

مدل سازی سه بعدی و ارزیابی قابلیت دید رانندگان از تابلوهای راهنمای مسیر

سارا کرمی^۱

محمد طالعی^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۰۲/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۰۸/۲۱

چکیده

علائم و تابلوها ضمن در اختیار گذاشتن اطلاعات و راهنمایی‌های مورد نیاز رانندگان، آنها را از مقررات حاکم بر مسیر و خطرات احتمالی پیش رو مطلع می‌کنند. جانمایی اصولی تابلوها در بزرگراه‌ها و معابر شهری با در نظر گرفتن معیارهای دید، تأثیر 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 تأثیرگذار می‌باشند. در روش ارائه شده موانع سه بعدی موجود در مسیر، تحت هندسه‌ی پرسپکتیو به سطح تابلو، تصویر و مساحت قابل درک از تابلو توسط رانندگان در موقعیت‌های مختلف محاسبه می‌شود. جهت ارزیابی قابلیت دید تابلو در موقعیت‌های مختلف خودرو (راننده) در مسیر حرکت، شاخص‌های مکانی از جمله مساحت محدوده مشترک حاصل از تصویر موانع با سطح تابلو، فاصله بین مرکز تابلو و مرکز منطقه‌ی مشترک و ترکیب مساحت با فاصله ارائه گردیده است. سپس ضمن طراحی سناریوهای مختلف حرکت خودرو در یک مسیر شبیه سازی شده و ارزیابی عملکرد هر یک از شاخص‌های مذکور، شاخص ترکیب مساحت با فاصله به عنوان شاخص دید انتخاب و وضعیت دید خودرو (راننده) در چهار کلاس ضعیف، خوب، متوسط و عالی، سنجیده می‌شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، روش ارائه شده می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب در جانمایی بهینه تابلوهای راهنمای مسیر به کار گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: قابلیت دید، مدلسازی سه بعدی، تحلیل مکانی، تابلو راهنمای رانندگی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی Sakarami@email.kntu.ac.ir

۲- دانشیار دانشکده مهندسی نقشه برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی (نویسنده مسئول) taleai@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

به موانع موجود در مسیر و محاسبه قابلیت دید تابلوهای راهنمای مسیر در فضای سه بعدی به صورت دینامیک، است. شناسایی و جانمایی در بهترین موقعیت با لحاظ معیارهای دید و تغییر در پارامترهای مکان و ابعاد تابلو، از دیگر اهداف مورد نظر نویسندگان است.

سؤالات اصلی که در راستای دستیابی به اهداف فوق وجود دارد، عبارت است از:

- معیارهای مؤثر در ارزیابی وضعیت دید تابلوها، به ویژه در تقاطع ها کدام است؟
- ابزار مناسب برای سنجش قابلیت معیارها در طراحی یک مدل پویا جهت ارزیابی وضعیت دید تابلوها توسط رانندگان کدام است؟
- چگونه با کمک مدل ارزیابی طراحی شده، می توان به جایابی بهینه تابلوها پرداخت؟

در ادامه با مروری بر تحقیقات انجام شده و تشریح مبانی تحقیق، روش پیشنهادی ارائه شده است. در قسمت پایانی، به بررسی نتایج حاصل از داده شبیه سازی شده، پرداخته شده است.

در خصوص پیشینه تحقیق می توان گفت که 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.

ناصر پورمعلم و یاسر شریفی مدل نرم افزاری دوبعدی جهت شبیه سازی وضعیت علائم، تابلوها و تجهیزات ایمنی در مسیر ارائه کردند. در این مدل با دریافت اطلاعات مربوط به مسیر، تابلوها در مسیر در فضای دوبعدی بدون لحاظ معیارهای دید جانمایی می شوند (پورمعلم، ۱۳۹۰).

Motamedi و همکاران بهترین موقعیت تابلوهای راهنمایی مترو را با لحاظ پارامترهای دید شناسایی کردند. در این تحقیق از ابزار مدل سازی اطلاعات ساختمان که قابلیت نمایش سه بعدی و ذخیره ویژگی های فیزیکی ساختمان را داراست و همچنین واقعیت مجازی به منظور شبیه سازی حرکت مسافران، استفاده شده است.

علائم راهنمایی، خودروها و جاده به عنوان یک سیستم یکپارچه عمل می کنند. در این سیستم اطلاعات ورودی که بر تصمیم گیری راننده تأثیرگذار است عبارتند از: تابلوهای موجود در مسیر، جاده و عملکرد سایر خودروها. (Yan Bin et al, 2013)

ایمنی یک راه برای عبور خودروها با حداقل تأخیر و ناراحتی برای رانندگان، به نظم و ترتیب ترافیکی بستگی دارد. این نظم و ترتیب در صورتی حاکم می شود 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 جاده ها و بزرگراه ها، درک می کنند (پورمعلم، ۱۳۹۰).

نصب علائم واضح و مؤثر از جمله ضرورت های مهندسی راه و ترافیک به منظور بهره وری مناسب از راه های موجود کشور محسوب می شود. انجمن بین المللی علائم راهنمایی، برای تحلیل تابلوها معیارهای شکل و ظاهر، قابلیت دید و خوانایی را تعریف کرده است. پارامتر شکل و ظاهر، مربوط به رنگ، جنس، بازتابندگی نور و ابعاد و اندازه تابلو می باشد. خوانایی تابلو به قالب نوشتار کلمات، اندازه، رنگ و جهت آن بستگی دارد. قابلیت دید به ویژگی های 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.

با این وجود، 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 نمی گیرد و وضعیت رانندگی آنها به خطر می افتد. یکی از چالش های موجود در این حوزه، شیوه 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).

