

تحلیل سه بعدی مسافت دید توقف در ترکیب قوس افقی و قوس قائم شبیه سازی شده با توابع SPLINE

احمد منصوریان^۱، حمیده قنواتیان^۲، محمدسعید منجم^۳

۱- دکترای مهندسی عمران-راه و ترابری، پژوهشکده حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران-راه و ترابری، دانشگاه آزاد اسلامی-واحد تهران جنوب

۳- دکترای مهندسی عمران-راه و ترابری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده

مسافت دید توقف در طراحی هندسی راه، براساس دستورالعمل آشتو، در دو تراز افقی و قائم اندازه گیری و مقایسه و کمترین مقدار محاسبه شده به عنوان معیار کنترل ایمنی مسیر انتخاب می شود. به طور رایج، مختصات نقاط تشکیل دهنده مسیر در هر تراز، براساس دو بعد طولی- عرضی یا طولی - ارتفاعی محاسبه و سپس، عوامل ایمنی شامل مسافت دید توقف، پاکسازی نواحی داخلی قوس و ... کنترل می شود، در حالی که با داشتن مختصات سه بعدی (طول - عرض - ارتفاع)، می توان مسیر را طراحی و ایمنی آن را در فضای سه بعدی که با شرایط واقعی مطابقت بیشتری دارد، تحلیل نمود. در این مقاله با مدل سازی ترکیب قوس افقی با قوس قائم، به کنترل مسافت دید توقف در فضای سه بعدی پرداخته شده است. برای مدل سازی سه بعدی مسیر از مفاهیم ریاضی مانند توابع SPLINE و برای اعتبار سنجی مدل پیشنهادی، از مطالعه موردی روی محور پاتاوه- دهدشت استفاده شده است. تحلیل های صورت گرفته نشان می دهد که شرایط واقعی (سه بعدی) و شرایط طراحی دوبعدی رایج با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه ای دارند.

کلید واژه: مدل سه بعدی، مسافت دید توقف، توابع SPLINE

^۱ عضو هیئت علمی پژوهشکده حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران، ۰۹۱۲۳۹۰۷۲۴۳، a_mansourian@iust.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد، ۰۹۱۷۱۴۰۸۸۲۰، hamideh_ghanavatiyan_eng@yahoo.com

^۳ عضو هیئت علمی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، ۰۹۱۲۳۸۸۱۱۶۱، monajjem@kntu.ac.ir



۱- مقدمه

طرح هندسی مسیر معمولاً بر اساس ضوابط آیین نامه‌ای و در فضای دو بعدی انجام می‌شود، در صورتی که در عمل (بعد از ساخت و بهره‌برداری از مسیر) رانندگان در شرایطی متأثر از شیب، ارتفاع، طول و عرض و به عبارت دیگر بر اساس شرایط موجود در فضای سه‌بعدی، وسیله‌نقلیه را کنترل می‌کنند. تفاوت بین شرایط طراحی و شرایط بهره‌برداری، در قطعاتی از مسیر که دارای شرایط خاص هندسی از جمله ترکیب قوس افقی و قوس قائم هستند، بیشتر مشاهده می‌شود. تحلیل‌های سه‌بعدی در طراحی هندسی مسیر مبتنی بر شرایط واقعی، از طرح و اجرای پروژه‌های با هزینه‌های پیش‌بینی‌نشده، جهت اصلاح نقاط با ایمنی پایین ناشی از نادیده گرفتن شرایط واقعی مسیر جلوگیری می‌کند.

با توجه به پیشرفت‌هایی که در علم برنامه‌نویسی و کامپیوتر اتفاق افتاده است، امکانات فراوانی در خصوص مدل‌سازی‌های سه‌بعدی و چهاربعدی در زمینه طراحی مسیر فراهم شده است [۱]. در بخش حمل و نقل، بسیاری از متخصصین با استفاده از این امکانات، با نگاهی جدید به مسائل ترافیک و راه و ترابری، به فعالیت مشغول هستند. تحلیل و طراحی هندسی نیز که از مهم‌ترین مراحل ساخت یک راه محسوب می‌شود، از این امر مستثنی نبوده و لازم است براساس واقعیت‌های موجود و با استفاده از دستاوردهای مهم علمی انجام شود.

۲- کاوش در متون

از تحقیقات انجام شده در زمینه موضوع مقاله می‌توان به تحقیق حسن و همکارانش در سال ۱۹۹۷ اشاره نمود. در این تحقیق، مسیر به روش المان محدود و موقعیت راننده با خط دید مدل شد. نتایج دوبعدی و سه‌بعدی با پارامتر تغییرات نسبی مقایسه و بازه عددی از هر پارامتر هندسی برای محاسبه بهترین خط دید برای محور مورد مطالعه بیان شد [۲].

