INSO
16940-1
1st.Edition
2013

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۶۹۴۰-۱
چاپ اول
۱۳۹۲

سامانه های بازدارنده جاده‌ای – قسمت ۱: واژگان و معیارهای عمومی برای روش‌های آزمون

Road restraint systems – part 1: Terminology and general criteria for test methods

ICS: 93.080.30;13.200;01.040.13
;01.040.93

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است .

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره گیری میشود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« سامانه های بازدارنده جاده‌ای – قسمت ۱: واژه‌نامه و معیارهای عمومی برای روش‌های آزمون»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
کاشی، امید (کارشناس مهندسی متالورژی)	کارشناس استاندارد
دبیر:	
پاکدامن، علی (کارشناس مهندسی صنایع)	مدیرعامل شرکت آزمون جاده ای خودرو
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ابوحمزه ، الهام (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)	کارشناس شرکت آزمون جاده ای خودرو
افشار رضایی، جواد (کارشناس ارشد)	مدیر تحقیق و توسعه شرکت تجهیزات ایمنی راه‌ها
انصاری، سحاب (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)	مدیر تطابق تولید شرکت بازرسی نوآوران کیفیت پارس
برهانی، صفا (کارشناس مهندسی مکانیک)	کارشناس خودرو مرکز تحقیقات ایران خودرو
پژول، پیمان (کارشناس مهندسی هوافضا)	سرپرست آزمایشگاه تست جاده ای مرکز تحقیقات سایپا
تحریریان، سالار (کارشناس مهندسی مکانیک)	کارشناس سازمان ملی استاندارد
سعادتی، یوسف (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)	مسئول استانداردها و قوانین مرکز تحقیقات ایران خودرو
جواد زاده، امیر (کارشناس ارشد مهندسی خودرو)	کارشناس شرکت ایتراک
کدخدازاده، کیاندخت (کارشناس ارشد راه و ترابری)	کارشناس حمل و نقل جاده ای وزارت راه و شهرسازی

مهری، محمد (کارشناس مهندسی مکانیک)	رئیس آزمایشگاه شرکت توسعه خودروکار
نوبخت خانقاه، محمد (کارشناس مهندسی مکانیک)	کارشناس شرکت آزمون جاده ای خودرو
یارمحمدی، سعید (کارشناس ارشد مهندسی مکانیک)	مسئول تحلیل استانداردها شرکت سایپا

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	و
مقدمه	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ علائم اختصاری	۲
۴ اصطلاحات و تعاریف	۳
۵ روش‌های آزمون	۸
۵-۱ محل آزمون	۸
۵-۲ خودروهای آزمون	۹
۶ تجهیزات خودرو	۱۲
۶-۱ تجهیزات موردنیاز برای محاسبه ASI و THIV	۱۲
۶-۲ الزامات فرکانسی	۱۲
۶-۳ تنظیم تجهیزات جابه‌جا شده از مرکز ثقل	۱۳
۷ تحلیل و پردازش داده‌ها	۱۵
۸ نتایج آزمون و محاسبات	۱۷
۸-۱ شاخص‌های شدت	۱۷
۸-۲ شاخص تغییر شکل اتاق خودرو (VCDI)	۲۵
پیوست الف (اطلاعاتی) محاسبات شاخص شدت شتاب (VCDI)	۲۹
پیوست ب (اطلاعاتی) شتاب خودرو- روشهای محاسبه و اندازه‌گیری	۳۱
پیوست پ (اطلاعاتی) کتابنامه	۳۹

پیش گفتار

استاندارد " سامانه های بازدارنده جاده ای – قسمت ۱: واژه نامه و معیارهای عمومی برای روش های آزمون" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط شرکت آزمون جاده ای خودرو تهیه و تدوین شده است و در نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد حمل و نقل مورخ ۱۳۹۲/۰۹/۱۲ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع ، علوم و خدمات ، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود ، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین ، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد .

