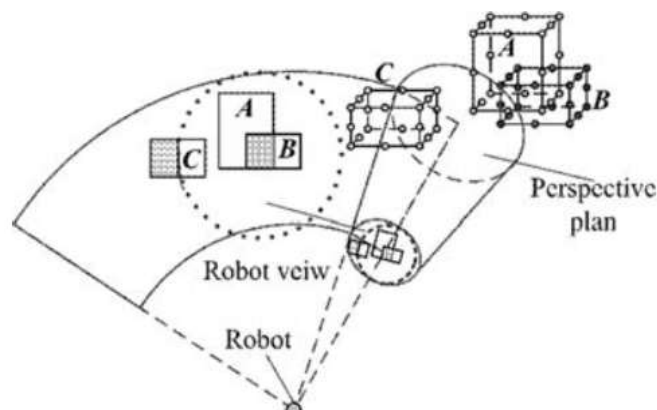


شکل ۲-۱۴- تعریف صفحه پرسپکتیو در شعاع سنجش سنسور

(طلوعی و همکاران، ۱۳۹۳).

بر این مبنا، جهت محاسبه مساحت ناحیه تحت پوشش سنسور، ابتدا فهرستی از تمام وجوه منطقه مورد بررسی، در نظر گرفته می‌شود. مجموع مساحت‌های تمام این وجوه، بیانگر مساحت کل منطقه است. در صورتی که تمام وجوه غیرقابل دید حذف شوند، آنچه باقی می‌ماند، ناحیه قابل دید حسگر است (طلوعی و همکاران، ۱۳۹۳).

حیدری و همکارش به منظور محاسبه‌ی مساحت حاصل از پوشش ربات‌ها، از هندسه‌ی پرسپکتیو استفاده کردند. همان‌گونه که در شکل (۲-۱۵) مشخص است، صفحه پرسپکتیو در فاصله سنجش ربات تعریف شده و عوارض سه‌بعدی بر روی آن تصویر می‌شود. در این تحقیق از الگوریتم ترتیب دهی عمقی، به منظور حذف چندضلعی‌های پنهان در پشت عوارض دیگر استفاده شده است (حیدری، ۱۳۹۵).



شکل ۲-۱۵- تعریف صفحه پرسپکتیو در شعاع سنجش ربات حسگر (حیدری، ۱۳۹۵)

۲-۳- شاخص‌های مکانی

Lingli Huang و همکاران برای تلفیق پلیگون‌ها در نقشه کاداستر، از مفهوم تطبیق ویژگی استفاده کردند. در تحقیق آنها، برای شناسایی و تلفیق چندضلعی‌های مشابه، شاخص‌های فاصله بین مراکز چندضلعی، مساحت و جهت قرارگیری آن‌ها ارائه شده است.

شاخص فاصله یکی از مهمترین شاخص‌هایی است که به منظور تلفیق چندضلعی‌ها به کار می‌رود. در این شاخص فاصله اقلیدسی بین مراکز پلیگون از رابطه (۲-۱۵) محاسبه می‌شود.

$$Dist(a, b) = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \quad \text{رابطه (۲-۱۵)}$$

در رابطه بالا، مقدار عددی شاخص با نظر کاربر مقایسه شده و میزان شباهت ارزیابی می‌شود. با افزایش فاصله بین مراکز، امکان تلفیق پلیگون‌ها کاهش می‌یابد (Lingli Huang et al, 2010).

به منظور بررسی شباهت بین دو یا چند پلیگون، شاخص مساحت ارائه شده است. این شاخص از تقسیم مساحت منطقه مشترک بین چند ضلعی‌ها به مساحت چند ضلعی مرجع از رابطه (۲-۱۶) محاسبه می‌شود (Lingli Huang et al, 2010).

$$Overlap(a, b) = \frac{OverlapArea(a,b)}{Area(a)} \quad \text{رابطه (۲-۱۶)}$$

مقدار عددی محاسبه شده با نظر کاربر مقایسه می‌شود و هرچه به نظر کاربر نزدیک‌تر باشد، دو چندضلعی شباهت بیشتری دارند.

Kiyun Yu و Jiyoung Kim به منظور بررسی شباهت هندسی دو نقشه، شاخص‌های شباهت موقعیت مکانی، نرخ شباهت و همپوشانی را ارائه کردند (Kim and Yu, 2015).

شاخص شباهت مکانی از تقسیم مساحت منطقه مشترک بین پلیگون‌ها به بیشترین فاصله بین مراکز محاسبه می‌شود. رابطه (۲-۱۷).

$$PS(a, b) = 1 - \frac{OverlapArea(a,b)}{Max(Dist(a,b))} \quad \text{رابطه (۲-۱۷)}$$

نرخ شباهت دو پلیگون با رابطه (۲-۱۸) سنجیده می‌شود.

$$SRS(a, b) = 1 - \frac{SR(a,b)}{Max(SR(a,b))} \quad \text{رابطه (۲-۱۸)}$$

¹Position Similarity

²Shape Ration Similarity

³Overlap Similarity

در این رابطه مقدار $SR(a,b)$ از رابطه (۱۹-۲) بدست می آید.

$$SR(a, b) = \left\| \frac{Perimeter(a)}{2\sqrt{\pi Area(a)}} - \frac{Perimeter(b)}{2\sqrt{\pi Area(b)}} \right\| \quad \text{رابطه (۱۹-۲)}$$

شاخص همپوشانی به منظور سنجش شباهت پلیگون‌ها از رابطه (۲۰-۲) محاسبه می‌شود.

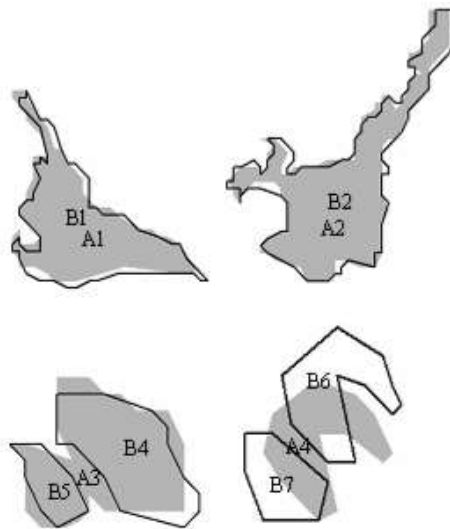
$$SRS(a, b) = 1 - \frac{Overlap(a,b)}{Max(Overlap(a,b))} \quad \text{رابطه (۲۰-۲)}$$

در این رابطه مقدار عددی $Overlap(a,b)$ از رابطه (۲۱-۲) محاسبه می‌شود.

$$SR(a, b) = \left\| \frac{Area(a \cup b) - Area(a \cap b)}{Area(a \cup b)} \right\| \quad \text{رابطه (۲۱-۲)}$$

مقدار عددی شاخص‌های ارائه شده در روابط بالا هرچه به یک نزدیکتر باشد، دو چند ضلعی شباهت بیشتری دارند.

شکل (۱۶-۲) نمونه‌ای از به کارگیری روابط فوق در تناظریابی اشکال را نمایش می‌دهد. با به کارگیری روش فوق، پلی‌گون‌های $A_1 B_1$ و همچنین $A_2 B_2$ با دقت حدود ۹۰٪ به هم، شباهت دارند. دقت مراکز در پلی‌گون‌های $B_4 B_5$ در حدود ۶۰٪ می‌باشد (Yanling hao and Yuxin Zhao, 2008).



شکل ۲-۱۶- تناظریابی پلی‌گون‌ها

(Yanling hao and Yuxin Zhao, 2008)

۲-۴- شبیه‌سازی ترافیک

در جوامع مدرن تقاضا برای قابلیت تحرک هرروز در حال افزایش است و ظرفیت شبکه‌های جاده‌ای به خصوص در مناطق پرجمعیت، اشباع شده و یا حتی به بیش از حد خود رسیده است (L. Neubert et al,)

2001). شبیه‌سازی ترافیک نقش مهمی در برنامه ریزی حمل‌ونقل دارد و نشان‌دهنده‌ی تقاضای سفر، سرعت و حجم سفر است. شبیه‌سازی با اتوماتای سلولی برای توسعه و اجرای بسیار سریع، بسیار آسان است. از آن جا که ماشین‌های سلولی طرحی ایده آل برای شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای در مقیاس بزرگ هستند، به نحو احسن برای توصیف جریان ترافیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند (عمرانیپور و همکاران، ۱۳۹۱). مدل‌های ترافیکی به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند:

- مدل‌های میکروسکوپی (Car following models, Cellular automata models)
- مدل‌های مزوسکوپی (Gas Kinetic models)
- مدل‌های ماکروسکوپی (LWR models)

در مدل‌سازی میکروسکوپی^۱، وضعیت فیزیکی خودرو و فاکتورهایی که رفتار رانندگی انسان را کنترل می‌کند، در نظر گرفته می‌شود. حرکت خودرو تحت تاثیر رفتار سایر رانندگان، توپولوژی جاده و وضعیت ترافیکی جاده است. هر خودرو با مجموعه‌ای از پارامترها که شامل موقعیت، سرعت، سرعت طرح و جهت حرکت آن است، توصیف می‌شود (S.Rajeswaran and S.Rajasekaran, 2013).

مدل‌های مزوسکوپی حد وسط بین مدل‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی می‌باشند که غالباً برای شبیه‌سازی‌های سطح جزئیات بالا به کار می‌روند (Daganzo, C. A, 1997).

در مدل‌سازی ماکروسکوپی، ترافیک با مجموعه‌ای از پارامترها مانند حجم ترافیک و میانگین سرعت توصیف می‌شود. با تعریف این متغیرها و کاهش حجم محاسبات، امکان شبیه‌سازی در زمان واقعی وجود دارد. هرچند در این مدل‌سازی امکان تخمین مدت زمان حرکت، مصرف سوخت و کنترل پارامترها در مدت زمان کوتاه وجود ندارد (Klar, A. and R. Wegener, 2000).

در بسیاری از علوم، مدل‌های ریاضی مختلفی (مدل Car Following، اتوماتای سلولی) به منظور شبیه‌سازی جریان ترافیکی ارائه شده است. اتوماتای سلولی^۲ با محاسبات گسسته در بعد زمان و مکان، در مجموعه مدل‌های میکروسکوپی قرار می‌گیرد (S.Rajeswaran et al, 2013).

مدل خودکاره‌های سلولی، سیستم‌های پویایی هستند که به وسیله یک شبکه بزرگ از سلول‌هایی با حالت‌های محدود و مشخص تعریف می‌شوند. وضعیت سلول‌ها در بازه‌های زمانی گسسته بر طبق قوانین جبری و احتمالی بروز می‌شوند. این قوانین مشخص می‌کنند که چگونه ممکن است وضعیت هر کدام از سلول‌ها، برطبق حالات سلول‌های همسایه آن و وضعیت خود سلول تغییر کند (Moreno, 2008).

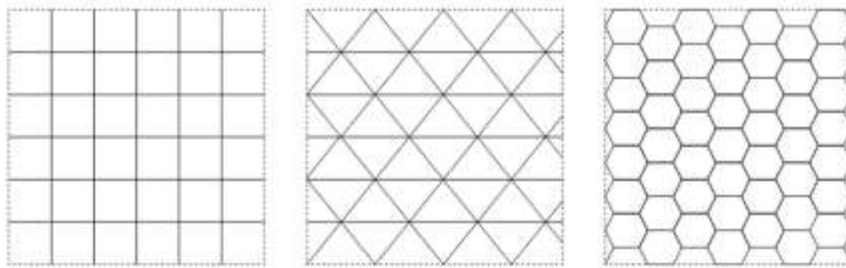
به طور کلی اتوماتای سلولی متشکل از پنج جز اصلی تحت عناوین فضا، وضعیت سلول، همسایگی، قوانین انتقال و زمان می‌باشند، که در ادامه تشریح می‌گردند.

^۱Microscopic

^۲Automata Cellular(CA)

- فضا

در تعریف خودکاره‌های سلولی، فضا تحت عنوان شبکه‌ای منظم و نامحدود از سلول‌ها با مقادیر و وضعیت‌های گسسته تعریف می‌شود. فضای سلولی می‌تواند یک، دوبعدی و سه‌بعدی باشد. هر سلول با توجه به بعد شبکه می‌تواند اشکال مختلفی داشته باشد. به عنوان مثال در یک فضای سلولی دوبعدی، سلول‌ها می‌توانند به شکل مربعی، مثلثی، شش ضلعی و یا به صورت برداری تعریف شوند (شکل ۲-۱۷).



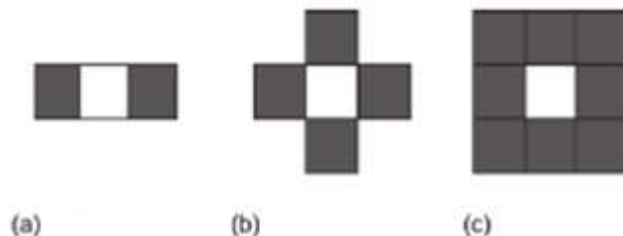
شکل ۲-۱۷- شبکه منظم مثلثی، مربعی و شش ضلعی (Maerivoet and moor, 2005)

- وضعیت سلول

هر سلول می‌تواند یک وضعیت از مجموعه وضعیت‌هایی که براساس خروجی سیستم تعریف می‌شود را به خود اختصاص دهد. وضعیت هر سلول براساس وضعیت خودش و ترکیب سایر سلول‌ها در همسایگی آن سلول تعریف می‌شود (Moreno, 2008).

- همسایگی

همسایگی بخش کلیدی این مدل می‌باشد، به این دلیل که مشخص می‌سازد کدام شی در تغییر رفتار شی مرکزی تاثیرگذار است. در حالت یک بعدی، هر سلول با سلول مجاور خود با فاصله r همسایه است که در این حالت شعاع همسایگی $2r+1$ خواهد بود. در حالت دوبعدی، دو نوع مختلف همسایگی وجود دارد. همسایگی von Neumann با پنج سلول، شامل سلول مرکزی، سلول بالایی و پایینی و سلول راستی و چپ‌ی. همسایگی با نه سلول همسایه شامل سلول مرکزی و هشت سلول همسایه می‌باشد (Moreno, 2008) شکل (۲-۱۸)



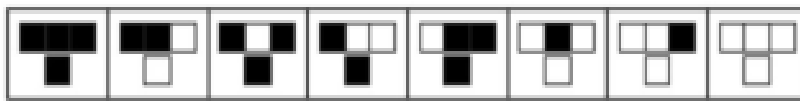
شکل ۲-۱۸- انواع همسایگی: (a) همسایگی شعاعی، (b) همسایگی von Neumann

(c) همسایگی Moore (Maerivoet and moor, 2005)

- قوانین انتقال

قوانین انتقال (اغلب به عنوان تابع انتقال شناخته می‌شوند) باعث تغییر حالت در هر سلول می‌شوند. این قوانین معمولاً به صورت جدولی از قوانین تعریف می‌شوند که حالت بعدی سلول را برای هر ترکیب همسایگی ممکن بیان می‌کند. قوانین انتقال بخش مهم و به عبارتی قلب هر مدل خودکاره سلولی را تشکیل می‌دهد (KEN-ICHI MAEDA et al, 2007). در شکل (۲-۱۹) نمونه ای از قوانین اعمال شده به منظور تغییر وضعیت بعدی برای خودرو نمایش داده شده است (S.Rajeswaran et al, 2013)

current pattern	111	110	101	100	011	010	001	000
new state for center cell	1	0	1	1	1	0	0	0



شکل ۲-۱۹- قوانین انتقال در شبیه‌سازی ترافیک

(S.Rajeswaran et al, 2013)

- زمان

زمان کمترین گام زمانی لازم برای تغییر وضعیت یک سلول است، که در سیستم‌های خودکاره سلولی به صورت گسسته تعیین می‌شود و با توجه به نوع سیستمی که شبیه‌سازی می‌شود، می‌تواند بازه‌های متفاوتی به خود بگیرد.