هدف اصلی این تحقیق شبیه سازی دید رانندگان با توجه

در این تحقیق، ابزاری جهت محاسبه سطح پوشش دوربین با تعریف پارامترهای زاویه افق، ارتفاع هدف و ارتفاع ناظر در نرم افزار Revit ارائه شده است (Huan-Ting Chen et al, 2013). Xie, H و همکاران از مفهوم ناحیه قابل دید برای ارزیابی قابلیت دید تابلوهای خروج اضطراری، استفاده کردند. در این مفهوم، محدوده‌ای که شخص می‌تواند اطلاعات تابلو را درک کند، تعریف شده و با در نظر گرفتن پارامترهای اثرگذار در درک تابلو مانند موقعیت، ارتفاع تابلو و ارتفاع ناظر، قابلیت دید تابلوها ارزیابی می‌شود (Xie, H et al, 2007).

Nassar and Al-Kaisy در سال ۲۰۰۸ مدلی برای ارزیابی تأثیر 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 می‌آیند، 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).

تحقیقات قبلی انجام شده در مدلسازی قابلیت دید تابلو، عموماً در فضای دوبعدی مبحث قابلیت دید را مورد تحلیل قرار داده‌اند. در تحقیقاتی که در فضای سه بعدی صورت گرفته است، قابلیت دید در فضای‌های 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 خط دید افقی و قائم ناظر (راننده) در یک فضای سه بعدی و دینامیک در تحقیقات قبلی مورد محاسبه قرار نگرفته است. همچنین تحلیل و نمایش محدوده غیرقابل دید، از جمله مزیت‌های روش ارائه شده در این تحقیق است.

در این تحقیق با شبیه‌سازی حرکت مسافران که به شکل موانع عمل می‌کنند و همچنین مدلسازی سه بعدی موانع موجود در مسیر، بهترین موقعیت تابلوها شناسایی شده است (Motamedi, et al. 2017).

Filippidis مفهوم محدوده‌ی قابل دید را معرفی و روشی را ارائه داد. این مفهوم به منطقه‌ای که شخص می‌تواند اطلاعات یک شی را دریافت کند، اشاره دارد. این شیء ممکن است تابلو و یا درب خروجی باشد. از ویژگی‌هایی که در ابعاد این محدوده مؤثر است، زاویه افقی بین تابلو و بیننده می‌باشد به نحوی که با افزایش فاصله بیننده از تابلو، زاویه کاهش می‌یابد. این دیدگاه مبتنی بر الگوریتم خط دید است که موقعیت تابلو، موقعیت بیننده و موقعیت موانع موجود در مسیر، از معیارهای مؤثر در تعریف این محدوده است (Filippidis 2006).

Ameen Hamza Albahri و Amin Hammad روشی برای جانمایی و محاسبه سطح پوشش دوربین مدار بسته در داخل ساختمان با استفاده از مفهوم دید، ارائه کردند. جانمایی دوربین اغلب در فضای دو بعدی و بدون در نظر گرفتن موانع انجام می‌شود در حالی که در این تحقیق، ناحیه‌های قابل دید که شامل آسانسور، راهروها و پله‌ها می‌باشند، در فضای سه بعدی مدلسازی شده و با ارزش‌گذاری ناحیه‌ها، میزان سطح قابل پوشش دوربین محاسبه می‌شود (Ameen Hamza Albahri, Amin Hammad, 2017).

Christian Becker-Asano و همکاران با شبیه‌سازی حرکت مسافران، قابلیت دید تابلوهای خروجی فرودگاه را تحلیل و ارزیابی کردند. در این تحقیق، تابلو در فضای سه بعدی با ابعاد، موقعیت و جهت مشخص قرار گرفته و با استفاده از مفهوم ناحیه قابل دید، تعداد دفعات دیده شدن نقاط مرکز و گوشه‌های تابلو توسط مسافران محاسبه و در نهایت قابلیت دید تابلو از صفر تا یک ارزش‌گذاری می‌شود (Becker-Asano, Ruzzoli et al. 2014).

Huan-Ting و همکاران به جانمایی دوربین‌های مدار بسته در فضای داخل ساختمان به کمک تحلیل دید، پرداختند.

۲- مبانی نظری تحقیق

آن پرداخته می‌شود. به طور کلی قابلیت دید، دید مستقیم بین ناظر تا هدف تعریف می‌شود، در صورتی که هیچ گونه مانعی در راستای خط دید^۱ ناظر وجود نداشته باشد. موانع مربوط به سطوح توپوگرافی و عوارض ساخت دست بشر هستند.

همان گونه که در نگاره (۱) مشخص است، با در نظر گرفتن موقعیت ناظر در نقطه O، هدف T1 قابل رؤیت و هدف T2 به دلیل تغییرات ارتفاعی، قابل تشخیص برای ناظر نیست (Yaagoubi, Yarmani et al. 2015).



نگاره ۱: تحلیل خط دید (Yaagoubi, Yarmani et al. 2015)

فاصله و زاویه دید ناظر، در مساحت قابل دید تأثیرگذار است. همان گونه که در نگاره (۲) مشخص است، مساحت قابل دید باتوجه به موقعیت و زاویه دید ناظر تغییر می‌کند (Bartie, Reitsma et al. 2010).



نگاره ۲: مساحت قابل دید با لحاظ فاصله و زاویه دید (Bartie, Reitsma et al. 2010)

همچنین وجود موانع در

مسیر دید ناظر، سطح قابل دید را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همان گونه که در نگاره (۳) مشخص است، با قرارگیری

ادراک بصری^۱ از زمان‌های دور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. این مفهوم به منظور پاسخگویی به سؤالات، 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 (O'Sullivan & Penn, 2001, Fisher-Gewirtzman, 2006).