آنا مرنو و همکارانش نیز در سال ۲۰۱۰ با مدل‌سازی مسیر به روش المان محدود و تعریف خط دید، سناریوهای مختلفی برای محاسبه مسافت دید توقف تعریف کردند. در این تحقیق مشخص شد که مسافت دید توقف (بر حسب نسبت بین پارامتر قوس قائم محذب (K_v) و شعاع قوس افقی (R)) که در استاندارد طرح هندسی اسپانیا مطرح شده است) از کمترین مقادیر پیشنهادی در راهنمای طراحی اسپانیا، کمتر است [۳].



در سال ۲۰۱۰، مانوج^۴ و همکارانش در دانشگاه مورگان، نقاط تشکیل دهنده مسیر را در شبکه مثلثی نامنظم، با مشخصات کارتیزین و اعمال شیب در صفحات مختلف افقی و قائم تعریف کردند. در این تحقیق موقعیت راننده و میدان دید، در دو حالت مخروط دید و مستطیل موقعیت مدل سازی شد. نقاط تماس/تقاطع مخروط دید و مستطیل موقعیت با شبکه مسیر، در الگوریتم محاسبه مسافت دید و با اعمال شرایط رانندگی در شب و روز محاسبه و به تحلیل واکنش و رفتار راننده پرداخته شد [۴].

در تحقیقی که در سال ۲۰۰۹ توسط داگان کیم^۵ و همکارانش انجام شد، مسافت دید با تعریف الگوریتم اندازه گیری مسافت دید و خط دید منتخب محتمل، بر این اساس که در آن موقعیت راننده و مانع متغیر است، اندازه گیری شد. این روش در مقایسه با دیگر روش ها، نگرش محتاطانه کمتری به برآورد مسافت دید در هر موقعیت دارد [۵].

فوتیز و همکارانش در سال ۲۰۱۱ در قالب مقاله ای با عنوان "مدلی برای محاسبه و ارزیابی مسافت دید توقف سه بعدی در بزرگراه های تفکیک شده و تفکیک نشده" اقدام به معرفی نرم افزار H11 نمودند. یکی از مهم ترین ویژگی های ذکر شده در مورد این نرم افزار، مشاهده دید سه بعدی راننده توسط کاربر می باشد [۶].

۳- مدل سازی مسیر براساس توابع Spline

۳-۱- تحلیل هندسی قوس افقی

در این مقاله، مدل سازی قوس افقی که معمولاً شامل دو خط مماس ابتدا و انتها، دو طول اتصال تدریجی در ابتدا و انتها که با منحنی کلو توئید تأمین می شود و یک قوس دایره می باشد، براساس روابط ۱ تا ۴ انجام شد [۷]. مختصات نقاط واقع روی هر کدام از منحنی های تشکیل دهنده قوس افقی محاسبه و منحنی ها رسم شد.

$$\begin{aligned}
 H_{i+1} &= H_i + l_i \cdot M_w(\alpha_i) & (1) \text{ خط مماس} \\
 H_{i+1} &= H_i + l_i \cdot M_h(\alpha_{i+1}) \cdot M(\delta_{i+1}) & (2) \text{ کلو توئید با افزایش انحنا} \\
 H_{i+1} &= H_i + l_i \cdot S \cdot M_h(\pi - \alpha_{i+1} - \delta_{i+1}) \cdot M(\delta_{i+1}) & (3) \text{ کلو توئید با کاهش انحنا} \\
 H_{i+1} &= H_i - dir_i \cdot R \cdot M_w\left(\alpha_i - \frac{\pi}{2}\right) + R \cdot M_w\left(\alpha_i - D_g - \frac{\pi}{2}\right) & (4) \text{ دایره}
 \end{aligned}$$

⁴ Manoj K . Jha

⁵ Dae Gun Kim



که در آن H_i مختصات نقطه A_i ، l طول قطعه، M_w بردار واحد، δ زاویه واحد کلوئوئید، D_g درجه قوسی دایره، R شعاع قوس افقی، dir_i نشان دهنده جهت انحنای قوس دایره می باشد.

۲-۲- تحلیل هندسی قوس قائم

قوس قائم نیز که شامل دو خط مماس ابتدا و انتها و یک سهمی می باشد، با محاسبه مختصات نقاط واقع روی هر کدام از منحنی های تشکیل دهنده آن، با استفاده از روابط ۵ تا ۸ محاسبه شد:

$$V_{i+1} = V_i + l_i \cdot \tan(\beta_i) \quad (5) \text{ خط مماس}$$

$$g_i = \tan(\beta_i) \quad (6)$$

$$L \geq K \cdot A_i \quad (7)$$

$$A_i = g_{i+1} - g_i \quad (8)$$

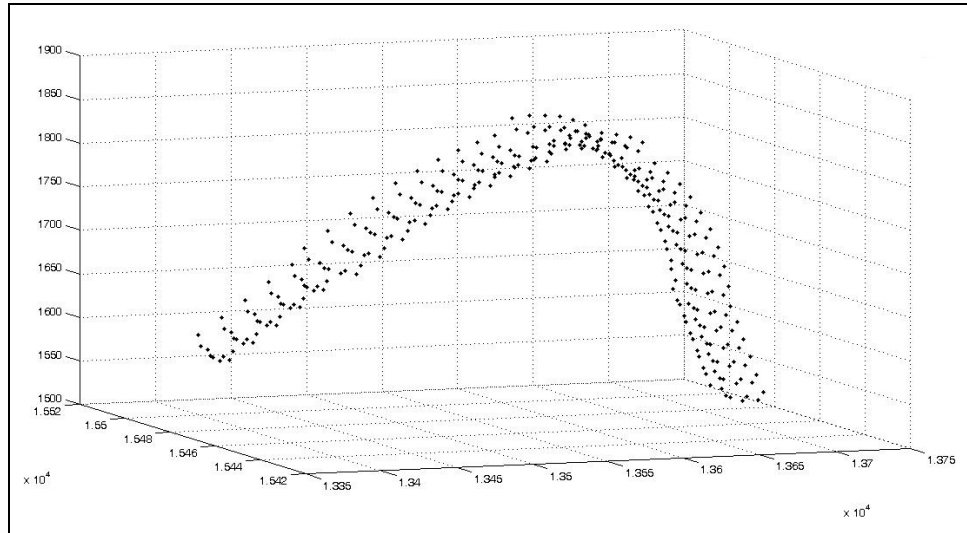
که در آن L ، طول قوس قائم (متر) و K ، میزان انحنای قائم، V_i مختصات نقطه A_i و l طول قطعه می باشد.

۳-۳- مدلسازی مسیر

در مدل سازی ترکیب قوس افقی و قوس قائم، مختصات نقاط تشکیل دهنده مسیر روی قطعات با طول مساوی شامل مختصات طولی، عرضی، ارتفاعی (x, y, z) و دو زاویه α و β براساس طول طی شده در قوس افقی و قوس قائم محاسبه شد. این نقاط بر روی لبه سطح روسازی، لبه شانه راه، لبه مانع، موقعیت راننده و محور وسط محاسبه شد.

در این مدلسازی عرض هر خط در راه اصلی درجه یک برابر با ۳/۶۵ متر [۸]، دور در ابتدا و انتهای هر قطعه، براساس ضوابط آیین نامه ای، حداقل دور ۲٪ و حداکثر دور برای منطقه سردسیر ۶٪ در نظر گرفته شد [۸]، دور در محور مورد مطالعه، بین ۲٪ تا ۶٪ متغیر است [۹].
نمونه ای از ترکیب قوس افقی و قوس قائم شبیه سازی شده در شکل ۱ نشان داده شده است.





شکل ۱: مدل سازی مسیر

۳-۴- صفحات تشکیل دهنده مسیر

با داشتن مختصات سه گانه نقاط روی لبه سطح روسازی، لبه شانه راه و لبه مانع، صفحات متوالی براساس برای پوشش سطح مسیر تعریف شد. با انتخاب سه نقطه $P_1=(x_1, y_1, z_1)$ ، $P_2=(x_2, y_2, z_2)$ و $P_3=(x_3, y_3, z_3)$ بردار قائم n محاسبه شد (رابطه ۹):

$$\vec{n} = \overrightarrow{P_1P_2} \times \overrightarrow{P_1P_3} = \begin{pmatrix} i & j & k \\ x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 \\ x_3 - x_1 & y_3 - y_1 & z_3 - z_1 \end{pmatrix} = Ai + Bj + Ck \quad (9)$$

معادله صفحه پوشش دهنده مسیر از رابطه ۱۰ به دست می آید.

$$A(x - x_1) + B(y - y_1) + C(z - z_1) = 0 \quad (10)$$

۳-۵- مخروط دید

مخروط دید، محدوده دید راننده در پیرامون چشم را نشان می دهد که با توجه به زاویه دید به سه محدوده تقسیم می شود. **Error! Reference source not found.** مخروط دید تیزبینی، مخروط دید با وضوح نسبی و مخروط پیرامونی [۱۰]. در مدل سه بعدی مسیر، موقعیت راننده با مخروط دید شبیه سازی شد. مخروط قائم که محور آن به موازات محور قائم می باشد، از رابطه ۱۱ محاسبه شد.