در دهه اخیر، خودکاره‌های سلولی به عنوان ابزاری قدرتمند و پویا در پیش‌بینی تغییرات پدیده‌ها، مورد توجه قرار گرفته‌اند. این مدل با تبدیلات ساده، پدیده‌ها و تغییرات پیچیده مکانی را شبیه‌سازی می‌کند. سادگی در محاسبات و نمایش صریح فضا و زمان از دیگر قابلیت‌های این مدل به شمار می‌آید.

یکی از اولین مطالعات در حوزه شبیه‌سازی ترافیک با اتوماتای سلولی، توسط Nagel and Schreckenberg در سال ۱۹۹۲ مطرح شد. در این مدل هر خودرو با سرعت مشخص، توسط یک سلول اشغال شده و در هر تکرار، در جهت مستقیم حرکت می‌کند (Nagel, K., Schreckenberg, M, 1992). قوانین ارائه شده در این مدل به شرح زیر است:

افزایش سرعت؛ اگر سرعت خودرو از سرعت ماکزیمم کمتر باشد، سرعت به میزان ابعاد سلول تقسیم بر گام زمانی افزایش می‌یابد. رابطه (۲۲-۲)

$$v_i \rightarrow \min(v_i + 1, v_{max}) \quad \text{رابطه (۲۲-۲)}$$

کاهش سرعت؛ اگر فاصله خودرو نسبت به خودروی جلویی بیشتر از سرعت خودرو باشد، به نحوی که خودرو با خودروی جلویی برخورد کند، سرعت خودرو به میزان ابعاد سلول تقسیم بر گام زمانی کاهش می‌یابد. رابطه (۲۳-۲)

$$v_i = \max(v_i - 1, 0) \quad \text{رابطه (۲۳-۲)}$$

حرکت: سرعت خودرو در هر گام زمانی تغییر کرده و خودرو با سرعت v ، حرکت می‌کند. در واقع موقعیت سلول در زمان $t+1$ ، از رابطه (۲۴-۲) محاسبه می‌شود (Ozank et al, 2009).

$$\begin{aligned} x_i^{t+1} &= (1 - x_i^t) + x_i^t(1 - x_i^{t+1}) \\ x_i^{t+1} &= x_i^t + v_i \end{aligned} \quad \text{رابطه (۲۴-۲)}$$

در این مدل، امکان شبیه‌سازی تغییر جهت وجود ندارد به همین منظور Sigurður F. Hafstein و همکارانش روش ارائه شده را توسعه داده و قوانینی برای شبیه‌سازی حرکت و تغییر مسیر حرکت ارائه کردند. تغییر مسیر حرکت به منظور جابجایی خودروهای سبک با سرعت بیشتر نسبت به خودروهای سنگین امری ضروری است. خودروها در جهت مستقیم، راست و چپ حرکت کرده و با توجه به سرعت و فاصله از خودروی جلویی، تغییر مسیر می‌دهند. تغییر مسیر برای خودروهای سبک در دو جهت چپ و راست وجود داشته ولی امکان تغییر مسیر برای خودروهای سنگین وجود ندارد.

-تغییر مسیر به جهت چپ

اگر تعداد سلول‌های خالی بین خودرو $(d_{n,m})_{n,m}$ در مسیر راست، کمتر از سرعت خودرو n باشد و خودرو r در عقب خودروی n قرار گرفته و خودروی s مقابل خودرو n در مسیر چپی باشد و تعداد سلول‌های خالی بین خودرو $(d_{r,n})_{n,r}$ بیشتر از سرعت خودرو r در مسیر چپ باشد، تغییر مسیر رخ خواهد داد (S.Rajeswaran et al, 2013). رابطه (۲۵-۲)

$$\text{if } d_{n,m}(t) < v_n(t) \text{ and } d_{n,s}(t) \geq v_n(t) \text{ and } d_{r,n}(t) \geq v_r(t) \text{ then } I_n = \text{left} \quad \text{رابطه (۲۵-۲)}$$

-تغییر مسیر به جهت راست

اگر تعداد سلول‌های خالی بین خودرو $(d_{n,m})_{n,m}$ در مسیر چپ، کمتر از سرعت خودرو n باشد و خودرو r در عقب خودروی n قرار گرفته و خودروی s مقابل خودرو n در مسیر راستی باشد و تعداد سلول‌های

¹ Acceleration step

² Deceleration step

³ Lane Changing

خالی بین خودرو n, r ($d_{r,n}$) بیشتر از سرعت خودرو r در مسیر سمت راست باشد، تغییر مسیر رخ خواهد داد (S.Rajeswaran et al, 2013). (رابطه ۲-۲۶)

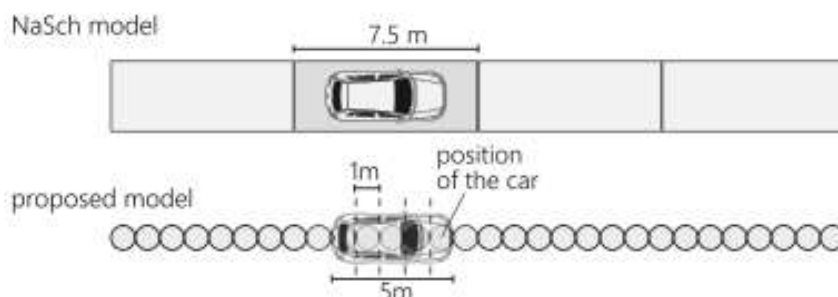
رابطه (۲-۲۶) **if $d_{n,m}(t) < v_n(t)$ and $d_{n,s}(t) \geq v_n(t)$ and $d_{r,n}(t) \geq v_r(t)$ then $I_n = \text{right}$**

Magda Chmielewska و همکارانش در سال ۲۰۱۶، مدلی برای شبیه‌سازی ترافیک مبتنی بر اتوماتای سلولی ارائه کردند. در مدل ارائه شده توسط Nash ابعاد هر سلول متناسب با ابعاد خودرو انتخاب می‌شود که مقدار بزرگی بوده و در نتیجه سرعت نیز به میزان بزرگی تغییر خواهد کرد. در جدول (۱-۲) نرخ افزایش و کاهش سرعت مطابق با استانداردهای جهانی نمایش داده شده است.

جدول ۱-۲- استاندارد جهانی شتاب خودرو (Bonsall P et al, 2005)

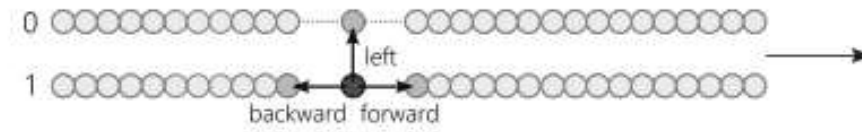
منبع	سرعت (m/s)
ITE(1982)	ماکزیمم افزایش سرعت: ۱,۵-۳,۶
	ماکزیمم کاهش سرعت: ۱,۵-۲,۴
	کاهش سرعت نرمال: ۰,۹-۱,۵
GIPPS(1981)	افزایش سرعت نرمال: ۰,۹-۱,۵
	ماکزیمم سرعت توقف: ۳
First bus (private communication)	ماکزیمم افزایش سرعت (خودرو سنگین): ۱,۲- ۱,۶
Intelligent Driver Model (IDM)	افزایش سرعت: ۱
	کاهش سرعت: ۱,۵

در این مدل که توسعه یافته مدل Nash است، ابعاد سلول یک متری و در نتیجه خودرو سبک با طول تقریباً چهار و نیم متری، پنج سلول را اشغال خواهد کرد. شکل (۲-۲۰)



شکل ۲-۲- مدل Nasch و توسعه آن (Magda Chmielewska et al, 2016)

در مدل ارائه شده، جاده متشکل از بخش‌هایی است که توسط سلول نمایش داده می‌شود. هر سلول با سلول‌های اطراف خود در ارتباط است. در این مدل، شبکه جاده شبیه به گرافی است که سلول‌ها بیانگر گره آن و ارتباط بین سلول‌ها، یال‌های این گراف می‌باشد (Magda Chmielewska et al, 2016).



شکل ۲-۲۱- سلول‌بندی جاده و ارتباط بین سلول‌ها

(Magda Chmielewska et al, 2016)

قوانین ارائه شده در این مدل به شرح زیر است:

$$v_{t+1} = \begin{cases} \max(v_t - dec, 0) & \text{if behavior} < 0 \\ v_t & \text{if behavior} = 0 \\ \min(v_t + acc, v_{max}) & \text{if behavior} > 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲۷-۲)}$$

در این رابطه، افزایش شتاب وسیله نقلیه به نوع خودرو و کاهش شتاب به وضعیت ترافیکی جاده بستگی دارد. در این مدل، به روز رسانی قوانین با توجه به جدول (۲-۱)، هر ۰,۵ ثانیه خواهد بود. تغییر موقعیت خودرو، از رابطه (۲۸-۲) محاسبه می‌شود.

$$x_{t+1} = x_t + v_{floor} \quad \text{رابطه (۲۸-۲)}$$

در این رابطه، در هر گام زمانی با تغییر سرعت حرکت خودرو، تغییر وضعیت صورت می‌گیرد (Magda Chmielewska et al, 2016)

تغییر مسیر حرکت

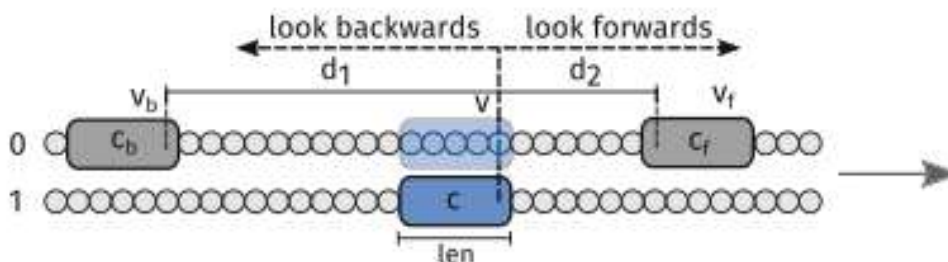
به طور کلی دو انگیزه برای تغییر مسیر حرکت وجود دارد:

- سودآوری: زمانی که خودرو با افزایش سرعت خود می‌تواند از خودروها با سرعت کمتر سبقت گیرد.
- ضرورت: به منظور رسیدن به یک نقطه از شبکه.

رابطه (۲۹-۲)، قوانین ارائه شده جهت تغییر وضعیت خودرو را نمایش می‌دهد.

$$\begin{cases} b(v_b) + d_1 - len > b(v) \\ b(v) + d_2 > b(v_f) \end{cases} \quad \text{رابطه (۲۹-۲)}$$

در این رابطه، $b(v_b)$ ، $b(v)$ ، $b(v_f)$ فواصل اضطراری ترمز، d_1 فاصله خودرو C و خودرو c_b و d_2 فاصله بین خودرو C و خودرو c_f است (Magda Chmielewska et al, 2016) شکل (۲۲-۲).



شکل ۲-۲۲ - تغییر مسیر حرکت خودرو (Magda Chmielewska et al, 2016)

(BML) Biham-Middleton-Levine در سال ۱۹۹۲ مدل دوبعدی برای شبیه‌سازی ترافیک ارائه کرد. در این مدل خودروها در یک جهت در خیابان حرکت کرده و تقاطع خیابان با شبکه نمایش داده می‌شود. وضعیت ترافیکی در جهت افقی و عمودی در گام‌های زمانی زوج و فرد تغییر کرده و خودروها اجازه چرخش در مسیر نخواهند داشت. قوانین حاکم در این مدل، از مدل Nash پیروی می‌کند.

Rolf Hoffmann مدل اتوماتای سلولی سراسری^۱ را ارائه نمود. در مدل ارائه شده، وضعیت تغییر هر سلول وابسته به وضعیت تمامی سلول‌ها خواهد بود که در مدل اصلی اتوماتای سلولی این امکان وجود ندارد (Hoffmann, R, 2011).

^۱ Global Cellular Automata(GCA)

فصل سوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

مطالعات صورت گرفته در زمینه جانمایی تابلوها، به دو بخش جانمایی در فضای دوبعدی و فضای سه بعدی تقسیم بندی می شود که در ادامه تحقیقات صورت گرفته در این زمینه گردآوری شده است. همچنین در ادامه به تحقیقات صورت گرفته در زمینه شبیه سازی حرکت خودرو اشاره شده است.

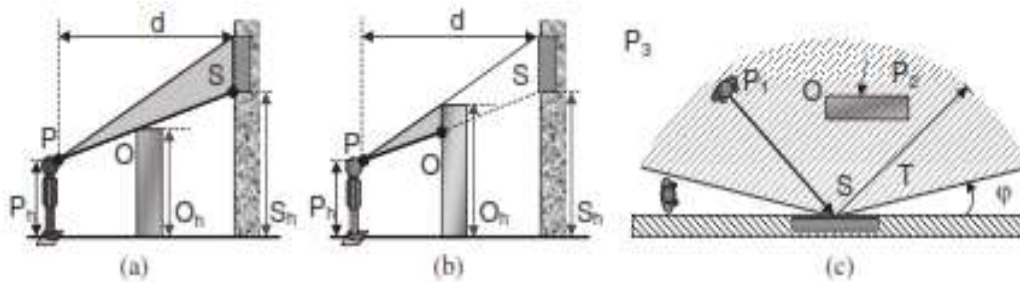
۳-۱- جانمایی تابلو در فضای دوبعدی

- ناصر پورمعلم و یاسر شریفی مدل نرم افزاری دوبعدی جهت جانمایی و طراحی وضعیت علائم، تابلوها و تجهیزات ایمنی در مسیر ارائه کردند. در این نرم افزار انواع تابلوهای راهنمایی رانندگی، با دریافت اطلاعات مربوط به مسیر، تعریف تمامی عوارض و علائم مورد نیاز، تعریف رابطه محاسبه فاصله نصب علائم و جزئیات طرح جانمایی شده و همزمان اطلاعات مربوط به طراحی تابلو و اطلاعات برداشت شده از مسیر مورد مطالعه نمایش داده می شود. از نمونه قوانین موجود در این برنامه به شرح زیر است:

تابلوها در فاصله مناسب نسبت به عوارض موجود در مسیر قرار می گیرند تا رانندگان پس از مشاهده تابلو، فرصت کافی برای عمل به پیام، اخطار و یا دستور تابلو را داشته باشند. تابلوها باید به طرز مناسب، با رعایت ارتفاع نصب طولی در محدوده دید رانندگان قرار داشته باشند. تابلوها در سمت راست مسیر نصب می شوند مگر در راهها با جداکننده وسط. (پورمعلم، ۱۳۹۰). از محدودیت های مدل ارائه شده، جانمایی بدون در نظر گرفتن معیارهای دید و موانع موجود در مسیر است.