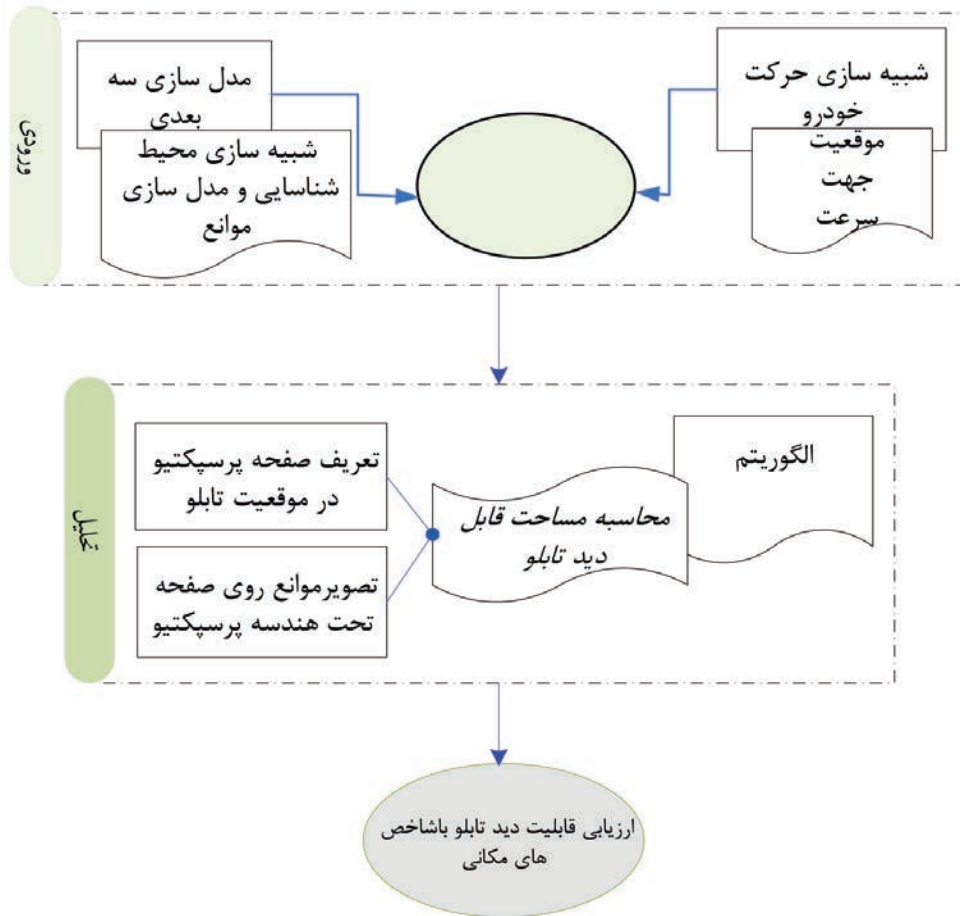
روش میدان دید^۲، به منظور تحلیل دید در فضای رستری با کاربردهای نظامی (Van Horn & Mosurinjohn, 2010; Cohen-Or & Shaked, 1995) و جغرافیا^۳ (Shaw, 1993)، چشم‌انداز معماری (Felleman, 1997) و برنامه‌ریزی شهری به کار گرفته می‌شود. خروجی این تحلیل، لایه‌ای رستری با مقادیر پیکسل صفر و یک است که مقدار صفر محدوده غیرقابل دید و مقدار یک، محدوده قابل دید را نمایش می‌دهد. اساس این روش بر پایه مدل رقومی زمین^۴ می‌باشد و دقت به کار رفته در این مدل، در نتایج حاصل از تحلیل تأثیرگذار 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). از روش‌های برداری تحلیل دید، الگوریتم خط دید است که در ادامه به تشریح

1- Visual Perception

2- Viewshade

3- Geography

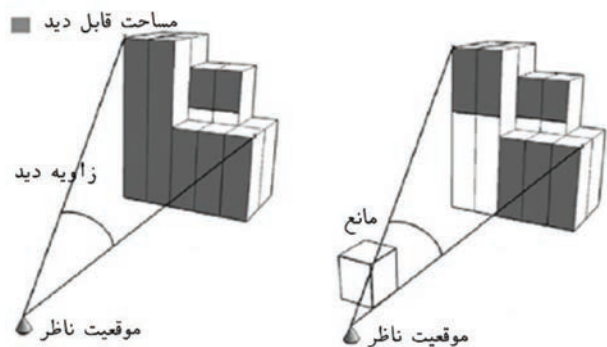
4- Digital Elevation Model



نگاره ۴: فرایند کلی مدل پیشنهادی

است: (۱) مدل سازی سه بعدی محیط و شناسایی موانع موجود (۲) محاسبه مساحت قابل دید تابلو برای خودرو در موقعیت های مختلف تحت هندسه ی پرسپکتیو (۳) محاسبه قابلیت دید تابلو (۴) تحلیل و ارزیابی نتایج. جزئیات روش کار در نگاره (۴) به تفصیل بیان شده است.

موانع در راستای دید ناظر، زاویه افقی و قائم تشکیل شده بین ناظر و هدف تغییر کرده و سطح قابل دید توسط ناظر کاهش می یابد.



نگاره ۳: کاهش مساحت ناحیه قابل دید با قرارگیری مانع (Bartie, Reitsma et al. 2010)

۳-۱- محاسبه مساحت قابل دید تابلو
مدل برداری سه بعدی شامل مجموعه ای از اشیاء است که هرکدام از این اشیاء خود از مجموعه ای از چندضلعی ها تشکیل شده است.