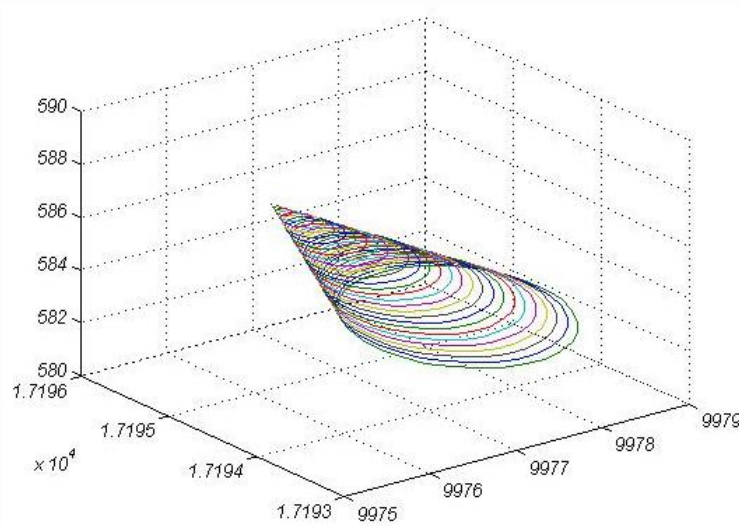
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0 \quad (11)$$

مخروط براساس موقعیت راننده و دو زاویه نسبت به قوس قائم و افقی چرخانده شد. در رابطه ۱۲، مخروط در قوس افقی و با زاویه α و در رابطه ۱۳، مخروط در قوس قائم و با زاویه β چرخانده شده است.

$$(x, y, z) \rightarrow (x', y', z') = (x \cos \alpha + y \sin \alpha, -x \sin \alpha + y \cos \alpha, z) \quad (12)$$

$$(x', y', z') \rightarrow (x'', y'', z'') = (x' \cos \beta + z' \sin \beta, y', -x' \sin \beta + z' \cos \beta) \quad (13)$$

در شکل ۲ نمونه‌ای از مخروط مدلسازی شده، نشان داده شده است.



شکل ۲: مدلسازی مخروط دید

۴- حالت‌های پایه

با مطالعه ۱۵ حالت پایه برای قوس افقی، ۹ حالت پایه برای قوس قائم مقعر و ۹ حالت پایه برای قوس قائم محدب در دو مسیر رفت و برگشت، مسافت دید موجود محاسبه شد. حالات پایه برای دو تراز افقی و قائم در جدول ۱ آورده شده است. برای هر حالت، یک شناسه تعریف شده است.



جدول ۱: مشخصات حالات پایه

حالات پایه قوس قائم محدب				حالات پایه قوس افقی		
L(m)	V (km/h)	A (%)	شناسه	L(s) (متر)	شعاع (متر)	شناسه
۱۱۰	۸۰	۴	2B1-2B2	۵۰	۱۵۰	2*A1** -2A2***
۱۶۰	۹۰	۴	2B3-2B4	۷۰	۱۵۰	2A3-2A4
۲۱۰	۱۰۰	۴	2B5-2B6	۱۰۰	۱۵۰	2A5-2A6
۱۳۰	۸۰	۵	2B7-2B8	۵۰	۲۰۰	2A7-2A8
۲۰۰	۹۰	۵	2B9-2B10	۷۰	۲۰۰	2A9-2A10
۲۶۰	۱۰۰	۵	2B11-2B12	۱۰۰	۲۰۰	2A11-2A12
۱۶۰	۸۰	۶	2B13-2B14	۵۰	۳۰۰	2A13-2A14
۲۴۰	۹۰	۶	2B15-2B16	۷۰	۳۰۰	2A15-2A16
۳۲۰	۱۰۰	۶	2B17-2B18	۱۰۰	۳۰۰	2A17-2A18
حالات پایه قوس قائم مقعر				۵۰	۴۰۰	2A19-2A20
L(m)	V (km/h)	A (%)	شناسه	۷۰	۴۰۰	2A21-2A22
۱۵۰	۸۰	۵	2C1-2C2	۱۰۰	۴۰۰	2A23-2A24
۱۹۰	۹۰	۵	2C3-2C4	۵۰	۵۰۰	2A25-2A26
۲۳۰	۱۰۰	۵	2C5-2C6	۷۰	۵۰۰	2A27-2A28
۱۸۰	۸۰	۶	2C7-2C8	۱۰۰	۵۰۰	2A29-2A30
۲۳۰	۹۰	۶	2C9-2C10	* عدد ۲ در شناسه برای حالت دوبعدی ** اعداد فرد در شناسه برای مسیر رفت *** اعداد زوج در شناسه برای مسیر برگشت		
۲۷۰	۱۰۰	۶	2C11-2C12			
۲۱۰	۸۰	۷	2C13-2C14			
۲۷۰	۹۰	۷	2C15-2C16			
۳۲۰	۱۰۰	۷	2C17-2C18			

۵- مطالعه موردی

محور پاتاوه- دهدشت، بخشی از راه‌های اصلی ایران برای اتصال استان‌های شمالی به استان‌های جنوبی می‌باشد که در استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است. برای بررسی‌های میدانی از اطلاعات اخذ شده از محور پاتاوه-دهدشت استفاده شد. محور پاتاوه- دهدشت به طول ۱۳۶ کیلومتر و شامل ۴ قطعه است که از ۳۵ کیلومتری شهر یاسوج (شهرستان بویراحمد) آغاز و با طی بخش‌هایی از



رشته کوه زاگرس به شهرستان کهگیلویه ختم می شود [۹]. مشخصات قوس های افقی و قائم از این محور که نتایج مدلسازی آن ها در این مقاله استفاده شده است، در جدول ۲ آورده شده است.