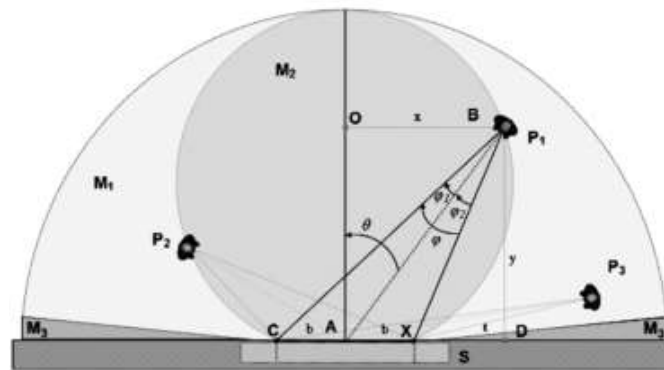
- Filippidis مفهوم محدوده ی قابل دید^۱ را معرفی و روشی برای ارائه آن شناسایی کرد. این مفهوم به منطقه ای که شخص می تواند اطلاعات یک شی را دریافت کند، اشاره دارد. این شی ممکن است تابلو و یا درب خروجی باشد. از ویژگی هایی که در ابعاد این محدوده موثر است، زاویه افقی بین تابلو و بیننده می باشد به نحوی که با افزایش فاصله بیننده از تابلو، زاویه کاهش می یابد. این دیدگاه مبتنی بر الگوریتم خط دید است که موقعیت تابلو، موقعیت بیننده و موقعیت موانع موجود در مسیر، از معیارهای موثر در تعریف این محدوده است. همان گونه که در شکل (۳-۱) مشخص است، بیننده در موقعیت (a)، گوشه تابلو را می تواند ببیند ولی در موقعیت (b)، گوشه تابلو به واسطه قرارگیری مانع قابل مشاهده نیست. در موقعیت (c) نیز فقط بیننده p1 می تواند گوشه پایین تابلو را مشاهده نماید (Filippidis 2006).

^۱Visibility Catchment Area(VCA)



شکل ۳-۱- تحلیل وضعیت دید تابلو (Filippidis 2006)

- Nassar and Al-Kaisy در سال ۲۰۰۸ مدلی برای ارزیابی تاثیر جانمایی تابلوها در فضاهای معماری ارائه کردند. در مدل آنها شکل هندسی فضا، حرکت مسافران و فاصله مناسب برای خوانایی تابلوها در نظر گرفته شده است. در مدل ارائه شده، عامل‌ها با سرعت ثابت حرکت کرده و موانعی که به علت وجود حرکت مسافران به وجود می‌آید، در نظر گرفته نشده است. مدل تعریف شده توسط آنها کاملاً در فضای دوبعدی بوده و ارتفاع عامل‌ها و موانع مدل‌سازی نشده است (Nassar and Al-Kaisy 2008).
- Xie, H و همکاران از مفهوم ناحیه قابل دید برای ارزیابی قابلیت دید تابلوهای خروج اضطراری، استفاده کردند. در این تحقیق، ناحیه قابل دید با دایره‌ای که مماس بر سطح تابلو است، تعریف می‌شود (شکل ۳-۲).



شکل ۳-۲- رابطه هندسی بین زاویه دید و ابعاد تابلو (Xie, H et al, 2007).

- ابعاد و اندازه این ناحیه با توجه به ابعاد تابلو تعریف می‌شود به گونه‌ای که شخص با قرارگیری در این ناحیه بتواند تابلو را تشخیص دهد. زاویه Φ ، زاویه بین مشاهده‌کننده و تابلو بوده که به ابعاد تابلو وابسته است. زاویه Θ ، زاویه بین بیننده و خط عمود بر تابلو می‌باشد. با افزایش فاصله بیننده از تابلو، این زاویه افزایش یافته و زاویه Φ کاهش می‌یابد. با افزایش ابعاد تابلو، فاصله و زاویه دید نیز افزایش می‌یابد. Xie, H et al, (2007)

۳-۲- جانمایی تابلو در فضای سه بعدی

در سال‌های اخیر، مسئله دید در فضای سه بعدی به شکل گسترده در حوزه سیستم اطلاعات مکانی، معماری، رباتیک و رایانه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است.

- Motamedi و همکاران بهترین موقعیت تابلوهای راهنمایی مترو را با لحاظ پارامترهای دید شناسایی کردند. در این تحقیق از ابزار مدل‌سازی اطلاعات ساختمان که قابلیت نمایش سه بعدی و ذخیره ویژگی‌های فیزیکی ساختمان را داراست و همچنین واقعیت مجازی به منظور شبیه‌سازی حرکت مسافران، استفاده شده است. در این تحقیق، پارامترهای زاویه دید، حداکثر فاصله مسافران از تابلو و همچنین مدت زمان درک تابلو به هر عامل^۳ (که در این جا مسافر در نظر گرفته می‌شود)، انتساب داده می‌شود. در این شبیه‌سازی عامل‌ها به شکل استوانه شبیه‌سازی شده که با سرعت و ارتفاعات مختلف مطابق با الگوریتم A* (P.E. Hart et al, 1968) در مسیر بدون پرش از روی موانع و همچنین سبقت از یکدیگر، حرکت کرده و به محض ورود به محدوده قابل دید، زاویه افقی بین ناظر و تابلو و فاصله آن از تابلو محاسبه شده و در صورتی که مانعی بین ناظر تا تابلو وجود نداشته و زاویه افقی کمتر از زاویه دید ناظر باشد، تابلو برای ناظر قابل مشاهده خواهد بود. به منظور یافتن بهترین مکان، تابلوها در موقعیت‌های تصادفی جانمایی شده و درصد دیده شدن تابلو با تعریف تعداد عامل‌هایی که تابلو را مشاهده کردند به تعداد کل عامل‌ها، محاسبه شده است (Motamedi et al, 2017). از محدودیت‌های این تحقیق، استفاده از مفاهیم پایه دید، که دید مستقیم بین ناظر تا هدف است، و همچنین عدم نمایش محدوده قابل دید تابلو توسط هر عامل می‌باشد.
- Becker-Asano و همکاران سیستمی در برنامه Unity3d v.4 به منظور شبیه‌سازی حرکت مسافران فرودگاه برای یافتن مسیرهای خروجی، ارائه نمودند. در این تحقیق، تابلوهای خروجی در فضای سه بعدی با ابعاد، موقعیت و جهت مشخص قرار می‌گیرد. عامل‌ها به شکل مکعب^۴ شبیه‌سازی شده و با نزدیک شدن هر عامل به هدف، پنج اشعه^۵ از هر عامل به سمت مرکز و گوشه‌های تابلو ارسال و با توجه به اینکه چه تعداد اشعه با تابلو برخورد داشته است، قابلیت دید از صفر تا یک ارزشگذاری می‌شود. در این تحقیق، قابلیت خوانایی تابلو با توجه به جهت تابلو، برای هر عامل محاسبه شده و مطابق آن هر عامل مسیر بعدی برای حرکت را پیدا می‌کند (Becker-Asano et al, 2014). از محدودیت‌های این تحقیق، استفاده از مفاهیم دید مستقیم و عدم نمایش محدوده‌ی

^۱Building Information Model(BIM)

^۲Virtual Reality

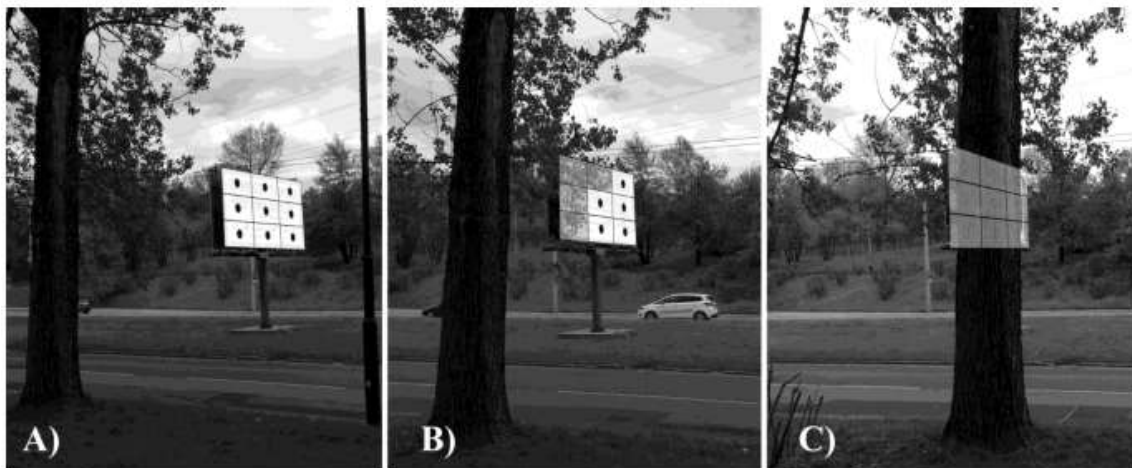
^۳Agent

^۴Cube

^۵Ray

قابل دید و همچنین عدم محاسبه زاویه افقی تشکیل شده بین ناظر و تابلو می‌باشد. در واقع هدف اصلی این تحقیق، هدایت مسافران است.

• Chmielewski و همکارش، قابلیت دید بیلبوردهای تبلیغاتی در فضاهای باز را با استفاده از روش Voxel بررسی کردند. آنها از داده‌های لیدار با دقت پنجاه سانتی‌متر برای تحلیل دید استفاده کردند. در این تحقیق، مختصات سه‌بعدی بیلبوردها با استفاده از روش‌های تعیین موقعیت جهانی، تعیین و در وضعیت‌های مختلف با در نظر گرفتن موانع دید، قابلیت دید بررسی شده است (شکل ۳-۳).

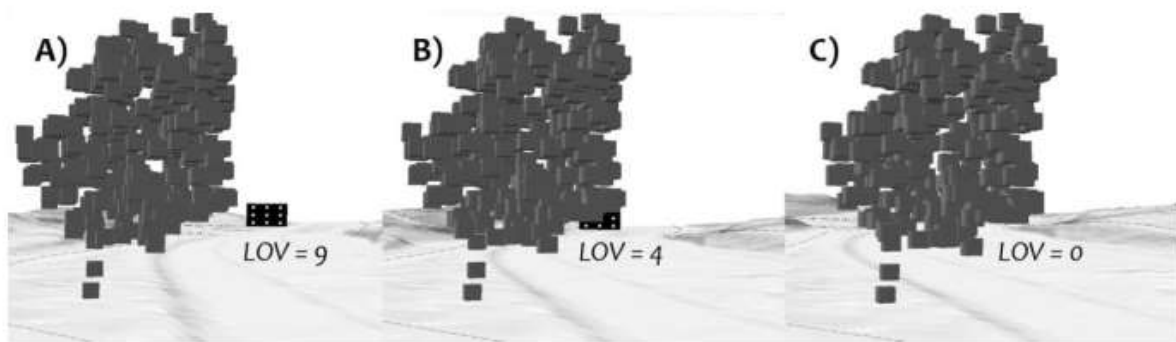


شکل ۳-۳- تحلیل دید با روش Voxel
(Chmielewski and Tompalski, 2017)

در شکل (A) بیلبرد قابل دید، در شکل (B) سطح بیلبرد با درخت پوشیده شده و در شکل (C)، بیلبرد برای بیننده قابل تشخیص نیست.

شکل (۳-۴) نتایج حاصل از شبیه‌سازی با استفاده از روش Voxel را نمایش می‌دهد. در این روش قابلیت دید بیلبرد^۱ با تعداد نقاط قابل دید از مقدار عددی یک تا نه ارزشگذاری می‌شود. نقاطی که توسط موانع پوشیده نشده‌اند، مقدار عددی نه را دریافت کرده (شکل A) و نقاط پوشیده شده با موانع، مقدار صفر را می‌گیرند.

^۱Level of OA board visibility(LOV)



شکل ۳-۴- ارزیابی قابلیت دید بیلپورد با روش Voxel

(Chmielewski and Tompalski, 2017)

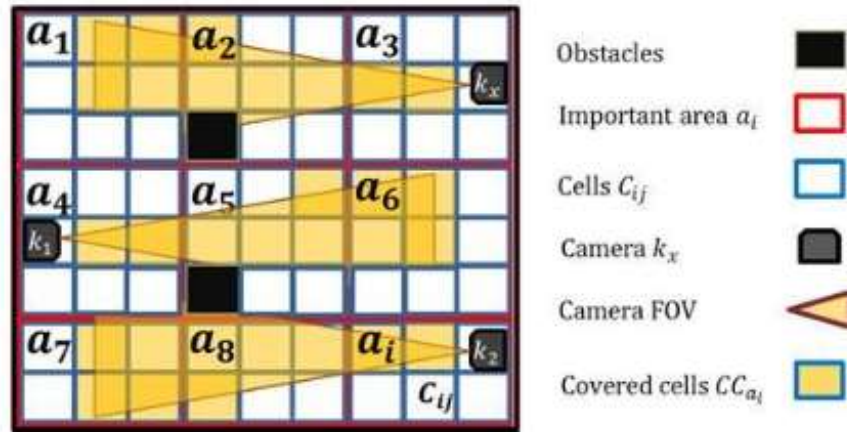
در این روش نیز از تحلیل خط دید بین نقاط مشاهده^۱ و نقاط بیلپورد استفاده شده است. فاصله نقاط مشاهده تابعی از دقت خروجی است که در این تحقیق، نقاط در فاصله پنج متری نمونه برداری شده‌اند. منبع اصلی خطا در این مدل‌سازی، توزیع نامنظم داده‌های لیدار است (Chmielewski and Tompalski, 2017).

داده‌های حاصل از لیدار در تحلیل Viewshade در فضای سه‌بعدی نیز کاربرد دارد به‌گونه‌ای که با ابرنقاط حاصل از داده‌ها، ساختمان‌ها و موانع مدل‌سازی شده و در تحلیل Viewshade شرکت داده می‌شوند (Hagstrom & Messiner, 2011).

• Ameen Hamza Albahri و همکارش روشی برای جانمایی و محاسبه سطح پوشش دوربین مداربسته در داخل ساختمان با استفاده از مفهوم دید، ارائه کردند. در این تحقیق، محل قرارگیری دوربین، سلول‌بندی شده و ارزش هر سلول با توجه به ناحیه‌های قابل دید که شامل آسانسور، راهروها و پله‌ها می‌باشد، انتخاب می‌شود. در واقع به منظور تحلیل دید، از موقعیت دوربین به هر سلول اشعه‌ای ارسال و در صورت برخورد با موانع، سلول غیرقابل دید^۲ تلقی می‌شود. اگر اشعه با سلول برخورد کند، به آن سلول وزن بالا اختصاص یافته و قابل دید خواهد بود. در نهایت از تقسیم مجموع وزن سلول‌های قابل دید به مجموع وزن کل سلول‌ها، درصد پوشش هر دوربین محاسبه می‌شود شکل (۳-۵).

^۱Observation Point (BP)

^۲Invisible

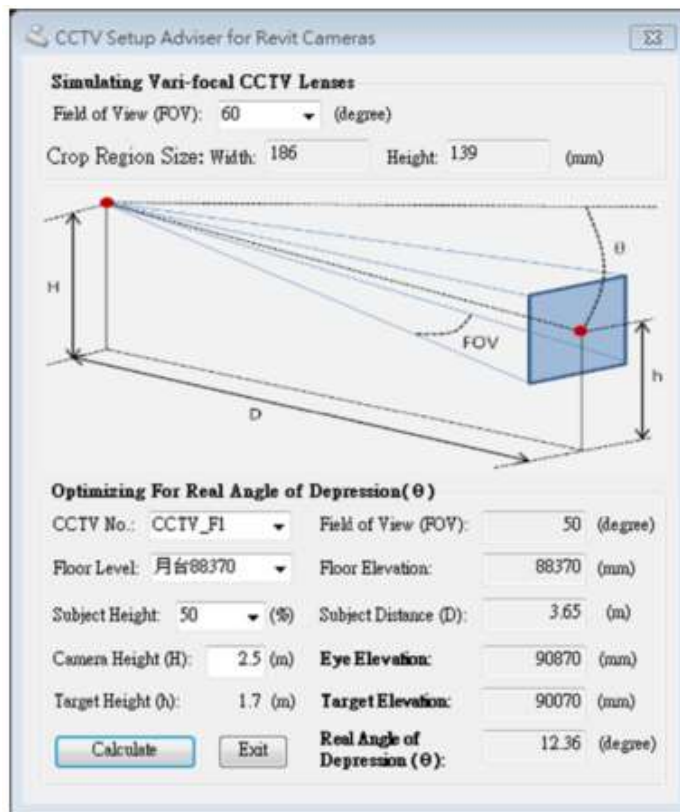


شکل ۳-۵- جانمایی دوربین با لحاظ معیار دید

(Ameen Hamza Albahri et al, 2017)

از مزیت‌های این روش، جانمایی در فضای سه‌بعدی با در نظر گرفتن معیارهای دید است. جانمایی دوربین اغلب در فضای دو بعدی بوده که مناطق پنهان در پشت عوارض دیگر و موقعیت‌های قرار گرفته در پایین زوایه دید دوربین شناسایی نمی‌شود. (Ameen Hamza Albahri et al, 2017).