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

BS EN 1317-1: 2011, Road restraint systems – part 1: Terminology and general criteria for test methods

مقدمه

به منظور حفظ و بهبود ایمنی راه‌ها، طراحی جاده‌های ایمن‌تر مستلزم نصب سامانه‌های بازدارنده جاده‌ای در مقاطع مشخصی از جاده و در مکان‌های ویژه‌ای می‌باشد. این سامانه‌های بازدارنده جاده‌ای، برای هدایت مجدد خودرو منحرف شده با یک سطح عملکردی مشخص، اختصاص داده شده‌اند و می توانند راهنمایی برای عابران پیاده یا سایر کاربران جاده فراهم کنند.

این استاندارد، روش‌های آزمون و معیارهای پذیرش آزمون برخورد که محصولات مورد استفاده در سامانه‌های بازدارنده جاده ای برای نشان دادن انطباق‌شان با الزامات بیان شده در استاندارد EN 1317-5 و یا پیش-نویس استاندارد pr EN 1317-6 نیاز دارند را مشخص می کند. ویژگی‌های طراحی، شرایط مهم عملکردی محل آزمون در رابطه با تاسیسات آزمون [1] را برای سامانه‌های بازدارنده جاده‌ای ذکر شده در گزارش آزمون، تعیین می‌کند.

محدوده عملکردی محصولات مورد استفاده به عنوان سامانه‌های بازدارنده جاده‌ای تعیین شده در این استاندارد، مسئولین محلی و ملی را قادر به تشخیص و تعیین کلاس‌های عملکردی محصولات استقراریافته می‌سازد.

پیوست‌های الف و ب اطلاعاتی در خصوص نحوه اندازه‌گیری شاخص شدت [2] و شتاب خودرو ارائه می‌دهند.

1- Test installation
2- Severity index

سامانه های بازدارنده جاده ای – قسمت ۱: واژگان و معیارهای عمومی برای روش های آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ایجاد مقرراتی برای سنجش عملکرد محصولات مورد استفاده به‌عنوان سامانه-های بازدارنده جاده‌ای، در سطوح مختلف برخورد و شدت برخورد می‌باشد.
این استاندارد شامل موارد زیر می‌شود:

- داده های محل آزمون؛
- تعاریف سامانه‌های بازدارنده جاده‌ای؛
- ویژگی‌های خودرو (شامل الزامات بارگذاری) مورد استفاده در آزمون‌های برخورد؛
- تجهیزات[1] مورد استفاده بر روی خودرو؛
- روش‌های محاسبه و ثبت داده‌های برخورد شامل رده‌های شدت برخورد؛
- شاخص تغییر شکل اتاق خودرو[2].

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود .
در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد ، اصلاحیه ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست . در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های بعدی آن ها مورد نظر است .
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

۲-۱ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۸۶۷۳: سال ۱۳۸۵، خودروهای جاده‌ای – فنون اندازه‌گیری در آزمون‌های ضربه – وسایل اندازه‌گیری- الزامات

2-2 ISO 10392, Road vehicles with two axles – Determination of center of gravity

۲-۳ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲-۱۶۹۴۰: سال ۱۳۹۲، سامانه های بازدارنده جاده ای – قسمت ۲: کلاس-های عملکردی، معیارهای پذیرش و روش های آزمون برخورد برای حفاظ های ایمنی دربردارنده نرده برای خودرو

۲-۴ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳-۱۶۹۴۰: سال ۱۳۹۲، سامانه‌های بازدارنده جاده‌ای – قسمت ۳: کلاس-های عملکرد، معیارهای پذیرش و روش‌های آزمون برخورد برای ضربه‌گیرها

1- Instrumentation
2- Vehicle cockpit deformation index

2-5 EN 1317-4, Road restraint systems – Part 4 : Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals and transitions of safety barriers

۳ علائم اختصاری

در این استاندارد، علائم اختصاری زیر به کار می رود:

آدمک(ATD) [۱]

خودرو حمل بارهای سنگین(HGV) [۲]

کلاس دامنه کانال(CAC) [۳]

کلاس فرکانس کانال(CFC) [۴]

سامانه بازدارنده جاده‌ای(RRS) [۵]

سامانه بازدارنده عابر پیاده(PRS) [۶]

سامانه بازدارنده خودرو(VRS) [۷]

سرعت تئوری برخورد سر(THIV) [۸]

شاخص تغییر شکل اتاق خودرو(VCDI) [۹]