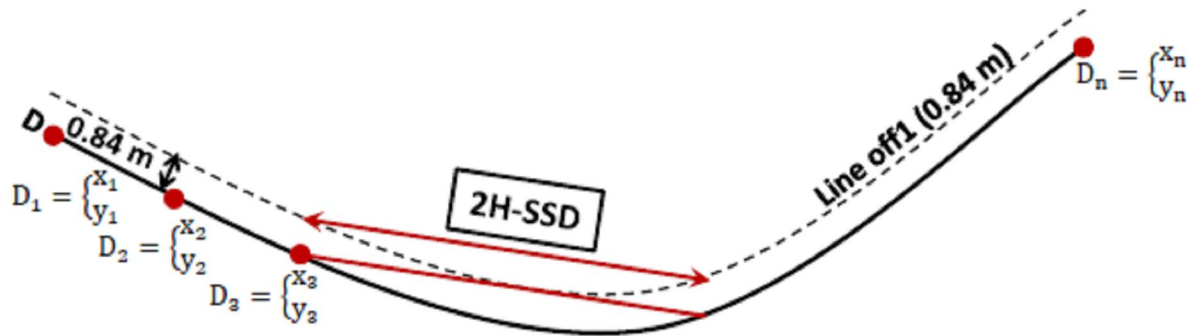
جدول ۲- مشخصات قوس های محور مورد مطالعه

مشخصات		قوس افقی	مشخصات	قوس افقی
۱۳۵	R (m)	قوس قائم محدب واقع بر قوس چپگرد C-43	۲۰۰	R* (m)
۴۲°	Δ(deg)		۳۷°	Δ** (deg)
۷۴	L _s (m)		۹۸	L _s *** (m)
٪۶	e(%)		٪۶	e**** (%)
-۴/۱۰	g _l (%)		-۴/۸۵	g _l (%)
+۲/۰۴	g _n (%)		+۱/۹۸	g _n (%)
۳۰۰	L(m)		۲۰۰	L**** (m)
			* Δ زاویه انحراف قوس افقی / L _s *** طول اتصال تدریجی / e**** دور / L**** طول قوس قائم * R شعاع قوس افقی /	

۶- محاسبه مسافت دید موجود در حالت دوبعدی

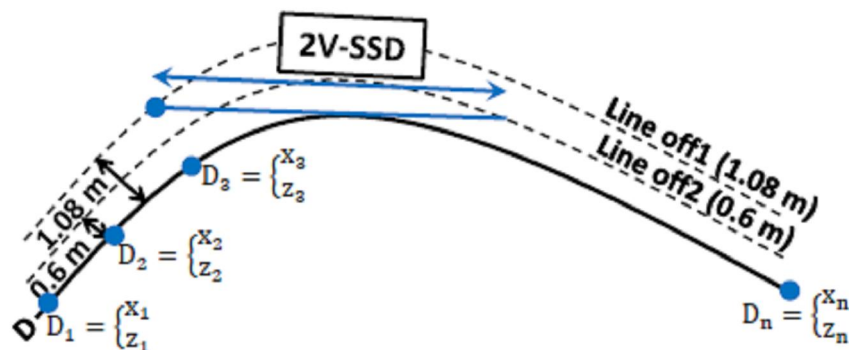
مسافت دید توقف موجود در حالت دوبعدی، به طور ترسیمی روی پلان تعیین و در فواصل متوالی ثبت می شود. طراح، کمترین مسافت ثبت شده در پلان یا پروفیل را انتخاب می کند [۱۱]. در تراز افقی، براساس دستورالعمل آشتو، خطی به موازات مسیر، در فاصله ای به اندازه میانگین ارتفاع چشم راننده (۱/۰۸ متر) و ارتفاع مانع (۰/۶ متر) از محور وسط مسیر و به سمت داخل قوس رسم شد (خط offl). از موقعیت راننده بر روی مسیر، خطی مماس بر خط offl رسم و تا جایی که مسیر را قطع کند، امتداد داده شد. فاصله بین موقعیت راننده و نقطه تقاطع خط دید با خط offl، مسافت دید موجود در حالت افقی (2H-SSD) می باشد (شکل ۳).