• Huan-Ting و همکاران به جانمایی دوربین‌های مدار بسته در فضای داخل ساختمان با لحاظ معیارهای دید، پرداختند. در این تحقیق، ابزاری جهت محاسبه سطح پوشش دوربین با تعریف پارامترهای زاویه افق، ارتفاع هدف و ارتفاع ناظر در نرم‌افزار Revit ارائه شده است (Huan-Ting Chen et al, 2013). شکل (۳-۶)



شکل ۳-۶- مدل ارائه شده به منظور محاسبه سطح پوشش دوربین

(Huan-Ting Chen et al, 2013)

- Carcellar Iii از تحلیل دید و شبیه‌سازی عامل‌مبنا برای جانمایی آثار هنری در موزه سود جست. آثار هنری باید در مکانی قرار گیرند که بیشترین قابلیت دید را برای بازدیدکنندگان داشته باشند. در این تحقیق مدل سه‌بعدی از موزه در نرم‌افزار اتوکد ایجاد شده است. رفتار حرکتی عامل‌ها در نرم‌افزار (GAMA) (Claridades, Villanueva et al, 2016) شبیه‌سازی شده به گونه‌ای که عامل‌ها در چهار دسته تقسیم‌بندی شده‌اند. موانع، آثار هنری، مردم و عامل‌های خروجی. موقعیت عامل‌های خروجی در ورودی و خروجی‌های اصلی تعبیه شده است. ویژگی اصلی این عامل‌ها تعداد آن‌هاست. عامل‌هایی که نماینده آثار هنری هستند، موقعیت این آثار را نمایش می‌دهند. عامل‌ها دارای ویژگی فاصله‌اند؛ که این فاصله بیانگر دایره‌ای به شعاع یک متری از موقعیت عامل است و در این محدوده قابلیت دید ارزیابی می‌شود. ویژگی بعدی، مدت زمان لازم برای دیدن آثار که به صورت تصادفی بین ۵۰ تا ۹۰ ثانیه در نظر گرفته شده است و همچنین تعداد بازدیدکننده برای هر اثر، می‌باشد. عامل مردم نیز دارای ویژگی زاویه دید افقی، ارتفاع و سرعت می‌باشد. تحلیل دید با در نظر گرفتن ارتفاع عامل‌ها و ارتفاع آثار از تقسیم تعداد عامل‌هایی که آثار را درک کرده‌اند به تعداد کل عامل‌ها، انجام می‌شود. عدم شناسایی عامل‌های متحرک به عنوان موانع و همچنین ارتباط بین عامل‌ها، از محدودیت‌های این تحقیق است (Carcellar Iii 2017).

جمع‌بندی

قابلیت دید در فضای برداری و رستری به شکل گسترده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. تحلیل خط دید در فضای برداری، به آنچه که قابل مشاهده برای بیننده است، می‌پردازد. در روش‌های مرسوم، تحلیل دید در فضای بولین صورت می‌گیرد به گونه‌ای که در صورت قرارگیری یک مانع در راستای دید بیننده، هدف غیرقابل دید است. با توسعه این روش و به کارگیری شاخص‌های مختلف، می‌توان میزان دیده‌شدن یک هدف در صورت قرارگیری مانع را محاسبه کرد. در این وضعیت، امکان محاسبه‌ی سطح قابل دید با لحاظ تمامی موانع وجود دارد.

به منظور بررسی دید در فضای رستری، تابع میدان دید (Viewshade) مطرح شد. با استفاده از این تابع می‌توان در بین سلول‌های یک لایه رستر ورودی، سلول‌هایی را که از موقعیت یک یا چند نقطه قابل مشاهده هستند، شناسایی کرد. هر سلول در لایه رستر خروجی مقدار عددی را در خود ذخیره می‌کند که مشخص می‌کند چه تعداد از نقاط یا خطوط مشاهداتی را در موقعیت هر سلول می‌توان دید.

به منظور شبیه‌سازی دید انسان، قابلیت دید در فضای سه‌بعدی مطرح شد. در این فضا، با در نظر گرفتن عوارض در ماهیت اصلی خود، امکان شبیه‌سازی نزدیک به واقعیت وجود دارد. از روش‌های به کار رفته در این حوزه، محاسبات دید در سیستم مختصات کروی و مخروطی است. با تشکیل این سیستم، حجم قابل دید برای بیننده مدل‌سازی و در صورت قرارگیری موانع در محدوده دید، حجم قابل دید کاهش می‌یابد. با این روش امکان محاسبه‌ی مساحت قابل دید برای عوارض مختلف نیز وجود دارد.

به منظور ارزیابی قابلیت دید و محاسبات هرچه نزدیکتر به واقعیت، لازم است محاسبات در یک سیستم پویا صورت گرفته و تمامی موانع ثابت و متحرک موجود در مسیر شناسایی شود. مدل اتوماتای سلولی سیستمی پویا است که امکان شبیه‌سازی را فراهم می‌کند.

غالباً مدل‌های سلولی، به دلیل سادگی و انعطاف‌پذیری در شبیه‌سازی ترافیک مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ اما تحقیقات نشان داده است که این مدل‌ها به ابعاد سلول و گام‌های زمانی حساسیت نشان می‌دهند.

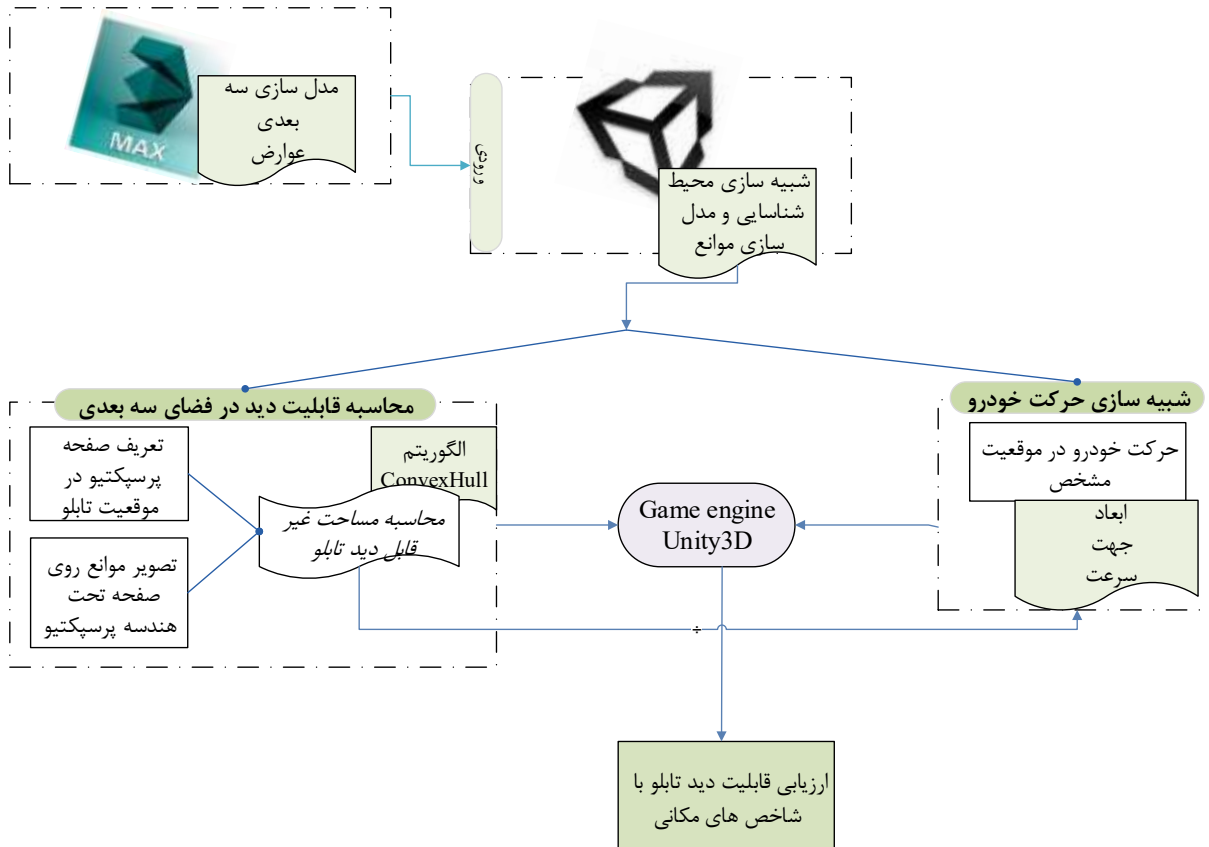
تحقیقات انجام شده در مدل‌سازی قابلیت دید تابلو، عموماً در فضای دوبعدی مبحث قابلیت دید را مورد تحلیل قرار داده‌اند. در تحقیقاتی که در فضای سه‌بعدی صورت گرفته است، قابلیت دید در فضاهای بسته از جمله داخل ساختمان و برای اشیاء ثابت (از قبیل دوربین) مورد ارزیابی قرار گرفته و کمتر موضوع ارزیابی قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر در جاده‌ها و بزرگراه‌ها و به صورت دینامیک برای یک شیء متحرک (خودرو) مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر، مباحثی از قبیل مساحت قابل درک تابلو در موقعیت‌های مختلف طی مسیر با لحاظ نمودن موانع واقع در راستای خط‌دید افقی و قائم‌ناظر (راننده) در یک فضای سه‌بعدی و دینامیک در تحقیقات قبلی مورد محاسبه قرار نگرفته است.

فصل چهارم

مدل پیشنهادی برای ارزیابی

قابلیت دید تابلوها

در فصل‌های گذشته پیرامون روش‌های به کار گرفته شده در جانمایی تابلوها در فضای دوبعدی و سه‌بعدی و همچنین الگوریتم‌های موجود در شبیه‌سازی ترافیک بحث شد. از آنجایی که تشریح مدل اجرایی یکی از مراحل اساسی هر پژوهش می‌باشد، در این فصل روش به کار گرفته شده در زمینه جانمایی تابلوها و دلایل انتخاب آن و نحوه ایجاد مدل پیشنهادی ارائه می‌گردد. فرآیند کلی شبیه‌سازی و محاسبات در شکل (۴-۱) نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱- فرآیند مدل پیشنهادی

روش به کار گرفته شده به طور کلی در گام‌های ذیل خلاصه می‌شود:

- مدل سازی سه بعدی محیط و شناسایی موانع موجود
- محاسبه قابلیت دید تابلو با شاخص‌های مکانی تحت هندسه پرسپکتیو با شبیه‌سازی حرکت خودرو
- تحلیل و ارزیابی نتایج.

۴-۱- مدل سازی سه بعدی محیط و شناسایی موانع موجود

نرم افزار 3Dmax محصول شرکت اتودسک (Autodesk 3DS Max) که در گذشته با نام های 3D Studio و 3D Studio Max شناخته می شد، یک برنامه گرافیک سه بعدی کامپیوتری برای ساخت انیمیشن های سه بعدی، مدل ها، بازی ها و مدل سازی عوارض شهری با سطح جزئیات مختلف است. این نرم افزار توسط شرکت Autodesk Media and Entertainment توسعه یافته و تولید شده است. این نرم افزار دارای قابلیت های مدل سازی و یک ساختار پلاگین انعطاف پذیر است و می تواند روی پلتفرم Microsoft Window استفاده شود. این برنامه همواره توسط توسعه دهندگان بازی های ویدئویی، بسیاری از استودیوهای تبلیغات تلویزیونی و استودیوهای تجسمی معماری مورد استفاده قرار می گیرد.

برنامه Unity3D اولین بار در سال ۲۰۰۵ در کنفرانس توسعه دهندگان جهانی شرکت اپل به عنوان یک موتور بازی، منتشر شد. در این موتور قابلیت شبیه سازی بازی های دو بعدی و سه بعدی در کامپیوتر و گوشی های همراه هوشمند، وجود دارد. یونیتی از جمله موتورهای بازی ساز است که می تواند از زبان های برنامه نویسی معروف پشتیبانی کند، زبان های برنامه نویسی سی شارپ (C#.net)، جاوا اسکریپت و زبان برنامه نویسی بو که یک زبان از خانواده زبان برنامه نویسی پایتون می باشد، در یونیتی قابل استفاده هستند. زبان سی شارپ (C#.net) یکی از قدرتمندترین زبان های برنامه نویسی است که قابلیت شی گرایی دارد و به واسطه این قابلیت، قابلیت هایی همچون ارث بری را نیز دارا می باشد. یونیتی قابلیت پشتیبانی از بسیاری از فایل های سه بعدی را دارد که از جمله آنها می توان به نرم افزارهای مایا و تری دی مکس اشاره کرد. فایل های fbx فایل های اصلی مورد استفاده Unity است که برای مدل های متحرک استفاده می شود. این فایل توسط بسیاری از نرم افزارهای سه بعدی مانند 3Dmax و Maya تولید می شود. همچنین Unity قابلیت استفاده از بافت با پسوند jpg، png، dd، psd... را دارد.

یکی دیگر از قابلیت های Unity ایجاد عوارض زمین به صورت بصری می باشد، این قابلیت کاربر را قادر می سازد تا سریع و ساده زمین و عوارض آن مانند پستی و بلندی را ایجاد کند، همچنین کاربر می تواند با استفاده از قلم، بافت گذاری و ایجاد آبجکت های گوناگون مانند درختان بر روی زمین را به راحتی انجام دهد. یونیتی از موتور فیزیکی PhysX محصول شرکت ان ویدیا استفاده می کند. فیزیک در بازی وظیفه شبیه سازی جرم، اصطکاک، مقاومت هوا و سرعت را به عهده دارد، در یونیتی علاوه بر اینها فیزیک وظیفه شبیه سازی، لباس (پارچه)، اجسام نرم، اجسام سخت^۱، اتصالات و شبیه ساز اتومبیل را بر عهده دارد. در این پژوهش، به منظور شبیه سازی عوارض موجود در مسیر از نرم افزار 3Dmax استفاده شده و خروجی برنامه که شامل فایل fbx می باشد، به برنامه Unity3D وارد شده است.