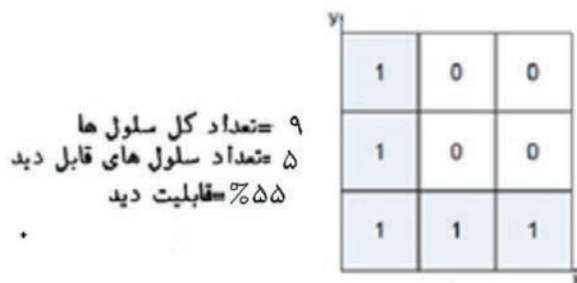
چندضلعی ها مربوط به سطوح توپوگرافی زمین در مدل شبکه نامنظم مثلثی^۱ و اجزاء تشکیل دهنده اشیائی مانند درخت در فضای سه بعدی هستند. هدف محاسبه مساحت

۳- روش تحقیق

روش به کارگرفته شده در این تحقیق به شرح زیر

۳-۲- محاسبه قابلیت دید تابلو

Bartie و همکارانش جهت ارزیابی قابلیت دید، ناحیه مورد بررسی را به سلول‌های پیوسته تقسیم و شاخص دید را براساس تعداد سلول‌های قابل دید ارائه کردند. در این مفهوم، مطابق نگاره (۶)، سلول‌هایی که در راستای خط دید ناظر هستند، مقدار عددی یک را دریافت کرده و به بقیه سلول‌ها مقدار صفر اختصاص می‌یابد. در نهایت از تقسیم تعداد سلول‌های دیده به تعداد کل سلول‌ها، قابلیت



× موقعیت ناظر

نگاره ۶: ارزیابی قابلیت دید در فضای سلولی

(Bartie, Reitsma et al. 2010)

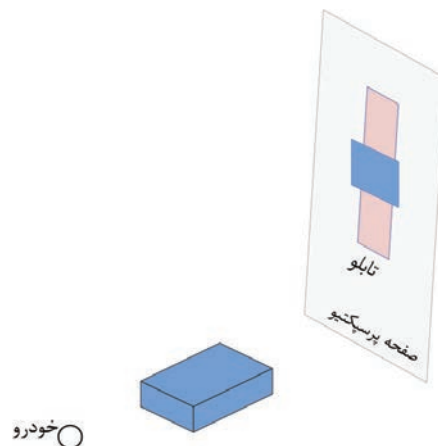
در این تحقیق، جهت تحلیل و بررسی وضعیت دید خودرو، مفهوم تطبیق ویژگی^۳ برای شناسایی و استخراج شاخص‌های مکانی به کار گرفته شده است. در این مفهوم، شاخص‌هایی برای تعیین شباهت نقشه‌ها و تلفیق آنها تعریف می‌شود. بر اساس مطالعات انجام شده، معیارهای زیر جهت شناسایی شباهت‌ها و تلفیق نقشه‌ها به کار رفته است.

Lingli Huang و همکاران برای تلفیق پلیگون‌ها در نقشه کاداستر، از مفهوم تطبیق ویژگی استفاده کردند. در این تحقیق، برای شناسایی و تلفیق چندضلعی‌های مشابه، شاخص‌های فاصله بین مراکز، مساحت و جهت قرارگیری آن‌ها ارائه شده است (Lingli Huang et al, 2010)

قابل دید تابلو با در نظر گرفتن این اشیاء در محیط برداری است. بدین منظور مراحل زیر انجام می‌شود:

- ۱- تعریف صفحه ی پرسپکتیو در موقعیت تابلو
- ۲- تصویر موانع موجود در مسیر تحت هندسه ی پرسپکتیو بر روی صفحه با توجه به موقعیت خودرو
- ۳- محاسبه ی مساحت حاصل از نقاط تصویر شده با استفاده از الگوریتم پوش محدب^۱.

به منظور تصویر موانع به سطح تابلو و محاسبه ی مساحت قابل دید تابلو، از هندسه ی پرسپکتیو استفاده شده است (Ingrid Paciorek, Carlbom, Joseph. 1978). در این تحقیق، با تعریف صفحه پرسپکتیو در موقعیت تابلو، در هر موقعیت خودرو، موانع موجود در مسیر به سطح تابلو تصویر می‌شوند. نگاره (۵).



نگاره ۵: صفحه پرسپکتیو و تصویر مانع روی آن

الگوریتم پوش محدب در سال ۱۹۷۳ توسط جارویس^۲ 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 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 ایجاد می‌شود (Jarvis, R. A, 1973).

1- Convex hull

2- Jarvis

3- Feature Matching

$$SR(a,b) = \left\| \frac{Perimeter(a)}{2\sqrt{\pi Area(a)}} - \frac{Perimeter(b)}{2\sqrt{\pi Area(b)}} \right\| \quad \text{رابطه (۵)}$$

شاخص همپوشانی به منظور سنجش شباهت پلیگون‌ها از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$SRS(a,b) = 1 - \frac{Overlap(a,b)}{Max(Overlap(a,b))} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این رابطه مقدار عددی Overlap(a,b) از رابطه (۷) محاسبه می‌شود.

$$SR(a,b) = \left\| \frac{Area(a \cup b) - Area(a \cap b)}{Area(a \cup b)} \right\| \quad \text{رابطه (۷)}$$

مقدار عددی شاخص‌های ارائه شده در روابط بالا هرچه به یک نزدیکتر باشد، دو چند ضلعی شباهت بیشتری دارند. با توجه به مطالب ذکر شده، در این تحقیق شاخص‌های مساحت، فاصله اقلیدسی مراکز ثقل و ترکیب مساحت و فاصله به منظور تحلیل دید رانندگان و نمایش مساحت قابل دید در موقعیت‌های مختلف، مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۲-۱- مساحت منطقه مشترک