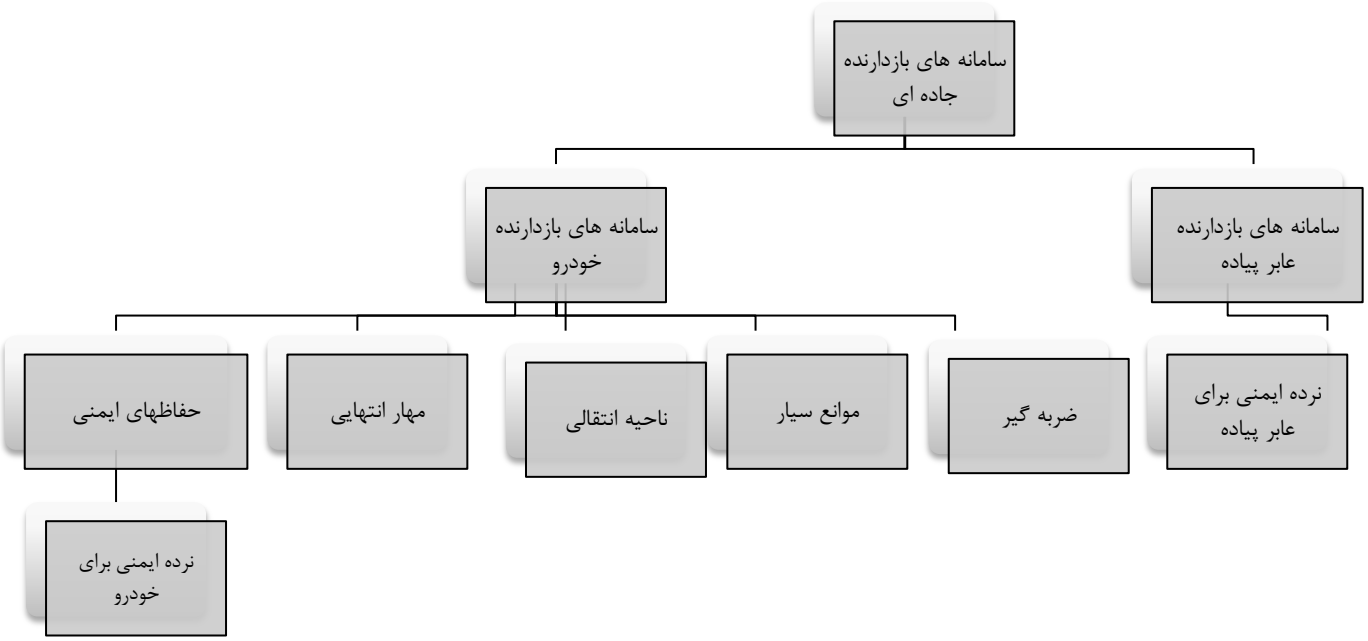
شاخص شدت شتاب(ASI) [۱۰]

مرکز جرم(COG) [۱۱]

1 -Anthropomorphic Test Device
2 -Heavy Good Vehicle
3 -Channel Amplitude Class
4 -Channel Frequency Class
5 -Road Restraint System
6 -Pedestraint Restraint System
7 -Vehicle Restraint System
8 -Theoretical Head Impact Velocity
9 -Vehicle Cockpit Deformation Index
10 -Acceleration Severity Index
11 -Center of mass

۴ اصطلاحات و تعاریف

انواع سامانه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده اند.



شکل ۱ – انواع سامانه های بازدارنده جاده ای

در این استاندارد،اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می رود:

۴-۱

سامانه بازدارنده جاده‌ای[1]

عبارت است از سامانه بازدارنده خودرو و عابر پیاده که در جاده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۲

سامانه بازدارنده خودرو[2]

سامانه‌ای که برای ایجاد سطحی از مهار خودروی منحرف شده در جاده نصب می شود.

۴-۳

حفاظ ایمنی [3]

سامانه به‌هم پیوسته بازدارنده خودرو که در امتداد کنار یا میانه راه نصب می‌شود.

یادآوری- حفاظ ایمنی می تواند شامل نرده ایمنی برای خودرو[4] باشد.

1 - Road restraint system
2 -Vehicle restraint system
3 -Safety barrier
4- Vehicle parapet

۴-۴

مهار انتهایی[۱]

انتهای یک حفاظ ایمنی.