^۱Rigidbody

۴-۲- محاسبه قابلیت دید

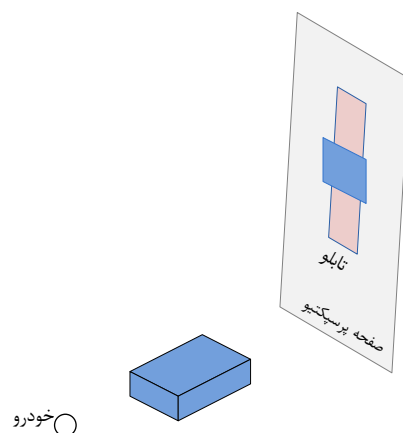
مدل برداری سه‌بعدی شامل مجموعه‌ای از اشیاء است که هرکدام از این اشیاء خود از مجموعه‌ای از چندضلعی‌ها تشکیل شده است. چندضلعی‌ها مربوط به سطوح توپوگرافی زمین در مدل شبکه نامنظم مثلثی (TIN)^۱ و اجزاء تشکیل‌دهنده اشیائی مانند درخت در فضای سه‌بعدی هستند. هدف محاسبه مساحت قابل دید تابلو با در نظر گرفتن این اشیاء در محیط برداری است. بدین منظور مراحل زیر انجام می‌شود:

۱- تعریف صفحه‌ی پرسپکتیو در موقعیت تابلو

۲- تصویر تمامی موانع موجود در مسیر تحت هندسه‌ی پرسپکتیو بر روی صفحه در هر گام زمانی

۳- محاسبه‌ی مساحت حاصل از نقاط تصویرشده با استفاده از الگوریتم پوش محدب^۲ برای هر خودرو در هر گام زمانی

در این تحقیق، تابلوهای راهنمایی با ابعاد مشخص در نظر گرفته شده و به منظور نمایش محدوده‌های غیرقابل دید تابلو به واسطه قرارگیری مانع در راستای دید ناظر، موانع به سطح تابلو تصویر شده و مساحت قابل دید تابلو، محاسبه می‌شود. بدین منظور با تعریف صفحه پرسپکتیو در موقعیت تابلو، در هر موقعیت خودرو، تمامی موانع موجود در مسیر به سطح تابلو تصویر می‌شوند. شکل (۴-۲)



شکل ۴-۲- صفحه پرسپکتیو و تصویر موانع روی آن

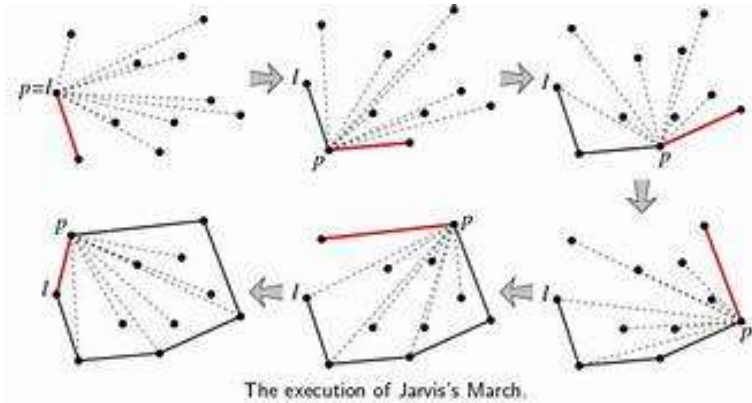
به منظور محاسبه‌ی مساحت حاصل از عوارض تصویرشده، الگوریتم پوش محدب به کار گرفته شد. این الگوریتم، در سال ۱۹۷۳ توسط جارویس^۳ ابداع شد. در این الگوریتم ابتدا آرایه‌ای از نقاط تصویر شده تشکیل و پایین‌ترین نقطه آرایه به عنوان نقطه شروع انتخاب می‌شود. انتخاب نقطه بعدی به گونه‌ای است که همه

^۱Triangulated Irregular Network

^۲Convex hull

^۳Jarvis

نقاط دیگر در یک سمت خط متصل به نقطه شروع و نقطه جاری قرار بگیرد. این روند تا آخرین نقطه آرایه ادامه پیدا می‌کند و از اتصال بیرونی‌ترین نقاط چندضلعی، شکلی با بیشترین مساحت از نقاط تصویر شده حاصل می‌شود (Jarvis, R. A, 1973). شکل (۳-۴)



شکل ۳-۴- الگوریتم پوش محدب (Jarvis, R. A, 1973)

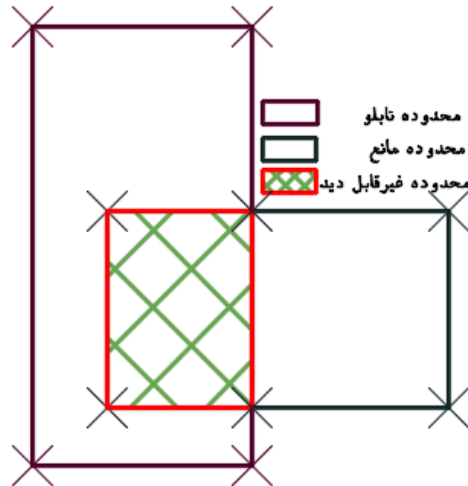
به منظور تحلیل دید رانندگان و نمایش موقعیت و مساحت قابل دید در مکان‌های مختلف، از روابط ارائه شده در فصل دوم استفاده شده و شاخص‌های مساحت، فاصله اقلیدسی مراکز ثقل و ترکیب مساحت و فاصله ارائه گردیده است.

۴-۲-۱- مساحت منطقه مشترک

شاخص مساحت، نشان‌دهنده‌ی محدوده غیرقابل دید تابلو است. این شاخص، با تقسیم مساحت منطقه‌ی مشترک حاصل از تصویر موانع به تابلو به مساحت کلی تابلو محاسبه می‌شود. رابطه (۴-۱)

$$Overlap(a, b) = 1 - \frac{OverlapArea(a, b)}{Area(a)} \quad \text{رابطه (۴-۱)}$$

در رابطه بالا، با افزایش مساحت منطقه مشترک، مقدار عددی شاخص به صفر نزدیک شده که بیانگر دید ضعیف خودرو نسبت به تابلو است. شکل (۴-۴)



شکل ۴-۴- محاسبه شاخص مساحت با تصویر مانع روی تابلو

۴-۲-۲- فاصله مرکز تابلو تا مرکز منطقه مشترک

فاصله اقلیدسی بین مراکز، نزدیکی محدوده غیرقابل دید به مرکز و موقعیت این محدوده را نشان می‌دهد. این شاخص، با تقسیم فاصله اقلیدسی بین مرکز تابلو و مرکز منطقه‌ی مشترک به عرض تابلو، محاسبه می‌شود. رابطه (۲-۴)

$$Dist(a, b) = \frac{\sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}}{Width(a)} \quad \text{رابطه (۲-۴)}$$

با کاهش فاصله از مرکز، مقدار عددی شاخص به صفر نزدیک شده که نشان‌دهنده دید ضعیف خودرو نسبت به تابلو است.

۴-۲-۳- ترکیب فاصله اقلیدسی و مساحت منطقه مشترک

این شاخص که از تقسیم مساحت منطقه مشترک حاصل از تصویر مانع بر روی تابلو به فاصله مرکز ثقل تابلو از مرکز ثقل منطقه مشترک محاسبه می‌شود، نشان‌دهنده‌ی قابلیت دید خودرو است.

$$Visibility = \frac{OverlapArea(a, b)}{Dist(a, b)} \quad \text{رابطه (۳-۴)}$$

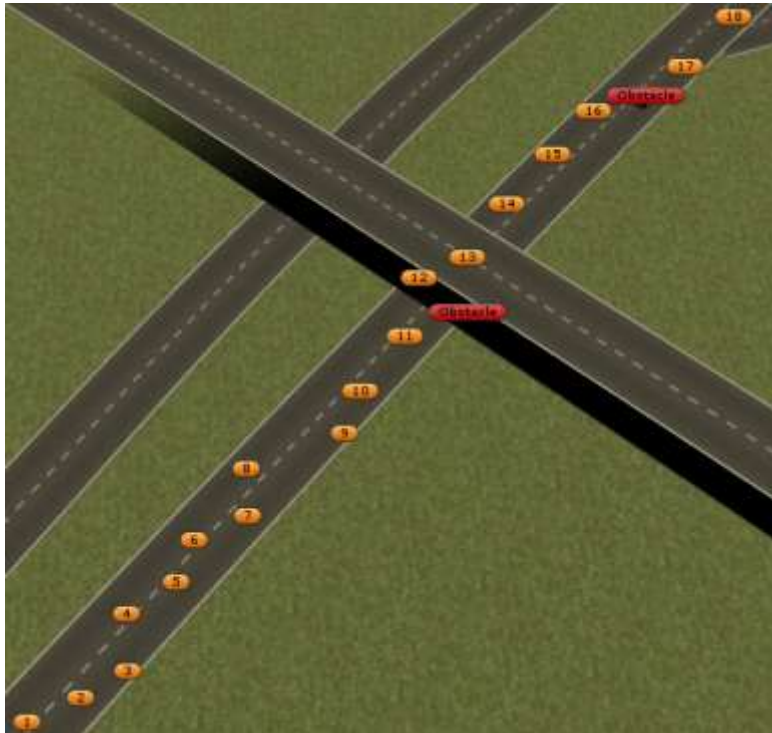
به منظور تحلیل بهتر، نرمال‌سازی شاخص قابلیت دید با رابطه زیر صورت پذیرفته است:

$$Visibility_{Normal} = 1 - \frac{Visibility}{Area(a)} \quad \text{رابطه (۴-۴)}$$

با توجه به رابطه (۳-۴)، با افزایش فاصله بین مراکز، مساحت منطقه مشترک کمتر شده و مقدار عددی شاخص به یک نزدیک می‌شود که بیانگر دید کامل خودرو است. در وضعیتی که مانع با سطح تابلو اشتراکی نداشته باشد، با محاسبه فاصله مرکز تابلو تا مرکز مانع، شاخص Visibility در کلاس ضعیف و عالی قرار می‌گیرد. به منظور ارائه نتایج حاصل از مدل پیشنهادی، نمونه موردی حرکت خودرو شبیه‌سازی شده است.

۴-۳- شبیه‌سازی حرکت خودرو

در این پژوهش به منظور ارزیابی قابلیت روش ارائه شده و بررسی قابلیت معیارهای مطرح شده، ابتدا شبیه‌سازی حرکت خودرو در موقعیت‌های مشخص انجام شده است به گونه‌ای که سطح زمین سلول‌بندی شده و خودرو در موقعیت‌های مشخص با سرعت ثابت حرکت می‌کند. در هر موقعیت، تمامی موانع موجود در مسیر بر روی صفحه پرسپکتیو تصویر و قابلیت دید خودرو با تحلیل شاخص‌های مکانی، ارزیابی می‌شود. شکل (۴-۵)، نمونه‌ای از مسیر حرکتی خودرو را نمایش می‌دهد.

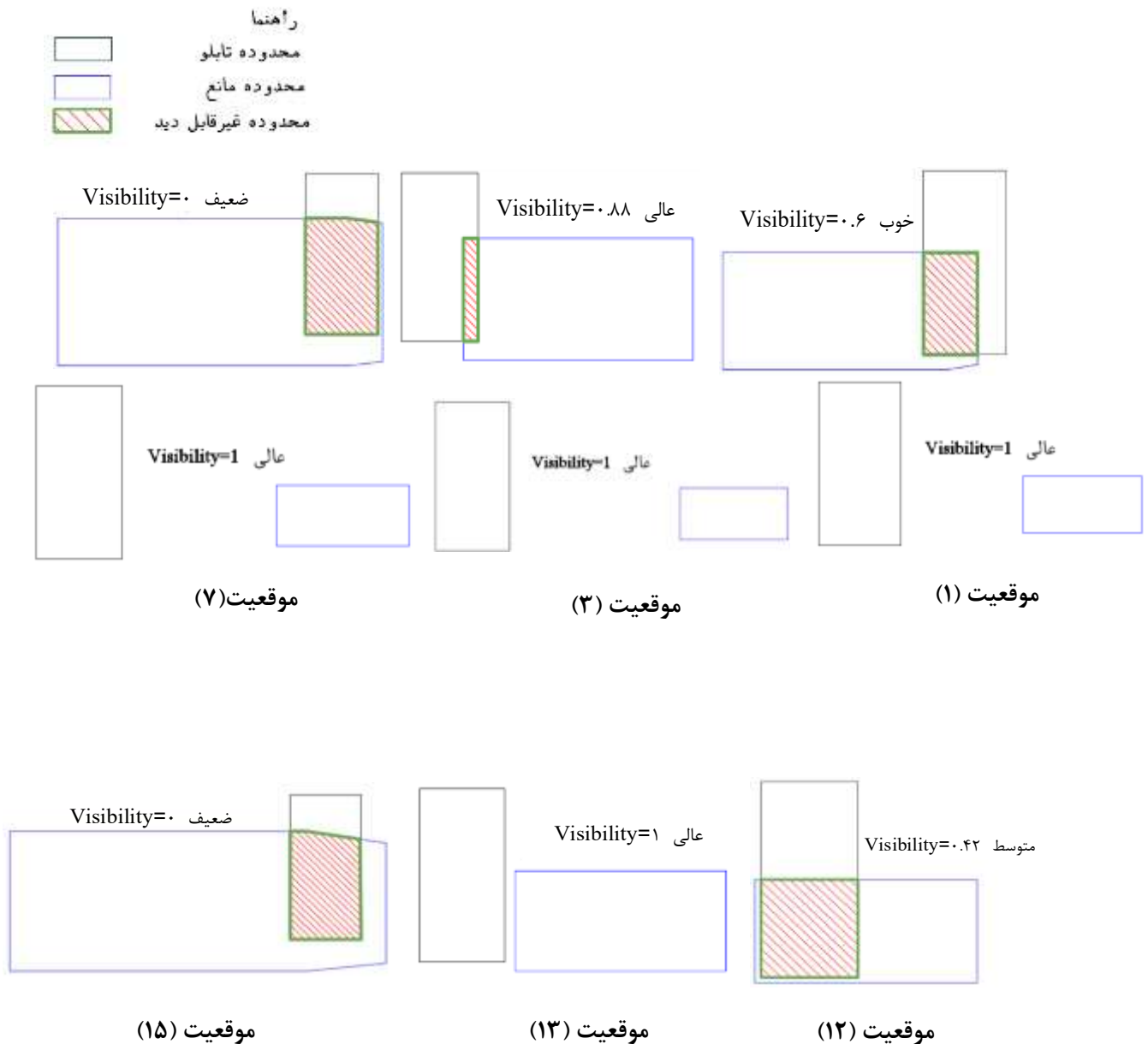


شکل ۴-۵- نمایشی از محیط مدل‌سازی و مسیر حرکت خودرو

به منظور نمایش نتایج حاصل از ارزیابی، موقعیت‌هایی از حرکت خودرو انتخاب و در این موقعیت‌ها شاخص‌ها محاسبه و نمایش داده شده است. شکل (۴-۶)



شکل ۴-۶- ارزیابی شاخص‌های دید در موقعیت‌های انتخابی



شکل ۴-۷- نمایش محدوده غیرقابل دید در موقعیت‌های انتخابی

همان‌طور که در شکل (۴-۷) مشخص است، با توجه به موقعیت و فاصله خودرو از موانع، موقعیت و مساحت تصویرشده به سطح تابلو متفاوت خواهد بود. با کاهش فاصله خودرو از مانع، مساحت مانع افزایش یافته موقعیت (۱۴) و در نتیجه مساحت قابل دید تابلو کاهش می‌یابد. مقادیر عددی شاخص‌ها در جدول (۴-۱) ارائه شده است.

مقدار عددی شاخص Visibility در کلاس ضعیف، متوسط، خوب و عالی طبقه‌بندی و کمترین عدد حاصل از موانع مختلف در هر موقعیت، به عنوان شاخص دید انتخاب می‌شود.