شاخص مساحت، نشان دهنده ی محدوده غیرقابل دید تابلو است. این شاخص، با تقسیم مساحت منطقه ی مشترک حاصل از تصویر موانع به تابلو به مساحت کلی تابلو محاسبه می‌شود. رابطه (۸)

$$Overlap(a,b) = 1 - \frac{OverlapArea(a,b)}{Area(a)} \quad \text{رابطه (۸)}$$

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

۳-۲-۲- فاصله مرکز تابلو تا مرکز منطقه مشترک

فاصله اقلیدسی بین مراکز، نزدیکی محدوده غیرقابل دید به مرکز را نشان می‌دهد. این شاخص، با تقسیم فاصله

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 (۱) محاسبه می‌شود.

$$Dist(a,b) = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)، مقدار عددی شاخص با نظر کاربر مقایسه شده و میزان شباهت ارزیابی می‌شود. با افزایش فاصله بین مراکز، امکان تلفیق پلیگون‌ها کاهش می‌یابد.

به منظور بررسی شباهت بین دو و یا چندپلیگون، شاخص مساحت ارائه شده است. این شاخص از تقسیم مساحت منطقه مشترک بین چند ضلعی‌ها به مساحت چند ضلعی مرجع از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

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

مقدار عددی محاسبه شده با نظر کاربر مقایسه می‌شود و هرچه به نظر کاربر نزدیک تر باشد، دو چندضلعی شباهت بیشتری دارند. Jiyoung Kim و Kiyun Yu به منظور بررسی شباهت هندسی دو نقشه، شاخص‌های شباهت موقعیت مکانی^۱، نرخ شباهت^۲ و همپوشانی^۳ 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 ۳)

$$PS(a,b) = 1 - \frac{OverlapArea(a,b)}{Max(Dist(a,b))} \quad \text{رابطه (۳)}$$

نرخ شباهت دو پلیگون با رابطه (۴) سنجیده می‌شود.

$$SRS(a,b) = 1 - \frac{SR(a,b)}{Max(SR(a,b))} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه مقدار SR(a,b) از رابطه (۵) بدست می‌آید.

1- Position Similarity

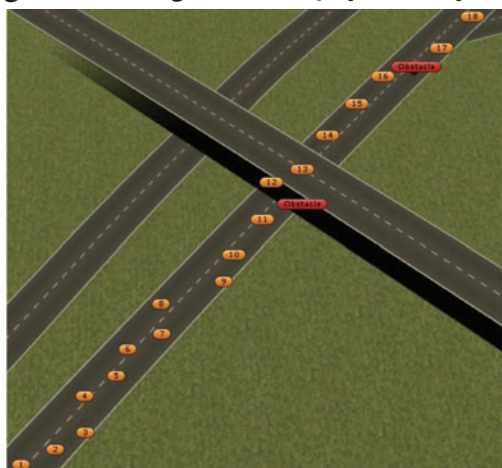
2- Shape Ration Similarity

3- Overlap Similarity

تابلو، در کلاس دید ضعیف، مقدار ۱/۸-۱/۴ عرض تابلو، در کلاس دید متوسط، مقدار ۱/۴-۱/۲ عرض تابلو، در کلاس دید خوب و مقدار ۱-۱/۲ عرض تابلو، در کلاس دید عالی قرار می‌گیرد. در نهایت به منظور تلفیق کلاس‌های حاصل شده در هر موقعیت، تعداد دفعاتی که خودرو دید عالی داشته به تعداد دفعات دیده شده تابلو در طول مسیر حرکت، تقسیم و میزان قابلیت دید تابلو در کل مسیر محاسبه می‌شود.

۴- پیاده‌سازی و یافته‌های عملی

در این تحقیق به منظور ارزیابی قابلیت روش ارائه شده و بررسی قابلیت معیارهای مطرح شده، نتایج حاصل از محاسبه قابلیت دید خودرو در محیط برداری سه بعدی با پیاده‌سازی در نرم افزار Unity3d و برنامه نویسی #C انجام شده است. در این تحقیق، خودرو در فاصله مشخص از تابلو قرار گرفته و در جهات مختلف حرکت کرده و در هر موقعیت، موانع موجود در مسیر بر روی صفحه پرسپکتیو تصویر و قابلیت دید خودرو با تحلیل شاخص‌های مکانی، ارزیابی می‌شود. مطابق نگاره (۷) خودرو در موقعیت‌های شماره‌گذاری شده حرکت کرده و در هر موقعیت شاخص دید سنجیده می‌شود.



نگاره (۷): نمایی از محیط مدل‌سازی و مسیر حرکت خودرو در ارزیابی مطالعه موردی

به منظور نمایش نتایج حاصل از ارزیابی، موقعیت‌هایی از حرکت خودرو انتخاب و در این موقعیت‌ها شاخص‌ها محاسبه و نمایش داده شده است (نگاره (۸)).

اقلیدسی بین مرکز تابلو و مرکز منطقه ی مشترک به عرض تابلو، محاسبه می‌شود. رابطه (۹)

$$\text{Dist}(a, b) = \frac{\sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}}{\text{Width}(a)} \quad \text{رابطه (۹)}$$

مختصات مرکز تابلو و x_b, y_b مختصات مرکز منطقه مشترک حاصل از تصویر موانع روی تابلو است. با کاهش فاصله از مرکز، مقدار عددی شاخص به صفر نزدیک شده که نشان دهنده دید ضعیف خودرو نسبت به تابلو است.