۵-۴

ناحیه انتقالی[۲]

اتصال بین دو حفاظ ایمنی با طراحی ها و عملکردهای مختلف.

۶-۴

نرده ایمنی برای خودرو[۳]

یک حفاظ ایمنی که بر روی لبه یک پل یا برروی یک دیوار حائل[۴] یا سازه های مشابه که در آنجا احتمال پرت شدن وجود دارد، نصب می شود و می تواند بازدارندگی و محافظت بیشتری را برای عابران پیاده و سایر کاربران جاده تامین کند.(ترکیبی از نرده های ایمنی برای خودرو و عابر پیاده)

۷-۴

ضربه گیر [۵]

وسیله جذب کننده انرژی خودرو که در جلوی یک یا چند ناحیه احتمال خطر[۶] به منظور کاهش شدت برخورد نصب می شود.

۸-۴

سامانه بازدارنده عابر پیاده[۷]

سامانه‌ای که برای ایجاد بازدارندگی عابران پیاده نصب می شود.

۹-۴

نرده ایمنی برای عابر پیاده[۸]

عبارت است از سامانه بازدارنده عابر پیاده و یا سایر" کاربران" که در امتداد لبه پیاده‌رو به منظور جلوگیری از وارد شدن یا عبور کردن عابران پیاده و سایر کاربران از جاده و یا سایر مناطق پرخطر نصب می شوند.

یادآوری- "سایر کاربران " شامل سوارکاران ، دوچرخه سوارها، موتورسوارها و چارپایان می شود.

۱۰-۴

جرم خالص

جرم خودرو به همراه تمامی سیالات مربوط.

1-Terminal
2-Transition
3 -Vehicle parapet
4-Retaining wall
5-Crash cushion
6 - Hazard
7-Pedestrian restraint system
8 -Pedestraint parapet

۱۱-۴

جرم اینرسی آزمون[1]

عبارت است از جرم خالص به‌علاوه وزنه های تعادل و تجهیزات ثبت و ترمز به استثنای آدمک.

۱۲-۴

جرم کل

عبارت از جرم خودرو به‌علاوه تمامی اقلام همراه خودروی آزمون در شروع آزمون.

۱۳-۴

نرده ایمنی ترکیبی برای خودرو/عابر پیاده[2]

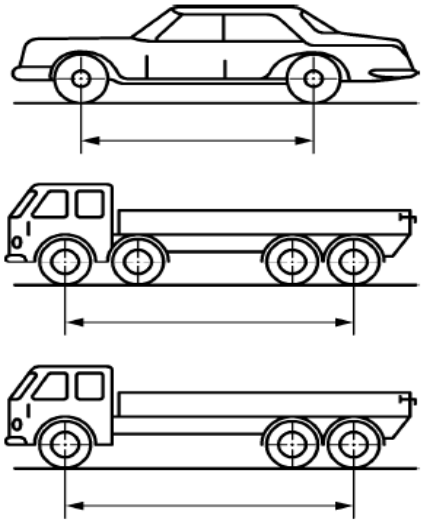
عبارت از نرده ایمنی برای خودرو با قیدهای ایمنی اضافی برای عابرین پیاده و/یا سایر کاربران جاده.

۱۴-۴

فاصله طولی دو محورچرخ[3]

فاصله بین مراکز تماس دو چرخ در یک سمت خودرو که بر روی خط مرکزی طولی خودرو تصویر می شود.

یادآوری- برای خودروهایی با بیش از دو محور، فاصله دو محور چرخ، فاصله بین محورهای دورتر از هم می‌باشد.



شکل ۲- مثال‌هایی برای فاصله دو محور چرخ

۱۵-۴

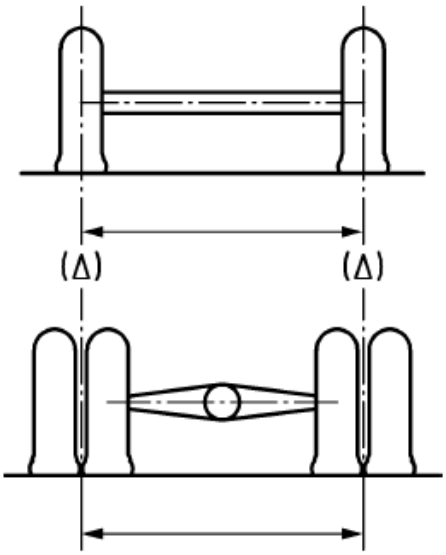
فاصله عرضی چرخ[4]

فاصله بین مرکز تماس تایر دو چرخ یک محور که بر روی صفحه YZ تصویر می شود.