جدول ۴-۱- مقادیر عددی شاخص دید

موقعیت (۱)	شاخص مساحت	شاخص فاصله	شاخص Visibility	
	۰,۶۴	۰,۵	۰,۶	۰,۶
	-	-	۱	۰,۶
موقعیت (۳)	۰,۸۸	۰,۵۷	۰,۸۸	۰,۸۸
	-	-	۱	
موقعیت (۷)	۰,۲۸	۰,۳	۰	۰
	-	-	۱	
موقعیت (۱۲)	۰,۵	۰,۵۳	۰,۴۲	
موقعیت (۱۳)	-	-	۱	
موقعیت (۱۵)	۰,۲۸	۰,۲۹	۰	

با توجه به جدول (۴-۱) و روابط ارائه شده، شاخص فاصله، میزان دوری یا نزدیکی منطقه غیرقابل مشاهده نسبت به مرکز را نمایش می‌دهد همان طور که در موقعیت (۱۳) مشخص است، با توجه به موقعیت خودرو، مانع هیچ‌گونه محدودیت دید برای خودرو ایجاد نمی‌کند و خودرو دید کاملی از تابلو دارد.

به منظور شناسایی مکان بهینه، تابلوها در موقعیت‌های مختلف جانمایی شده و با توجه به موقعیت خودرو، موقعیت بهینه تابلو شناسایی شده است. همان‌گونه که در شکل (۴-۸) مشاهده می‌شود، با توجه به موقعیت عارضه پل و سایر موانع موجود، امکان دید تابلوهای شماره (۱) و (۲) وجود ندارد.



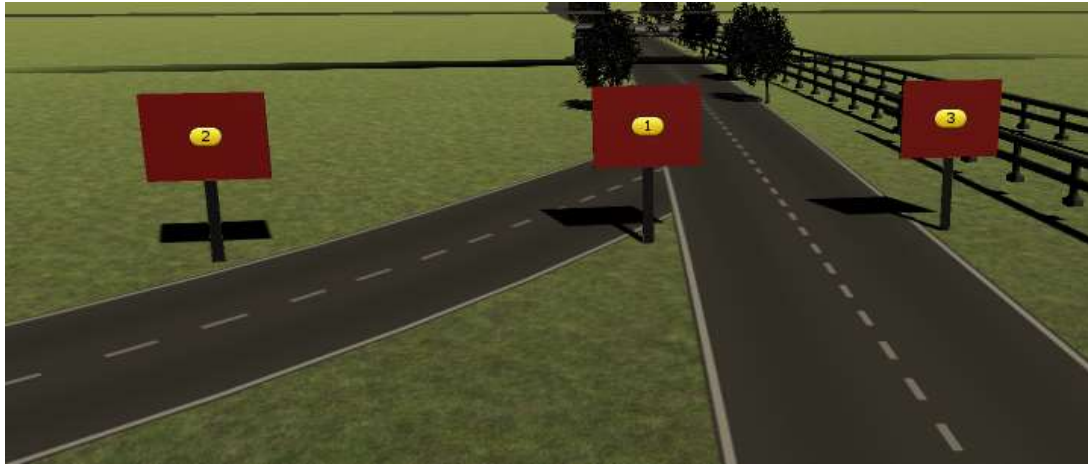
شکل ۴-۸- موقعیت‌های انتخابی تابلو برای تحلیل شاخص دید

مقادیر عددی شاخص دید با لحاظ عارضه پل و همچنین موانع مشخص شده در جدول (۴-۲) ارائه شده است. تابلو شماره (۴) در تمامی شاخص‌ها بالاترین امتیاز را کسب کرده است. تابلو شماره (۳) نیز مقادیر بالایی از شاخص دید را کسب کرده است ولی از آنجایی که تابلوها در سمت راست مسیر نصب می‌شوند (آیین نامه ایمنی راه، ۱۳۸۴)، تابلوشماره (۴) بهترین موقعیت برای جانمایی است.

جدول ۴-۲- مقادیر عددی شاخص دید در موقعیت‌های تابلو

	شاخص مساحت		شاخص فاصله		شاخص Visibility	
تابلو شماره (۱)	-	-	-	-	۰	۰
	-	-	-	-	۱	
	۰,۵۴	۰,۰۳	۰	۰		
تابلو شماره (۲)	-	-	-	-	۰	۰
	۰	-	-	-	۱	
	-	-	-	-	۱	
	۰,۴۸	۰,۲۵	۰,۴۸	۰,۴۸		
تابلو شماره (۳)	-	-	-	-	۱	۰,۷۰
	-	-	-	-	۱	
	-	-	-	-	۱	
	۰,۳۳	۰,۳۳	۰,۷۰	۰,۷۰		
تابلو شماره (۴)	۰,۷۲	۰,۳۴	۰,۷۶	۰,۷۶	۰,۷۶	
	-	-	۱	۱		
	-	-	۱	۱		
	۰,۹۱	۰,۴۲	۰,۹۴	۰,۹۴		

پس از شناسایی موقعیت بهینه، تابلو در صفحه خود جابجا شده تا بهترین موقعیت در عرض جاده شناسایی شود. شکل (۴-۹) موقعیت‌های در نظر گرفته شده به منظور جابجایی تابلو را نمایش می‌دهد.



شکل ۴-۹- جابجایی تابلو در صفحه افق

در جدول (۴-۳) مقادیر عددی شاخص دید به ازای تغییر موقعیت تابلو در صفحه افق ارائه شده است.

جدول ۴-۳- مقادیر عددی شاخص دید با جابه‌جایی تابلو در صفحه افق

شاخص مساحت				شاخص فاصله		شاخص Visibility	
ارتفاع ۶متر		ارتفاع ۸ متر		ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع	ارتفاع
۴متر=طول	۳متر=عرض	۴متر=طول	۴متر=عرض	۶ متر	۸ متر	۶ متر	۸ متر

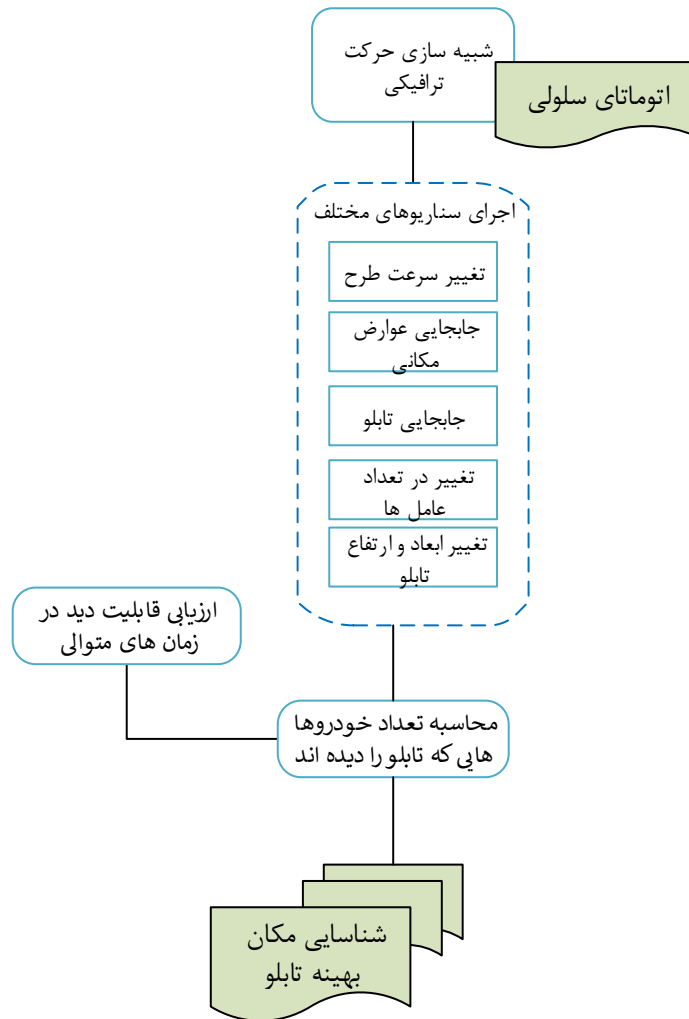
موقعیت شماره (۱)	۰,۱۸	۰,۱۷	۰,۱۱	۰,۰۸	۰	۰	۰	۰
	-	-	-	-	۱		۱	
	-	-	-	-	۱		۱	
	۰,۸۶	۰,۳۴	۰,۴۳	۰,۱۷	۰,۹		۰,۰۵	
موقعیت شماره (۲)	۰,۶۱	۰,۶	۰,۴۲	۰,۳۱	۰,۷	۰,۷	۰,۷	۰,۷
	-	-	-	-	۱		۱	
	-	-	-	-	۱		۱	
	-	-	-	-	۱		۱	
موقعیت شماره (۳)	-	-	-	-	۱	۰,۷۲	۱	۰,۰۶
	۰,۶۶	۰,۹	۰,۴	۰,۴۵	۰,۷۲		۰,۹۲	
	-	-	-	-	۱		۱	
	۰,۸۷	۰,۳۴	۰,۴۳	۰,۱۷	۰,۹		۰,۰۶	

مقایسه مقادیر حاصل نشان می‌دهد که موقعیت شماره (۲)، بهترین موقعیت برای جانمایی است. همچنین در تمامی موقعیت‌ها، تابلو با ارتفاع شش متر امتیاز بالایی کسب کرده است. با این شیوه با جابجایی عوارض و تحلیل شاخص دید در موقعیت‌های مشخص خودرو، بهترین موقعیت برای جانمایی تابلو شناسایی می‌شود.

فصل پنجم

پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

در این فصل با شبیه‌سازی حرکت ترافیکی، به ارزیابی مدل پیشنهادی پرداخته می‌شود. خودروها با ابعاد و سرعت‌های مختلف در یک سیستم ترافیکی شبیه‌سازی شده و با اجرای سناریوهای مختلف و محاسبه قابلیت دید در هر سناریو، بهترین موقعیت به منظور جانمایی تابلو شناسایی شده است. شکل (۵-۱) فرآیند کلی پیاده‌سازی را نمایش می‌دهد.



شکل ۵-۱- فرآیند کلی پیاده‌سازی

۵-۱- شبیه‌سازی ترافیک

به منظور شبیه‌سازی دید رانندگان در یک سیستم پویا و مدل‌سازی موانع متحرک، شبیه‌سازی باید در محیط پویا صورت گیرد. بدین منظور حرکت خودروها در یک سیستم ترافیکی در نرم‌افزار Unity3d V5.6 شبیه‌سازی شده است. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، شبیه‌سازی از اتوبان همت می‌باشد. مدل حرکتی خودروها مطابق با روابط مطرح شده در فصل (۲) و بر مبنای روش اتوماتای سلولی می‌باشد. در این شبیه‌سازی، خودروها، به شکل مکعب^۱ در ابعاد مختلف شبیه‌سازی و در دو مسیر مستقیم در خیابان حرکت می‌کنند. در گام‌های زمانی یک ثانیه و در هر فریم، به منظور جلوگیری از برخورد، هر خودرو سرعت خود را از خودروی جلویی در مسیر خود و خودروهای جلویی و عقبی در مسیر کناری می‌سنجد. دستور به کار گرفته شده در این شبیه‌سازی، Physic.raycast می‌باشد. در واقع به ازای هر خودرو از مرکز ثقل خودرو اشعه‌ای به اندازه سرعت خودرو در جهت مستقیم فرستاده می‌شود. در صورت برخورد اشعه با مانع، که در این جا سایر خودروها و عوارض موجود در مسیر شامل پل، درخت و... می‌باشد، خودرو سرعت خود را کم می‌کند. به منظور تغییر مسیر حرکت، این اشعه به اندازه عرض هر خودرو در جهت مستقیم و عقب هم ارسال شده و در صورت برقراری روابط ذکر شده در فصل (۲)، تغییر مسیر صورت می‌گیرد. شکل (۵-۲) نمونه‌ای از ارسال اشعه بدین منظور را نمایش می‌دهد.



شکل ۵-۲- ارسال اشعه به منظور بررسی سبقت

^۱Cube

^۲Collision

در این شبیه‌سازی، در هرثانیه به ازای هر خودرو تمامی موانع ثابت و متحرک موجود در مسیر(سایر خودروها) که در مقابل خودرو قرار گرفته اند به صفحه پرسپکتیو تصویر شده و قابلیت دید خودرو با روابط ارائه شده در فصل (۴)، محاسبه می‌شود.

در نهایت به منظور تلفیق شاخص Visibility تابلو در زمان‌های مختلف، تعداد توالی دید در نظر گرفته شده است. حداقل زمان درک تابلو با توجه به نوع تابلو در آیین‌نامه ایمنی راه در جدول (۵-۱) ارائه شده است.

جدول ۵-۱- زمان طی شده از لحظه مشاهده تابلو تا پایان عکس العمل (آیین‌نامه علائم ایمنی راه، ۱۳۸۴)

نوع علامت	T(ثانیه)
اخطاری و محدود کننده‌ی سرعت	۴.۵
پیش آگاهی جهت نما بادرج دومقصد برروی تابلو	۶.۶
پیش آگاهی جهت نما بادرج سه مقصد برروی تابلو	۶.۹
پیش آگاهی جهت نما بادرج چهار مقصد برروی تابلو	۷.۲

با توجه به حداقل زمان برای درک تابلو که در این تحقیق پنج ثانیه در نظر گرفته شده است و حداکثر سرعت خودرو که در بزرگراه‌ها ۹۰ کیلومتر در ساعت است، به حداقل پنج توالی برای تصمیم‌گیری دید خودرو نیاز است. به گونه‌ای که اگر بیش از نیمی از خودروها در پنج تکرار متوالی دید عالی از تابلو داشته باشند، در پایان مسیر می‌توان نتیجه گرفت که دید خودروها از تابلو مناسب بوده و تابلو در شرایط بهینه قرار دارد.

۵-۲- محاسبه قابلیت دید تابلو با اجرای سناریوهای مختلف

➤ خودروها با ابعاد مختلف در فاصله پانصدمتری از تابلو در شرایط ترافیکی قرار گرفته‌اند و با جابجایی عارضه مکانی پل و افزایش سرعت طرح، قابلیت دید تابلو، از تقسیم تعداد خودروهایی که دید عالی داشته به تعداد کل خودروها، ارزیابی شده است. جدول(۵-۲)

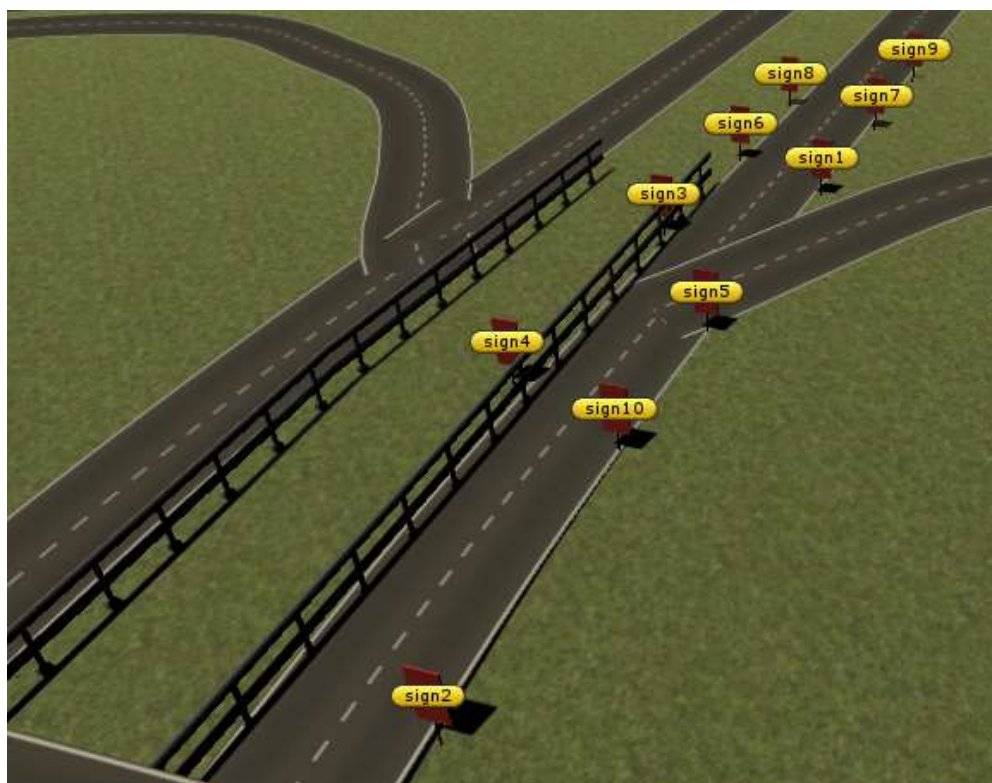
جدول ۵-۲- ارزیابی قابلیت دید با جابجایی پل

فاصله پل از تابلو	سرعت طرح	قابلیت دید تابلو
ارتفاع تابلو		
۲۱۵ متر	۹۰	۵۳٪
۶ متر		
۲۱۵ متر	۱۲۰	۶۳٪
۶ متر		
۳۱۰ متر	۹۰	۵۳٪

۶ متر		
۳۱۰ متر	۱۲۰	۷۰٪
۶ متر		
۱۰۰ متر	۹۰	۰
۸ متر		
۲۱۵ متر	۹۰	۵۰٪
۸ متر		
۳۱۰ متر	۱۲۰	۵۰٪
۸ متر		

با توجه به جدول (۵-۲)، با افزایش سرعت طرح و کاهش زمان درک، قابلیت دید تابلو به ازای خودروهای مختلف، افزایش یافته است. همچنین با جابجایی پل در فاصله صدمتری از تابلو، قابلیت دید کاهش یافته است. موقعیت بهینه پل در فواصل دویست تا سیصدمتری از تابلو می‌باشد.