۳-۲-۳- 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، نشان دهنده ی قابلیت دید خودرو است.

$$\text{Visibility} = \frac{\text{OverlapArea}(a, b)}{\text{Dist}(a, b)} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

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

$$\text{Visibility}_{\text{Normal}} = 1 - \frac{\text{Visibility}}{\text{Area}(a)} \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

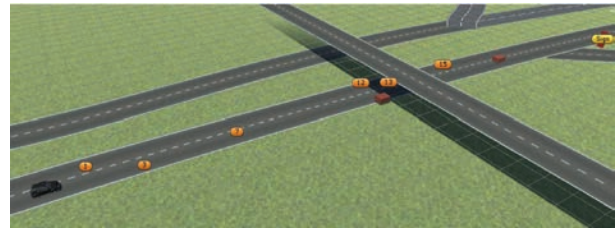
با توجه به رابطه (۱۱)، با افزایش فاصله بین مراکز، مساحت منطقه مشترک کمتر شده و مقدار عددی شاخص به یک نزدیک می‌شود که بیانگر دید کامل خودرو است. در وضعیتی که مانع با سطح تابلو اشتراکی نداشته باشد، با محاسبه فاصله مرکز تابلو تا مرکز مانع، شاخص دید در دو کلاس ضعیف و عالی قرار می‌گیرد. با نزدیک شدن خودرو به موانع، سطح تابلو توسط مانع پوشیده شده و فاصله بین مراکز صفر خواهد بود. در این وضعیت، شاخص دید در کلاس ضعیف قرار می‌گیرد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در این تحقیق، مقدار عددی شاخص دید کمتر از ۱/۸ عرض

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (مهر)
مدل سازی سه بعدی و ارزیابی قابلیت دید رانندگان ... / ۷۹

موقعیت و فاصله خودرو از موانع، موقعیت و مساحت تصویر شده به سطح تابلو متفاوت خواهد بود. با کاهش فاصله خودرو از مانع، مساحت مانع افزایش یافته (نگاره (۱۴)) و در نتیجه مساحت قابل دید تابلو کاهش می یابد. مقادیر عددی شاخص ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱: مقادیر عددی شاخص دید

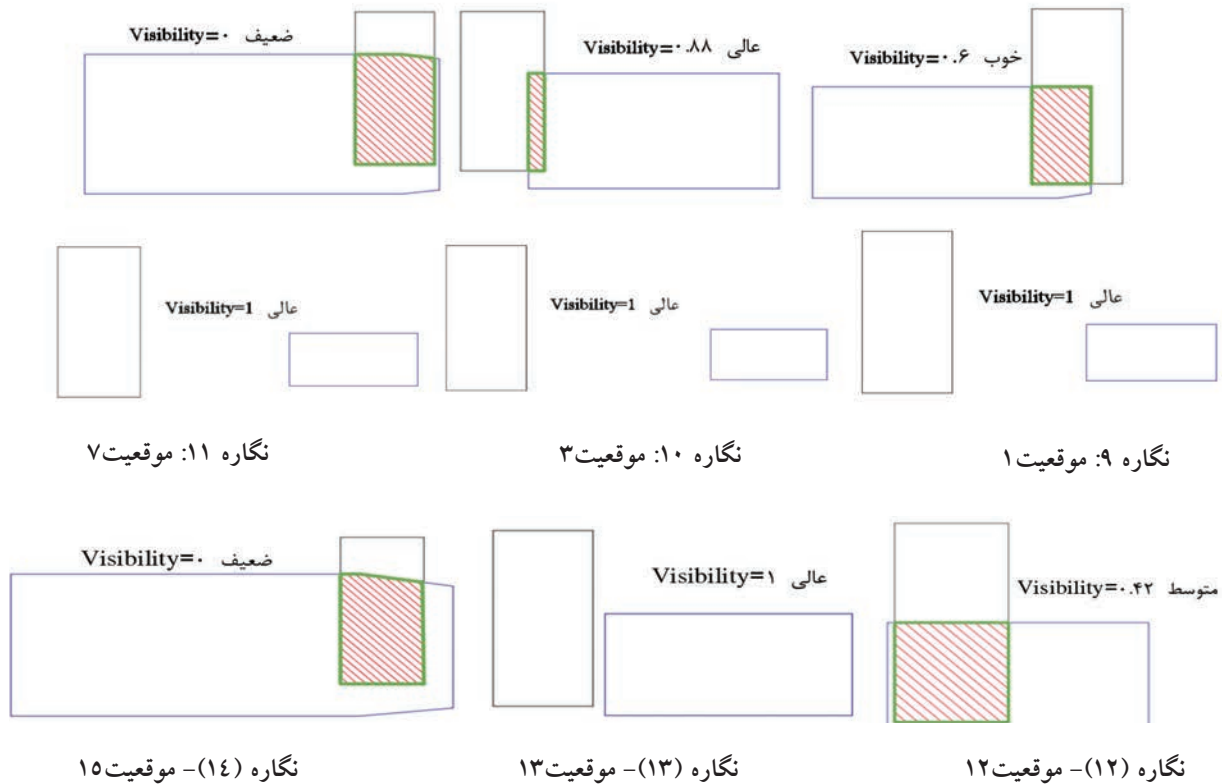
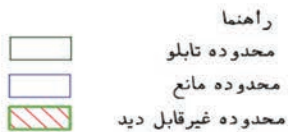
نگاره	شاخص مساحت	شاخص فاصله	شاخص Visibility	
			شاخص	شاخص
نگاره (۹)	۰/۶۴	۰/۵	۰/۶	۰/۶
	-	-	۱	
نگاره (۱۰)	۰/۸۸	۰/۵۷	۰/۸۸	
	-	-	۱	۰/۸۸
نگاره (۱۱)	۰/۲۸	۰/۳	۰	
	-	-	۱	۰
نگاره (۱۲)	۰/۵	۰/۵۳	۰/۴۲	
نگاره (۱۳)	-	-	۱	
نگاره (۱۴)	۰/۲۸	۰/۲۹	۰	



نگاره (۸): موقعیت های انتخابی برای تحلیل شاخص دید

با حرکت خودرو در موقعیت های شماره (۱) و (۳) و (۷) ابتدا موانع اول و دوم بر روی صفحه تصویر شده و پس از آن در موقعیت های بعدی مانع بعدی تصویر و در هر موقعیت شاخص دید محاسبه می شود (نگاره های ۹ الی ۱۴). در نهایت در هر موقعیت کمترین عدد حاصل، بیانگر شاخص دید خواهد بود.