یادآوری- در مورد چرخ‌های دوتایی، فاصله عرضی چرخ نقطه‌ای واقع در بین مراکز تماس تایر دو چرخ دو محوره است.

---

1 - Test inertial mass
2 -Combined vehicle/pedestraint parapet
3 - Wheel base
4 - Wheel track



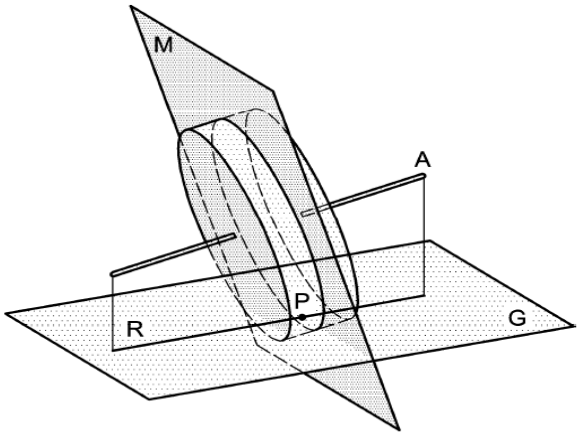
شکل ۳- مثال‌هایی از فاصله عرضی چرخ

۱۶-۴

مرکز تماس تایر[1]

P مرکز تماس تایر (یا صفحه مرکزی بین دو تایر برای خودروهای دو محوره)

یادآوری- شکل ۴ را ببینید.



راهنما

A محور چرخش چرخ
G صفحه زمین
M صفحه میانی چرخ
R تصویر A روی G
P مرکز تماس تایر

شکل ۴- مرکز تماس تایر

1 - Centre of tyre contact

۱۷-۴

آدمک[1]

آدمک نمایانگر صدک پنجاهم مردان بزرگسال است که به طور ویژه برای نمایش شکل، اندازه و جرم یک سرنشین خودرو طراحی می شود و رفتار دینامیکی یک سرنشین را در آزمون برخورد بازتولید می کند.

۱۸-۴

مانع سیار[2]

بخشی از یک حفاظ که به دو انتهای حفاظ‌های دائمی متصل می‌شود، به منظور آنکه به طور کامل یا جز به جز[3] جابه جا یا برداشته شود تا امکان ایجاد یک فضای باز افقی فراهم گردد.

۱۹-۴

سامانه پیش‌تنیده[4]

اجزای طولی اصلی یک حفاظ که برای رسیدن به عملکرد طراحی پیش تنیده شده اند.

۵ روش‌های آزمون

۵-۱ محل آزمون

معبرهای نزدیک شدن خودرو[5] و نواحی خروجی[6] باید به‌طور کلی دارای سطحی صاف با شیبی حداکثر ٪۲/۵ باشند. این نواحی باید دارای سطح آسفالته سفت هموار بوده و در حین آزمون عاری از گرد و خاک، آشغال، آب راکد، یخ یا برف باشند. محل آزمون باید به اندازه‌ای باشد که خودرو آزمون بتواند تا سرعت موردنظر شتاب گرفته و به گونه‌ای کنترل شود که نزدیک شدن آن به سامانه بازدارنده جاده‌ای و دورشدن از آن ثابت بماند.

نقشه(های) ساده دارای ابعاد [7]ناحیه آزمون باید در گزارش آزمون گنجانده شود. این نقشه ها باید ناحیه آزمون شامل محصول بازدارنده جاده‌ای مورد آزمون قرار گرفته، موقعیت تمامی دوربین‌ها، مسیر خودرو، نقطه برخورد و موقعیت‌های دارای ابعاد [8]تمامی قسمت‌های نمونه آزمون با وزن بیشتر از ۲ کیلوگرم که در آزمون گسیخته شده‌اند، را نشان دهند.