➤ به منظور یافتن موقعیت بهینه، تابلوها در موقعیت‌های مختلف قرار گرفته و قابلیت دید برای مجموعه‌ای از خودروها ارزیابی شده است. شکل (۵-۳)



شکل ۵-۳- موقعیت‌های انتخابی تابلو به منظور یافتن مکان بهینه

موقعیت شماره (۱)، موقعیت اولیه برای جانمایی تابلو بوده است که پس از تحلیل و اجرای سناریو، همان-گونه که در جدول (۵-۳) مشخص است، موقعیت شماره (۷)، موقعیت بهینه برای جانمایی تابلو بدست آمد

که در این موقعیت بیش از نیمی از خودروها، درک خوبی از تابلو داشته‌اند. در این شبیه‌سازی با افزایش ارتفاع تابلو در موقعیت‌های مختلف، قابلیت دید افزایش یافته است.

جدول ۵-۳- ارزیابی قابلیت دید با جابجایی تابلو

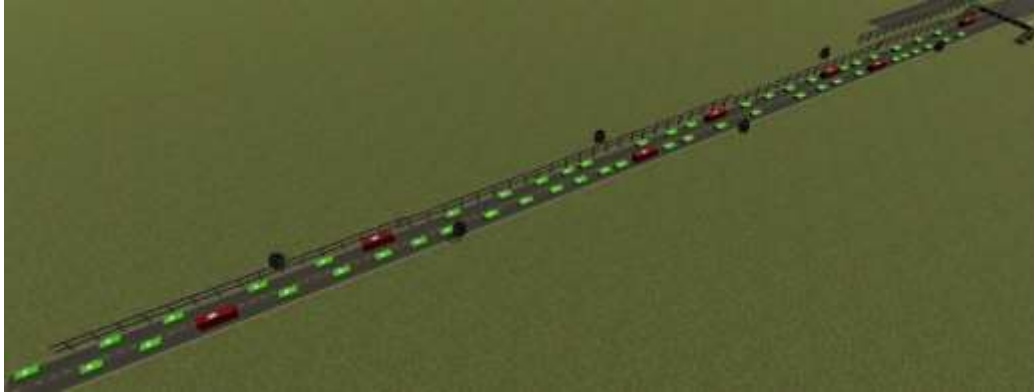
	ارتفاع تابلو- ۶ متر	ارتفاع تابلو- ۸ متر
تابلو شماره (۱)	۵۳٪	۵۰٪
تابلو شماره (۲)	۲۰٪	۱۶٪
تابلو شماره (۳)	۱۶٪	۲۰٪
تابلو شماره (۴)	۱۳٪	۲۰٪
تابلو شماره (۵)	۲۶٪	۳۳٪
تابلو شماره (۶)	۱۶٪	۲۳٪
تابلو شماره (۷)	۶۰٪	۵۶٪
تابلو شماره (۸)	۱۶٪	۲۳٪
تابلو شماره (۹)	۵۶٪	۵۶٪
تابلو شماره (۱۰)	۲۰٪	۲۰٪

➤ پس از یافتن موقعیت بهینه، با افزایش تعداد خودروها و جابجایی عرضه پل، صحت موقعیت ارزیابی شده، بررسی شده است. نتایج حاصل در جدول (۴-۵) ارائه شده است.

جدول ۵-۴- ارزیابی قابلیت دید با تغییر در تعداد خودرو

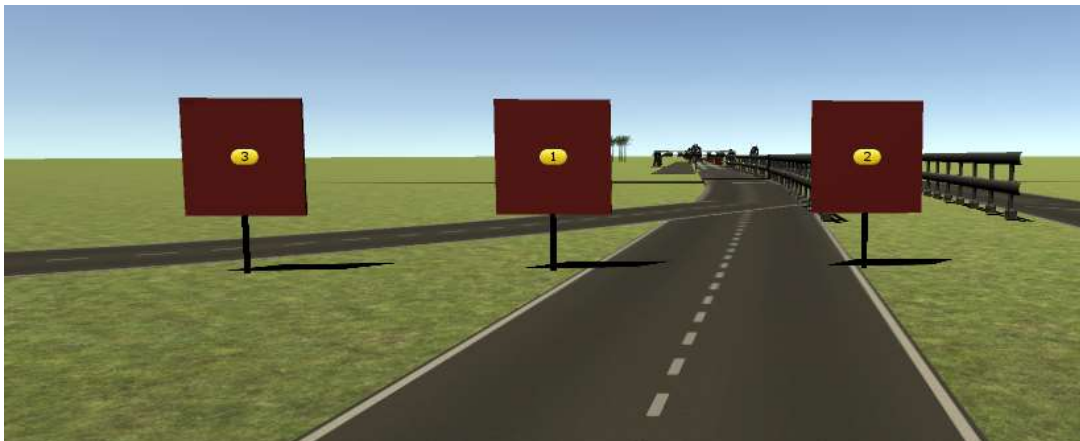
	ارتفاع تابلو-۶ متر	
	طول تابلو-۲ متر، عرض تابلو-۴ متر	
	پل در فاصله ۲۱۵ متری	پل در فاصله ۳۱۰ متری
تابلو شماره (۱)	۴۰٪	۴۰٪
تابلو شماره (۲)	۱۰٪	۱۰٪
تابلو شماره (۳)	۱۵٪	۱۳٪
تابلو شماره (۴)	۱۸٪	۲۱٪
تابلو شماره (۵)	۱۰٪	۱۸٪
تابلو شماره (۶)	۱۳٪	۱۳٪
تابلو شماره (۷)	۵۶٪	۵۰٪
تابلو شماره (۸)	۱۳٪	۱۳٪
تابلو شماره (۹)	۵۳٪	۵۶٪
تابلو شماره (۱۰)	۱۶٪	۱۰٪

نتایج حاصل از جدول نشان می‌دهد، با افزایش تعداد خودروها تابلو شماره (۷) همچنان بهترین موقعیت برای جانمایی را داراست. در این موقعیت با افزایش تعداد خودروها، قابلیت دید تغییری نکرده است. شکل (۵-۴)



شکل ۵-۴- شبیه‌سازی حرکت ترافیک، خودروها

➤ به منظور شناسایی موقعیت بهینه در عرض جاده، تابلو در صفحه افق جابجا شده است. شکل (۵-۵)



شکل ۵-۵- جابجایی تابلو در صفحه افق

نتایج حاصل از ارزیابی قابلیت دید با تغییر موقعیت تابلو در صفحه افق در جدول (۵-۵) ارائه شده است.

جدول ۵-۵- ارزیابی قابلیت دید با جابجایی تابلو در صفحه افق

	عرض ۴ متر	طول ۴ متر	عرض ۲ متر	طول ۲ متر
موقعیت شماره ۱	۶۳٪	۵۶٪		
موقعیت شماره ۲	۱۳٪	۱۱٪		
موقعیت شماره ۳	۸۰٪	۶۵٪		

همان‌گونه که در جدول (۵-۵) مشخص است، موقعیت شماره (۳) بالاترین امتیاز را کسب نموده است. همچنین با افزایش ابعاد تابلو، قابلیت دید تابلو افزایش یافته است.

با این شیوه از جانمایی ضمن مدلسازی سه‌بعدی عوارض موجود در مسیر، امکان یافتن موقعیت و ابعاد بهینه تابلوها به صورت هوشمند وجود خواهد داشت.

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری

با توجه به نقش اساسی علائم، تابلو و تجهیزات ایمنی راه در تامین ایمنی استفاده‌کنندگان از مسیر، لازم است به نصب صحیح علائم و جانمایی اصولی آن توجه خاصی داشت. سلیقه‌گرایی در امر طراحی و جانمایی علائم و عدم توجه کافی در نصب اصولی و مکان یابی دقیق علائم، رانندگان را با خطرات جدی مواجه می‌کند. هدف اصلی این تحقیق مدل‌سازی قابلیت دید تابلوها است، به نحوی که با در نظر گرفتن تمامی موانع ثابت و متحرک، بتوان شبیه‌سازی نزدیک به واقعیت را ایجاد نمود. مدل‌های جانمایی تابلوها در تحقیقات گذشته را در دو دسته می‌توان بررسی کرد: دسته اول مدل‌های جانمایی در فضای دوبعدی است که بر مبنای مدل Isovisit عمل می‌کنند. در این مدل‌ها، محدوده‌ای که قابلیت دید وجود دارد تعریف شده و با اعمال پارامترهای فاصله و زاویه دید، تابلوها جانمایی می‌شوند. در بیشتر تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، موانع ثابت مدل‌سازی شده و موانعی که به سبب حرکت ایجاد می‌شوند، مدل‌سازی نشده است. دسته دیگر جانمایی، جانمایی تابلوها در فضای سه‌بعدی است. در این مدل‌ها، محدوده‌ای که شخص می‌تواند تابلو را تشخیص دهد، تعریف شده و با در نظر گرفتن ارتفاع بیننده، قابلیت دید سنجیده می‌شود. در مطالعات صورت گرفته در این زمینه، حرکت عامل‌ها با سرعت‌های مختلف شبیه‌سازی شده و با در نظر گرفتن پارامترهای فاصله و زاویه دید، قابلیت دید تابلو بر مبنای تحلیل خط دید، ارزیابی می‌شود.

در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی قابلیت دید و جانمایی تابلوها در فضای سه‌بعدی، از هندسه‌ی پرسپکتیو استفاده شد. با این روش امکان نمایش سطح قابل دید و غیر قابل دید با محاسبات در فضای دوبعدی وجود دارد. به منظور محاسبه قابلیت دید، شاخص‌های مکانی ارائه شد. در نهایت به منظور جانمایی تابلو با لحاظ معیارهای دید، شبیه‌سازی ترافیکی صورت گرفته و قابلیت دید تابلو برای مجموعه‌ای از خودروها ارزیابی شد.

به‌طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق را در موارد زیر می‌توان عنوان کرد:

- مدل ارائه شده در این پژوهش، با شبیه‌سازی عوارض در فضای برداری سه‌بعدی به ارزیابی قابلیت دید تابلوها می‌پردازد. با توجه به این‌که، ماهیت تمامی عوارض پیرامون ما سه‌بعدی می‌باشد، مدل‌سازی سه‌بعدی، امکان شبیه‌سازی و تجسم نزدیک به واقعیت را فراهم می‌سازد.
- معیارهای اساسی در شبیه‌سازی قابلیت دید، فاصله و زاویه دید می‌باشند به گونه‌ای که با افزایش فاصله، قابلیت دید کاهش می‌یابد. تصویرسازی پرسپکتیو با اعمال این معیارها، به نمایش اجسام در اندازه واقعی خود می‌پردازد. در این روش با انتقال اجسام از فضای سه‌بعدی به فضای دوبعدی، امکان نمایش منطقه غیرقابل دید وجود دارد.

- به منظور سنجش قابلیت دید، شاخص‌های مکانی ارائه شد. این شاخص‌ها عبارت‌اند از: مساحت منطقه مشترک، فاصله بین مراکز ثقل تابلو و محدوده‌ی غیرقابل دید و تلفیق مساحت منطقه مشترک با فاصله. شاخص مساحت، محدوده غیرقابل دید تابلو را نمایش داده و فاصله بین مراکز موقعیت این محدوده را مشخص می‌کند. در نهایت تلفیق شاخص مساحت با فاصله، به عنوان شاخص دید انتخاب گردید.
- به منظور ارزیابی شاخص‌های ارائه شده، ابتدا حرکت خودرو در موقعیت‌های مشخص انجام شد. به گونه‌ای که خودرو با سرعت ثابت در موقعیت‌های از پیش تعریف شده قرار گرفته و شاخص‌های ارائه شده، محاسبه شد. در نهایت شاخص ترکیب مساحت با فاصله، در چهار دسته ضعیف، متوسط، خوب و عالی طبقه‌بندی و قابلیت دید ارزیابی شد. با قرارگیری تابلو در موقعیت‌های مختلف و همچنین جابجایی در صفحه افق، بهترین موقعیت شناسایی شد.
- با شبیه‌سازی ترافیکی، امکان ارزیابی نزدیک به واقعیت وجود دارد. بدین منظور حرکت خودروها مطابق با قوانین اتوماتای سلولی شبیه‌سازی شد. در این مدل‌سازی خودروها با ابعاد مختلف و سرعت‌های مختلف در دو مسیر حرکت کرده و به محض شناسایی خودرو جلویی، به منظور جلوگیری از برخورد، سرعت خود را کاهش داده و یا مسیر حرکت خود را عوض می‌کنند. در این سیستم، امکان مدل‌سازی موانع ثابت و متحرک وجود داشته به گونه‌ای که در گام‌های زمانی، موانع ثابت شامل پل، درختان و موانع متحرک شامل سایر خودروها که مانع دید می‌شوند، روی صفحه تصویر شده و قابلیت دید تابلو ارزیابی شد. با این روش امکان ارزیابی قابلیت دید در موقعیت‌های مختلف، وجود دارد. در نهایت با جانمایی تابلو در موقعیت‌های مختلف و محاسبه شاخص دید، بهترین موقعیت به منظور جانمایی تابلو شناسایی شد. موقعیتی بهینه خواهد بود که بیش از نیمی از خودروها، تابلو را در بهترین وضعیت مشاهده کنند.
- به منظور تصمیم‌گیری قابلیت دید تابلو، حداقل زمان مورد نیاز برای درک تابلو مطابق با آیین‌نامه راهنمایی، استخراج شده و با توجه به ماکزیمم سرعت حرکت خودروها، تعداد توالی دید خودرو از تابلو محاسبه و قابلیت دید ارزیابی شد.
- در این تحقیق به منظور ارزیابی عملکرد مدل ارائه شده، سناریوهای مختلف پیاده‌سازی شد. در این سناریوها با جابجایی عوارض مکانی، تغییر در سرعت طرح و تغییر در تعداد خودروها، قابلیت دید محاسبه شد. معیار سنجش قابلیت دید، از تقسیم تعداد خودروهایی که تابلو را مشاهده کرده به تعداد کل خودروها، بدست آمد.
- در روش ارائه شده با اجرای سناریوهای مختلف، امکان دستیابی به ابعاد و ارتفاع بهینه تابلوها وجود دارد.