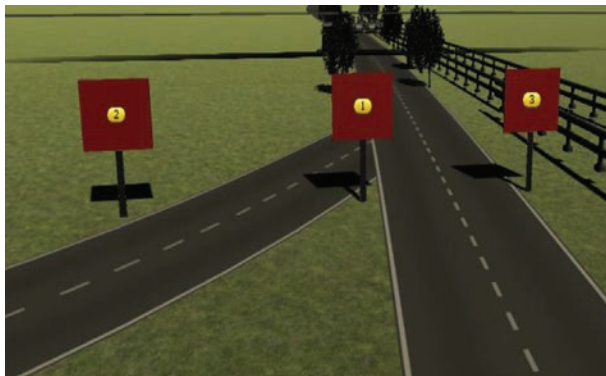
همانطور که در اشکال مشخص است، با توجه به



جدول ۲: مقادیر عددی شاخص دید در موقعیت‌های تابلو

موقعیت شماره	در طول مسیر		
	شاخص مساحت	شاخص فاصله	شاخص Visibility
موقعیت شماره (۱)	-	-	۰
	-	-	۱
	۰/۵۴	۰/۰۳	۰
موقعیت شماره (۲)	-	-	۰
	۰	-	۱
	۰/۴۸	۰/۲۵	۰/۴۸
موقعیت شماره (۳)	-	-	۱
	-	-	۱
	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۷۰
موقعیت شماره (۴)	۰/۷۲	۰/۳۴	۰/۷۶
	-	-	۱
	۰/۹۱	۰/۴۲	۰/۹۴

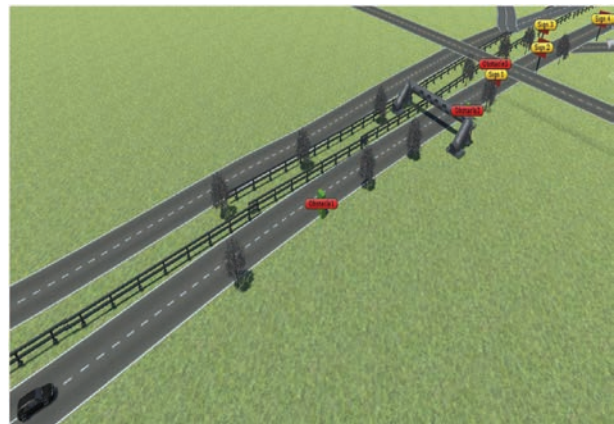
در گام بعد از ارزیابی موقعیت تابلو، پس از شناسایی موقعیت بهینه در طول مسیر جاده، تابلو در صفحه خود (عمود بر عرض جاده) جابجا شده تا بهترین موقعیت در عرض جاده شناسایی شود. نگاره (۱۶) موقعیت‌های در نظر گرفته شده به منظور جابجایی تابلو را نمایش می‌دهد.



نگاره ۱۶: جابجایی تابلو در صفحه عمود بر جاده و در امتداد عرض جاده

در جدول (۳) مقادیر عددی شاخص دید به ازای تغییر موقعیت تابلو در نگاره (۱۶) ارائه شده است. مقایسه مقادیر حاصل نشان می‌دهد که موقعیت شماره (۲)، بهترین موقعیت برای جانمایی است. همچنین در تمامی موقعیت‌ها،

با توجه به جدول (۱) و روابط ارائه شده، شاخص فاصله، میزان دوری یا نزدیکی منطقه غیرقابل مشاهده نسبت به مرکز را نمایش می‌دهد و با کاهش فاصله بین مراکز، مساحت غیرقابل دید افزایش می‌یابد. همان طور که در نگاره (۱۳) مشخص است، با توجه به موقعیت خودرو، مانع هیچ گونه محدودیت دید برای خودرو ایجاد نمی‌کند و خودرو دید کاملی از تابلو دارد. همچنین 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 نگاره (۱۵) مشاهده می‌شود، با توجه به موقعیت عارضه پل و سایر موانع موجود، امکان دید تابلوهای شماره (۱) و (۲) وجود ندارد.



نگاره ۱۵: موقعیت‌های انتخابی تابلو برای تحلیل شاخص دید

مقادیر عددی شاخص دید با لحاظ عارضه پل و همچنین موانع مشخص شده در جدول (۲) ارائه شده است. موقعیت شماره ۴ به دلیل افزایش فاصله تابلو از عوارض موجود، قابلیت دید افزایش یافته و در تمامی شاخص‌ها بالاترین امتیاز را کسب نموده است.

موقعیت شماره ۳ نیز مقادیر بالایی از شاخص دید را کسب کرده است ولی از آنجایی که تابلوها در سمت راست مسیر نصب می‌شوند (بین‌نامه ایمنی راه، ۱۳۸۴)، موقعیت شماره ۴ بهترین موقعیت برای جانمایی در طول مسیر جاده است.