شکل ۳: محاسبه مسافت دید در حالت دوبعدی قوس افقی

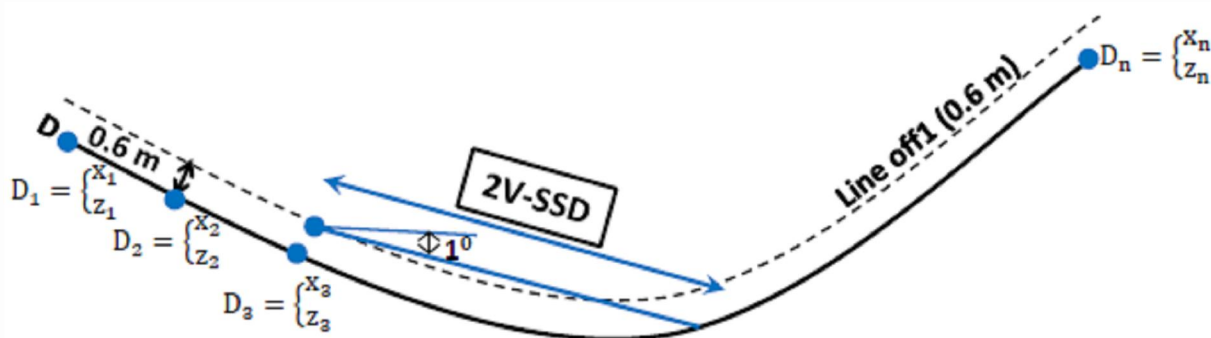
در تراز قائم برای قوس قائم محدب، براساس دستورالعمل آشتو، دو خط به موازات مسیر، در فاصله‌ای به اندازه ارتفاع مانع و ارتفاع چشم راننده از مسیر و به سمت خارج قوس رسم شد (خطوط off1 و off2). در این حالت، موقعیت راننده بر روی خط off1 می‌باشد. خط دید از موقعیت راننده، مماس بر مسیر، تا خط off2 امتداد داده شد. فاصله بین موقعیت راننده و نقطه تقاطع خط دید با خط off2، مسافت دید موجود در حالت قائم (2V-SSD) می‌باشد (شکل ۴).



شکل ۴: محاسبه مسافت دید در حالت دوبعدی قوس قائم محدب

در تراز قائم برای قوس قائم مقعر، براساس دستورالعمل آشتو، خطی به موازات مسیر، در فاصله‌ای به اندازه ارتفاع چراغ جلو وسیله نقلیه از مسیر و به سمت داخل قوس رسم شد (خط off1). فاصله بین موقعیت راننده و نقطه تقاطع خط دید با خط off1 که با زاویه ۱- درجه رسم شده است، مسافت دید موجود (2V-SSD) می‌باشد. در این حالت، موقعیت راننده بر روی خط off1 می‌باشد (شکل ۵). زاویه ۱- درجه، زاویه تابش نور از چراغ جلو وسیله نقلیه می‌باشد.





شکل ۵: محاسبه مسافت دید در حالت دوبعدی قوس قائم مقعر

برای مسافت دید مورد نیاز، تغییرات تدریجی شیب در تراز قائم، زمانی که وسیله نقلیه منحنی سهمی را طی می کند، در رابطه ۱۴، اعمال و مسافت دید مورد نیاز (D-Cal) محاسبه شد. در مدلسازی قوس قائم امکان محاسبه شیب در هر نقطه وجود دارد.

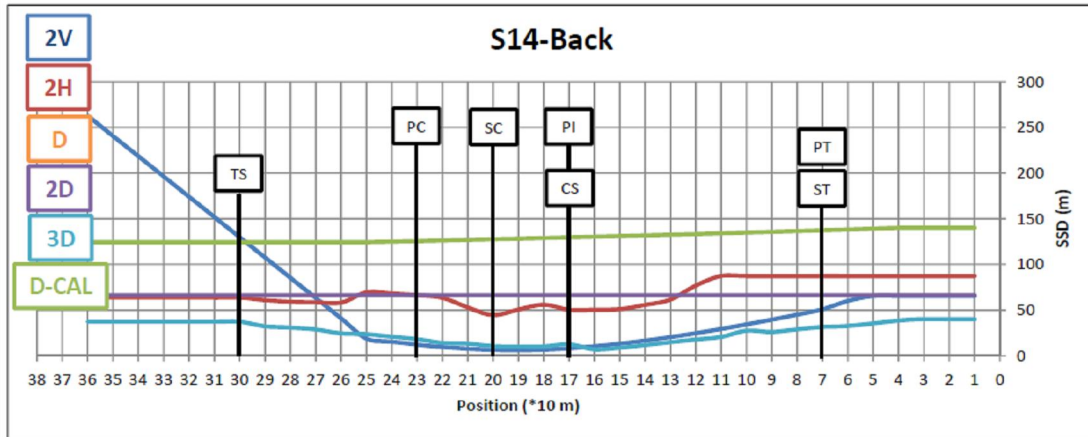
$$d = 0.278V_0t + \frac{V_0^2 - V_1^2}{254(F \pm G)} \quad (14)$$

که در آن d مسافت دید توقف، t زمان عکس العمل راننده، V_0 سرعت اولیه (کیلومتر بر ساعت)، V_1 سرعت نهایی (کیلومتر بر ساعت)، F ضریب اصطکاک بین لاستیک و جاده و G شیب طولی مسیر می باشد.