نوآوری‌های تحقیق

- مسئله‌جانمایی تابلوها امری ضروری است که نیاز به هوشمندسازی دارد. از نوآوری‌های این تحقیق، شبیه‌سازی دید در یک سیستم ترافیکی است. در این شبیه‌سازی، در یک سیستم پویا که امکان مدل‌سازی تمامی عوارض مکانی وجود داشته و نمایش محدوده قابل دید از تابلو، به‌جانمایی تابلوها در سیستم ترافیکی پرداخته شد. مدل ترافیکی ارائه شده از قوانین اتوماتای سلولی پیروی کرده و در هرگام زمانی امکان محاسبه قابلیت دید وجود دارد.

۶-۲- پیشنهادات

- مطابق با استاندارد انجمن بین‌المللی علائم^۱، علاوه بر قابلیت دید، قابلیت خوانایی حروف نیز در تحلیل علائم موثر می‌باشد. قابلیت خوانایی تابلو از ویژگی فیزیکی تابلو برای نمایش حروف و اعداد است. این ویژگی به اندازه کلمات، نوع نمایش کلمات و رنگ وابسته است که در طراحی تابلوها مطابق با استانداردهای هر کشور در نظر گرفته می‌شود (Xie, H et al, 2007) و در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته است. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی مورد توجه قرار گیرد.
- در این تحقیق، خودروها در مسیر مستقیم حرکت می‌کنند. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی شبیه‌سازی حرکت خودرو با مدل‌سازی شیب و پیچ جاده انجام شود. همچنین مدل‌های مختلف شبیه‌سازی حرکت خودرو به کار گرفته شود.
- روش ارائه شده در این تحقیق در جانمایی تابلوهای تبلیغاتی، علائم آگاهی‌دهنده در محیط‌های بسته مانند مترو، فرودگاه و... نیز می‌تواند به کار گرفته شود.

فهرست مراجع

طلوعی، علی افغان؛ دودمان، سعید؛ کریمی پور، فرید؛ مصطفوی، میرابوالفضل، ۱۳۹۳. روشی برای محاسبه پوشش سنسور در محیط‌های برداری دوبعدی و سه بعدی: استفاده از مدل CityGML. کنفرانس ملی ژئوماتیک، اردیبهشت ۱۳۹۳، سازمان نقشه برداری کشور، تهران.

حیدری، علی اصغر؛ کریمی پور، فرید، ۱۳۹۵. جایابی و پوشش بهینه ربات‌های سنسور در فضای سه بعدی برداری بر مبنای جست‌وجوی فراکتال. مجله مهندسی مکانیک مدرس، دوره ۱۶، شماره ۱۲، ص ۶۲۸-۶۱۷

آیین نامه ایمنی راه‌ها، نشریه شماره ۴-۲۶۷ (علائم ایمنی راه)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴

آیین نامه ایمنی راه‌ها، نشریه شماره ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴

پورمعلم، ناصر و یاسر شریفی، (۱۳۹۰)، ارائه یک مدل نرم افزاری جهت وانمودسازی جانمایی و طراحی علائم، تابلوها و تجهیزات ایمنی راه، دهمین کنفرانس مهندسی حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران، سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

عمرانپور، حسام؛ موتمنی، همایون؛ عباسپور، مارال. کنترل چراغ راهنمایی در ترافیک با استفاده از اتوماتای سلولی وقوانین فازی. دومین کنفرانس ملی مهندسی نرم‌افزار لاهیجان. ۱۰ و ۱۱ آبان ۱۳۹۱. دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان.

Ameen Hamza Albahri, Amin Hammad, (2017). "A novel method for calculating camera coverage in buildings using BIM". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 22: 16-33

Alter, T. D. (July 1992). "3D Pose from 3 Corresponding Points under Weak-Perspective Projection".

Bartie, P., F. Reitsma, S. Kingham and S. Mills (2010). "Advancing visibility modelling algorithms for urban environments." *Computers, Environment and Urban Systems* 34(6): 518-531.

Becker-Asano, C., F. Ruzzoli, C. Hölscher and B. Nebel (2014). "A Multi-agent System based on Unity 4 for Virtual Perception and Wayfinding." *Transportation Research Procedia* 2: 452-455.

Bin, Y., Z. Ji-biao and W. Lu (2013). "Effectiveness of Traffic Sign Setting in Adjacent Tunnel Exit." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 96: 5-11.

Benedikt, M., L. (1979). "To take hold of space: isovists and isovist fields", *Environment and Planning B*, 6.47–65

Boring, E. (1964). "Size constancy in a picture". *American Journal of Psychology*, 77,494–498.

Bonsall, P., Liu, R., Young, W."Modelling safety-related driving behaviour-impact of parameter values". *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 39(5), 425–444 (2005).

Bin, Y., Z. Ji-biao and W. Lu (2013). "Effectiveness of Traffic Sign Setting in Adjacent Tunnel Exit." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 96: 5-11.

Carcellar Iii, B. G. (2017). "Perception Modelling of Visitors in Vargas Museum Using Agent-Based Simulation and Visibility Analysis." *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-1/W5*: 45-51.

Chmielewski, S. and P. Tompalski (2017). "Estimating outdoor advertising media visibility with voxel-based approach." *Applied Geography* 87: 1-13.

Claridades, A. R. C., J. K. S. Villanueva and E. G. Macatulad (2016). "Evacuation Simulation in Kalayaan Residence Hall, up Diliman Using Gama Simulation Software." *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-4/W1*: 83-87.

Cohen-Or, D., & Shaked, A. (1995)."Visibility and dead-zones in digital terrain maps". *Eurographics Association* (14)3, 171-180.

Daganzo, C. A., (1997), "Continuum Theory of Traffic Dynamics For Freeways With Special Lanes", *Transportation Research Part B, Vol. 31B, No. 2*, 83-102.

D. Hoiem, A. A. Efros, M. Hebert, "Putting objects in perspective", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 80, No. 1, pp. 3-15, 2008.

Filippidis, L. (2006). "Representing the Influence of Signage on Evacuation Behavior within an Evacuation Model." *Journal of Fire Protection Engineering* 16(1): 37-73.

Felleman, J. (1979). "Landscape visibility mapping, theory and practice", School of Landscape Architecture, SUNY, *College of Environmental Science and Forestry*, (pp. 1-111).

Fisher, P. F. (1994). "Probable and fuzzy models of the viewshed operation". In Worboys, M. (Ed.), *Innovations in GIS*, London: Taylor & Francis, (pp. 161 – 175).

Fisher Gewirtzman, D. & Wagner, I. A. (2003)." Spatial openness as a practical metric for evaluating built-up environments". *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(1), 37–49.

Fisher-Gewirtzman, D. & Wagner, I. A. (2006). "The 'spatial openness index': an automated model for 3D visual analysis of urban environments". *Journal of Architecture and Planning Research*, 23(1), 77–89

Hoffmann, R.: "GCA-w algorithms for traffic simulation". *Acta Phys. Pol. B Proc. Suppl.* 4, 183–200 (2011)

Huan-Ting Chen, Si-Wei Wu and Shang-Hsien Hsieh, (2013), " Visualization of CCTV coverage in public building space using BIM technology". *Visualization in Engineering*, 1:5.

Hagstrom, S. & Messinger D. (2011). "Line-of-sight analysis using voxelized discrete lidar". *Proc. SPIE Laser Radar Technology and Applications XVI*, Turner, M. & Kamerman, G. (Eds.) 8037 (80370B), 1-11.

ISA, Conspicuity and Readability, SIGNLINE, International Sign Association, 2007, Retrieved from: <https://www.signs.org/Portals/0/docs/signline/signline>

Ingrid Carlbom, Joseph Paciorek, (1978). "Planar Geometric Projections and Viewing Transformations" *ACM Computing Surveys*, 10 (4): 465–502

Jarvis, R. A., (1973). "On the identification of the convex hull of a finite set of points in the plane. *Information Processing Letters*, 2(1): 18–21

Kim, J. and K. Yu (2015). "Areal Feature Matching Based on Similarity Using Critic Method." *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XL-2/W4*: 75-78.

Klar, A. and R. Wegener, "Vehicular Traffic: From Microscopic to Macroscopic Description", *Transport Theory and Statistical Physics*, Vol. 29, No. 3-5, 2000, 479-493.

L. Neubert, J. Esser, M. Schreckenber , "A cellular automaton traffic flow model for online simulation of traffic", J. Wahle , *ELSEVIER Parallel Computing*, 2001

Lingli Huang, Shaoqun Wang, Yi Ye, Bin Wang, Lun Wu." Feature matching in cadastral map integration with a case study of Beijing". 2010 *18th International Conference on Geoinformatics*

Moreno, N., 2008. "A vector-based geographical cellular automata model to mitigate scale sensitivity and to allow objects" geometric transformation, University of Calgary, 20266.

Maerivoet, S., Moor, B., 2005. "Cellular automata models of road traffic", *Physics Reports* 419, 1 – 64.

Magda Chmielewska, Mateusz Kotlarz, and Jaroslaw Was(2016).” Computer Simulation of Traffic Flow Based on Cellular Automata and Multi-agent System”. *Springer International Publishing Switzerland 2016*

Motamedi, A., Z. Wang, N. Yabuki, T. Fukuda and T. Michikawa, (2017). "Signage visibility analysis and optimization system using BIM-enabled virtual reality (VR) environments." *Advanced Engineering Informatics*, 32: 248-262.

Nassar, K. and A. Al-Kaisy (2008). "Assessing sign occlusion in buildings using discrete event simulation." *Automation in Construction* 17(7): 799-808.

Nagel, K., Schreckenberg, M.: "A cellular automaton model for freeway traffic". *J.Phys. I Fr.* 2(12), 2221–2229 (1992)

Natapov, A. & Fisher-Gewirtzman, D. (2016). "Visibility of urban activities and pedestrian routes": *An experiment in a virtual environment. Computers, Environment and Urban Systems*, 58, 60-70.

Natapov, A., Czamanski, D. & Fisher-Gewirtzman, D. (2013). "Can visibility predict location? Visibility graph of food and drink facilities in the city". *Survey Review*, 45(333), 462–71

Oren Gal and Yerach Doytsher (2012). "Fast and Accurate Visibility Computation in a 3D Urban Environment". *GEOProcessing 2012 : The Fourth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services*. ISBN: 978-1-61208-178-6.

Ozan K. Tonguz and Wantanee Viriyasitavat(2009). " Modeling Urban Traffic:A Cellular Automata Approach". *IEEE Communications Magazine*

O'Sullivan, D. & Turner, A. (2001). "Visibility graphs and landscape visibility analysis". *International Journal of Geographical Information Science*, 15 (3), 221-237.

P.M. Garvey, B.T. Kuhn, M. Pietrucha, Sign Visibility: "Research and TrafficSafety Overview", *United States Sign Council*, 1996

Perry Pei-Ju Yang, Simon Yunuar Putra, Wenjing Li(2007). " Viewsphere: a GIS-based 3D visibility analysis for urban design evaluation". *Environment and Planning B: Planning and Design 2007*, volume 34, pages 971 ^ 992.

P.E. Hart, N.J. Nilsson, B. Raphael, "A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths", *IEEE Trans. Syst. Sci. Cybernet.* 4(1968) 100–107

T.P.Lin, H.Lin, M.Y.Hu(2013). " 3D VISIBILITY ANALYSIS IN URBAN ENVIRONMENT COGNITION RESEARCH BASED ON VGE". *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,Volume II-2/W1*, ISPRS 8th 3DGeoInfo Conference & WG II/2 Workshop, 27 – 29 November 2013, Istanbul, Turkey

Tang Wenjing, Hao Yanling, Zhao Yuxin, Li Ning." Feature matching algorithm based on spatial similarity". *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering* 37(4) · October 2008.

SULEIMAN Wassim , JOLIVEAU Thiery , FAVIER Eric(2012).” A New Algorithm for 3D Isovist”.*SULEIMANW.,JOLIVEAUT.&FAVIERE.,2012.In15thInternationalSymposium.*

S.Rajeswaran and S.Rajasekaran.” A Study Of Vehicular Traffic Flow Modeling Based On Modified Cellular Automata”. *IOSR Journal of Mathematics* (IOSR-JM) ISSN: 2278-5728. Volume 4, Issue 5 (Jan. - Feb. 2013), PP 32-38

Sigurður F. Hafstein, Roland Chrobok, Andreas Pottmeier, Joachim Wahle and Michael Schreckenberg(2010).” A High Resolution Cellular Automata Traffic Simulation Model with Application in a Freeway Traffic Information System”.

Shaw, L. S. (1993). Geography: “a place for GIS”. *Applied Geography*, 13(2), 107-110

Tang Wenjing, Hao Yanling, Zhao Yuxin, Li Ning.” Feature matching algorithm based on spatial similarity”. *Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: Classification of Remote Sensing Images.*

Tandy, C. R. V. (1967). “The isovist method of landscape survey. In Murray H. C. (Ed.) *Methods of Landscape Analysis*”, *Landscape Research Group, London*, (pp. 9–10).

Unity Technologies, (2012), Unity game engine. <http://unity3d.com/unity>

Van Horn, J. E. & Mosurinjohn, N., A. (2010). “Urban 3D GIS modeling of terrorism sniper hazards”. *Social Science Computer Review*, 28(4), 482–496.

Wu, S., Li, J., & Huang G., H. (2008). “A study on DEM-derived primary topographic attributes for hydrologic applications: Sensitivity to elevation data resolution”. *Applied Geography*, 28: 210-223

Xie, H., L. Filippidis, S. Gwynne, E. R. Galea, D. Blackshields and P. J. Lawrence, (2007). "Signage Legibility Distances as a Function of Observation Angle." *Journal of Fire Protection Engineering*, 17(1): 41-64

Yaagoubi, R., M. Yarmani, A. Kamel and W. Khemiri (2015). "HybVOR: A Voronoi-Based 3D GIS Approach for Camera Surveillance Network Placement." *ISPRS International Journal of Geo-Information* 4(2): 754-782.

Abstract

Highway signs provide the necessary information and guidance for drivers, inform them about the regulations governing roads and the risks of them. The locating of the highway signs and taking into account the criteria of sight have a significant impact on the timely finding of the route and avoiding driver confusion, reducing traffic and accidents. The purpose of this research is to provide an approach based on the spatial analysis in 3D space to evaluate the visibility of the signs. The height and direction of the signs, the distance and horizontal angle between the signs and the observer (driver), and the perceived area of the signs are the indicators that influence the visibility of the signs. In the proposed method, moving the cars simulated with Cellular Automata and the 3D roadway static obstacles include the bridge, trees and kinematic obstacles in the path are mapped to the sign surface using projective geometry and the driver's perceived area is calculated for different situations. In order to determine the visibility of the sign at the different vehicle (driver) locations, spatial indices such as the overlap area resulted from the mapping of an obstacle to the sign surface, the distance between the sign and overlap area centers, and the combination of overlap area with distance are presented. The combination of overlap area with distance was selected as an indicator of visibility and driver's visibility in Per second evaluate. with consider the minimum time for perception the sign, calculation the number of sequence and the view of the vehicle (driver) evaluated. The results of this research reveal that the proposed method can be used as an appropriate tool for optimal placement of highway signs in a 3-Dimensional environment.

Keywords: Visibility, 3D modeling, Spatial analysis, Cellular Automata, Traffic Signs



K. N. Toosi University of Technology
Faculty of Geodesy and Geomatic

M.Sc. Thesis in Civil-Surveying Engineering
In Geospatial Information System(GIS)

3D Modeling Of Route guidance Sign Visibility

Supervisor:

Dr. Mohammad Taleai

By:

Sara Karami

autumn 2018