جدول ۳: مقادیر عددی شاخص دید با جابه‌جایی تابلو در صفحه عمود بر عرض جاده

	شاخص مساحت				شاخص فاصله		شاخص Visibility		
	ارتفاع ۶ متر		ارتفاع ۸ متر		ارتفاع ۶ متر	ارتفاع ۸ متر	ارتفاع ۶ متر	ارتفاع ۸ متر	
	۴متر=طول	۳متر=عرض	۴متر=طول	۳متر=عرض					
موقعیت شماره (۱)	۰/۱۸		۰/۱۷		۰/۱۱	۰/۰۸	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	۷/۰	۰/۷
	-		-		-	-	۱	۱	
	-		-		-	-	۱	۱	
	-		-		-	-	۱	۱	
موقعیت شماره (۳)	-		-		-	-	۱	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	

شد و در هر موقعیت خودرو در مسیر، محدوده غیرقابل دید تابلو شناسایی و قابلیت دید سنجیده می‌شود.

مسئلاً تحقیق حاضر دارای برخی کاستی‌ها می‌باشد. از آن جمله می‌توان به لحاظ نمودن توالی تعداد دفعات دیده شدن خودرو جهت ارزیابی وضعیت نهایی دید تابلو، در نظر گرفتن شاخص‌های مربوط به نوع و سرعت خودرو، مدل-سازي رفتار حرکت ترافیکی خودرو در مسیر و شناسایی موانع متحرک (سایر خودروهای واقع در مسیر)، اشاره نمود که در تکمیل این تحقیق مورد نظر نویسندگان می‌باشد. همچنین مطابق با استاندارد انجمن بین‌المللی علائم، علاوه بر قابلیت دید، قابلیت خوانایی حروف نیز در تحلیل علائم مؤثر 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 و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی مورد توجه قرار گیرد.

تابلو با ارتفاع شش متر از سطح جاده، بالاترین امتیاز را کسب کرده است. با این شیوه با جابه‌جایی تابلو و تحلیل شاخص دید، بهترین موقعیت برای جانمایی تابلو شناسایی می‌شود.

۵- نتایج و پیشنهادها

علائم و تابلوها با در اختیار گذاشتن اطلاعات و راهنمایی‌های مورد نیاز رانندگان، نقش مهمی در هدایت آنها ایفا می‌کنند.

یکی از چالش‌های موجود در جانمایی تابلوها، شیوه‌ی تجربی و سنتی بدون در نظر گرفتن معیارهای دید است که موجب از دست رفتن کارایی تابلو خواهد شد. در این تحقیق، روشی برای محاسبه‌ی قابلیت دید تابلوهای راهنمایی موجود در بزرگراه‌ها و معابر شهری در فضای سه بعدی و به صورت دینامیک ارائه شد.

یکی از مزیت‌های روش ارائه شده، نمایش موقعیت و محدوده غیرقابل دید است که در تحقیقات کمتر به آن پرداخته شده است. همچنین با استفاده از این روش می‌توان بهترین موقعیت و وضعیت تابلو را شناسایی کرد. جهت تحلیل دید خودرو از شاخص‌های مکانی مختلفی استفاده

منابع و مأخذ

- Geometric Projections and Viewing Transformations." *ACM Computing Surveys*, 10 (4): 465-502.
- 15-ISA, Conspicuity and Readability, *SIGNLINE*, International Sign Association, 2007, Retrieved from https://www.signs.org/Portals/0/docs/signline/signline_51.pdf (accessed on August 25, 2016).
- 16-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.
- 17-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.
- 18-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.
- 19-Nassar, K. and A. Al-Kaisy (2008). "Assessing sign occlusion in buildings using discrete event simulation." *Automation in Construction* 17(7): 799-808.
- 20-Or, D., & Shaked, A. (1995). "Visibility and dead-zones in digital terrain maps". *Eurographics Association* (14)3, 171-180.
- 21-O'Sullivan, D. & Turner, A. (2001). "Visibility graphs and landscape visibility analysis". *International Journal of Geographical Information Science*, 15 (3), 221-237.
- 22-Phil Bartie, Femke Reitsma, Simon Kingham and Steven Mills, (2010). "Advancing visibility modeling algorithms for urban environments." *Computers, Environment and Urban Systems*, 34: 518-531.
- 23-Shaw, L. S. (1993). *Geography: "a place for GIS"*. *Applied Geography*, 13(2), 107-110.
- 24-SULEIMAN Wassim JOLIVEAUThier, FAVIER Eric (2012). "A New Algorithm for 3D Isovist". *JOLIVEAU & FAVIERE*, 2012.
- 25-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).
- 26-Unity Technologies, (2012), Unity game engine. <http://unity3d.com/unity>.
- 27-Van Horn, J. E. & Mosurinjoh, N., A. (2010). "Urban 3D GIS modeling of terrorism sniper hazards". *Social Science Computer Review*, 28(4), 482-496.
- 28-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.
- 29-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.
- ۱-آیین نامه ایمنی راه‌ها، نشریه شماره ۳-۲۶۷ (علائم ایمنی راه)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۴
- ۲-پورمعلم، شریفی؛ ناصر، یاسر؛ (۱۳۹۰)، «ارائه یک مدل نرم افزاری جهت و انمودسازی 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.
- 3-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
- 4-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.
- 5-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.
- 6-Benedikt, M., L. (1979). "To take hold of space: isovists and isovist fields". *Environment and Planning B*, 6: 47-65.
- 7-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.
- 8-Felleman, J. (1979). "Landscape visibility mapping, theory and practice", School of Landscape Architecture, SUNY, College of Environmental Science and Forestry, (pp. 1-111).
- 9-Filippidis, L. (2006). "Representing the Influence of Signage on Evacuation Behavior within an Evacuation Model." *Journal of Fire Protection Engineering* 16(1): 37-73.
- 10-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).
- 11-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.
- 12-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.
- 13-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.
- 14-Ingrid Carlbom, Joseph Paciorek, (1978). "Planar