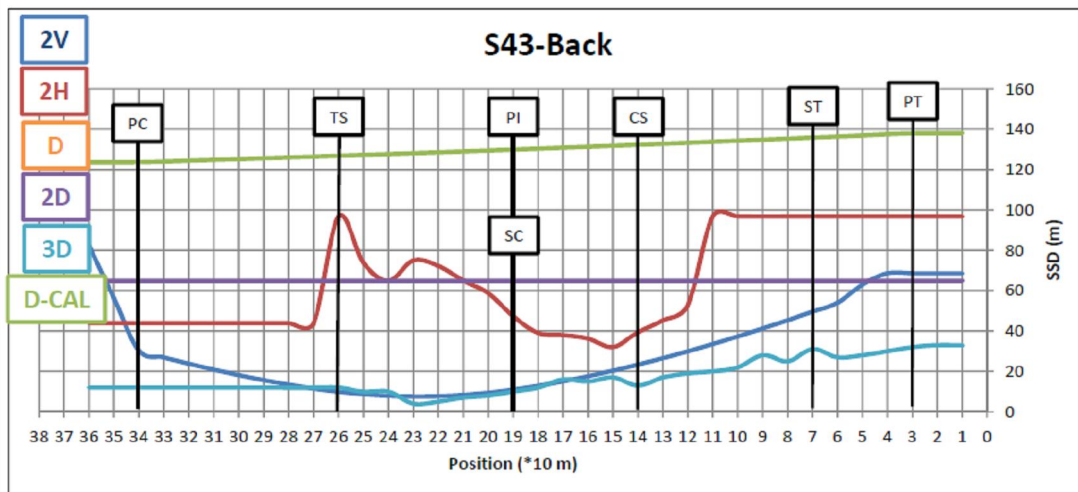
۷- مقایسه حالت های مختلف

نمونه ای از نتایج به دست آمده از مقایسه حالت های مختلف برای دو قوس S14 و S43 در نمودارهای رسم شده در شکل ۶ و شکل ۷ نشان داده شده است. در این نمودارها، رنگ آبی تیره، آبی روشن، قرمز و سبز به ترتیب مربوط مسافت دید توقف محاسبه شده در حالت قائم دوبعدی (2V)، سه بعدی (3D)، مسافت مورد نیاز با اعمال شیب (D-Cal) و افقی دوبعدی (2H) می باشند. نموداری که با رنگ بنفش (2D) نشان داده شده است، مسافت دید توقف براساس رابطه ۱۴ و بدون اعمال تغییرات شیب را نشان می دهد. در این نمودارها، TS نقطه اتصال خط به کلوتوئید، SC نقطه اتصال کلوتوئید به دایره، CS نقطه اتصال دایره به کلوتوئید، ST نقطه اتصال کلوتوئید به خط، PC نقطه شروع سهمی در قوس قائم، PI نقطه تغییر شیب در سهمی، PT نقطه پایان سهمی می باشد. محور افقی موقعیت راننده و محور قائم، مسافت دید توقف اندازه گیری شده (SSD) را نشان می دهد.





شکل ۶: مقایسه حالت‌های مختلف برای قوس S14 در مسیر برگشت



شکل ۷: مقایسه حالت‌های مختلف برای قوس S43 در مسیر برگشت

۸- نتیجه گیری

براساس مطالعه انجام شده، نتایج زیر قابل استنتاج می‌باشد:

- با افزایش شعاع دایره قوس افقی، در فاصله بین CS-ST، نمودار رفتار منظم‌تری داشته است.
- در قوس قائم با افزایش مقدار A و طول سهمی، نقطه با کمترین مسافت دید از نقطه PT فاصله گرفته و در محدوده بین PI-PT قرار می‌گیرد.



- در قوس قائم با افزایش مقدار A و طول سهمی، نقطه با بیشترین مسافت دید از نقطه PC فاصله گرفته و در محدوده بین PC-PI قرار می گیرد.
- برای هر چهار ترکیب قوس افقی و قوس قائم، در فاصله بین TS-SC و PC-PI مسافت دید کاهش و در فاصله بین CS-ST و PI-PT مسافت دید افزایش می یابد.
- در ترکیب قوس قائم مقعر و قوس افقی چپگرد، زمانی که راننده دایره را طی می کند، مسافت دید افزایش و برای قوس افقی راستگرد، مسافت دید کاهش می یابد. این تفاوت می تواند ناشی از طی کردن خط داخلی برای قوس افقی راستگرد و خط خارجی برای قوس افقی چپگرد باشد.
- مدلسازی حالت سه بعدی (3D) که برای قوس های ترکیبی افقی و قائم انجام شد، کمترین مقدار محاسبه شده برای مسافت دید روی کلوتوئید خروجی یا ورودی، رأس قوس قائم یا در نزدیکی آن و بیشترین مقدار محاسبه شده برای مسافت دید روی نقطه اتصال سهمی به خط یا کلوتوئید به خط می باشد.
- اختلاف بین حالت دوبعدی قائم با سه بعدی نسبت به حالت دوبعدی افقی با سه بعدی کمتر است.
- نتایج حاصل از برداشت میدانی محور مورد مطالعه به نتایج حالت سه بعدی و حالت دوبعدی قائم با درصدی اختلاف، نزدیک است.
- انجام طراحی هندسی بدون در نظر گرفتن عوامل ایمنی در مراحل طراحی، نادرست بوده و انجام ممیزی و کنترل شرایط ایمنی بعد از اتمام طراحی و در بسیاری از موارد بعد از اجرای پروژه، کاستی ها و نقص های پرهزینه و جبران ناپذیری را به دنبال دارد.

۹-قدردانی

از پژوهشکده حمل و نقل و مرکز تحقیقات پردازش های فوق سریع دانشگاه امیرکبیر که در فرآیند انجام این تحقیق مساعدت های لازم را معمول نموده اند، تشکر و قدردانی می شود.



۱۰-مراجع

- 1-D.B.F, J.C.C., R.D.V., J.P.L., J.M.M.J., 2008, " Geometric Design: Past, Present and Future".
- 2-Hassan, Y., Easa, S.M. and Halim, A.O.A.E., 1997, "Design Considerations For Combing Highway Alignments", Journal of Transportation Engineering.
- 3-Jha, M.K., Karri, G.A.K. and Kuhn W., 2010 "Selection Of 3D Element For Different Speeds In The 3D Modeling Of Highway", 4th International Symposium on Highway Geometric Design, Valencia, Spain.
- 4-Jha, M.K., Karri, G.A.K. and Kuhn W., 2010 "A Driver's Response-based 3-Dimensional Highway Design Methodology", 90th Annual Meeting of the Transportation Research Board and Publication in the Transportation Research Record.
- 5-Kim, D.G. and Lovell, D.J., 2009, "A Procedure for 3D Sight Distance Evaluation Using Thin Plate Spline", Department of Civil and Environmental Engineering, University of Maryland.
- 6-Fotis, S. M., Viviana, J., H., 2011, "Model for Sight Distance Calculation and Three-Dimensional Alignment Evaluation In Divided and Undivided Highways", 3rd International Conference on Road Safety and Simulation.
- ۷-David, J. L., Jyh, C. J., Peter, C. C., 2001, "Improvements to Sight Distance Algorithm", Journal of Transportation Engineering.
- ۸- آیین نامه طرح هندسی راهها، نشریه شماره ۴۱۵، ۱۳۹۱، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، معاونت نظارت راهبردی، امور نظام فنی.
- ۹- فصل نامه زاگرس، سال دوم، شماره چهارم/پنجم/ششم- تابستان ۱۳۹۱، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان کهگیلویه و بویراحمد.
- ۱۰-Roger, P. R., Elena, S. P., William, R. M., 2010, "Traffic Engineering", Pearson Education International.
- ۱۱-American Association of State Highway and Transportation Officials, a Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 2004 Washington, D.C.



Three Dimensional Analyzed of Stopping Sight Distance for Combination Horizontal Curve with Vertical Curve Simulated by SPLINE Functions

Ahmad Mansourian, Hamideh Ghanavatiyan, Saeed Monajjem

1-PHD of transportation eng., Transportation Research Institute, IUST.

2-MSc of transportation eng., Islamic Azad University, South Tehran Branch

3-PHD of transportation eng., K. N. Toosi University of Technology.

Abstract

Stopping Sight Distance is calculated based on AASHTO instructions for horizontal and vertical alignments and then is compared. Minimum of values is control factor for safety of highway. The common, coordinates of points that are located on road, calculated by two dimensional (x-y) or (x-z). Road is design on 3D space and safety controlled in actual conditions. Safety factors such as stopping sight distance, clearance of internal zone of horizontal curve and etc are controlled. While road is designed by three dimensional coordinate that conforms actual conditions. In this paper, 3D simulation of road is performed by SPLINE functions. Its validation did by case study on Pataveh-Dehdasht highway. Conclusions represent that actual (3D) condition difference with 2D condition.