هنگام آزمون های معین، از قبیل آزمون نرده ایمنیِ خودرو، جایی‌که از تجهیزات بدنه پل استفاده می‌شود، خودروی آزمون و/یا حفاظ نباید به‌هیچ‌وجه به سازه‌هایی که در نصب نهایی پل حضور ندارند متکی بوده و یا با آن‌ها تماس برقرار کند؛ یعنی اگر خودرو به پشت تجهیزات پل پرت شود، نباید با خاک یا وسایل نگهدارنده تماس برقرار کند.

---

1 - Anthropomorphic test device
2 - removable barrier section
3 - In parts
4 - Pre-tensioned system
5 - Approach
6 - Exit box
7 Dimensioned sketch plan
8 Dimensioned location

ابعاد لبه باید به اندازه ای باشد که عملکرد واقعی خودرو و سامانه مورد آزمایش بر روی لبه پل یا سازه را نشان دهد.
آزمون باید حداقل عرض مورد نیاز سازه در پشت وجه تردد نرده ایمنی، برای مهار ایمن و هدایت مجدد خودرو را اثبات کند.
برای انجام آزمون‌ها مطابق با استانداردهای ملی ایران به شماره‌های ۲-۱۶۹۴۰، ۳-۱۶۹۴۰ یا استاندارد EN 1317-4 ، ناحیه آسفالت(سنگفرش) باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا اجازه ارزیابی خصوصیات خروجی خودرو را بدهد.
اقدامات مناسب باید به منظور به حداقل رساندن تولید گرد و خاک از محل و خودرو آزمون در هنگام آزمون برخورد انجام شود، به گونه ای که عکس های گرفته شده تار نشوند.
برای اطمینان از عدم برخورد خودروی آزمون در ناحیه خروجی، با شی خارجی[1] که می تواند منجر به تغییر شکل‌های اضافی خودرو و در نتیجه مانع اندازه‌گیری دقیق شاخص تغییر شکل اتاق خودرو (VCDI) شود، باید اقدامات مناسبی اتخاذ شود (شکل ۸-۲ را ببینید)
فونداسیون‌ها، تکیه‌گاه‌ها[2] و ملحقات نصب[3] باید مطابق با طراحی سامانه بازدارنده خودرو عمل کنند. سازنده سامانه‌های بازدارنده خودرو باید جزئیات حداکثر نیروهایی که می توانند به وسیله تکیه‌گاه‌ها به فونداسیون منتقل شوند را ارایه کند. این نیروهای حداکثری، باید همان نیروهایی باشند که هنگام خرابی نهایی سیستم بازدارنده خودرو شامل نرده ایمنی خودرو در اثر برخوردهای محتمل، تولید می شوند و این نیروها معمولاً باید بزرگتر از نیروهایی باشند که می‌توانند حین برخورد اندازه‌گیری شوند. بنابراین نیروهای نهایی که می تواند به بدنه پل منتقل شود باید به وسیله محاسبات یا آزمون های ویژه به دست آورده شوند.
نیروهای وارده بر تکیه‌گاه یا پل ممکن است حین آزمون اندازه گیری شده و در گزارش آزمون، گزارش شود.

۵-۲ خودروهای آزمون

۵-۲-۱- کلیات

خودروهای مورد استفاده در آزمون‌ها باید از مدل‌های تولیدی باشند، و برای خودروهای تا ۱۵۰۰ کیلوگرم، باید نماینده مدلهای رایج تولیدی کشور باشند. تمامی خودروهای مورد استفاده در آزمون برخوردِ این استاندارد باید دارای خصوصیات و ابعادی در محدوده مشخصات تعیین شده در جدول ۱ باشند.
تایرها باید تا فشارهای توصیه شده توسط سازنده باد شده باشند. شرایط خودرو باید به گونه ای باشد که الزامات مورد نیاز برای صدور گواهینامه تایید نوع را در مورد تایرها، تعلیق، هم ترازی چرخ و بدنه برآورده سازد. هیچ گونه تعمیرات[4] یا تغییراتی[5] ، شامل تقویت، که خصوصیات کلی خودرو را تغییر داده و این گواهینامه را نامعتبر می‌سازد نباید انجام شده باشد. هرگونه تعمیر باید مطابق با خصوصیات اصلی خودرو به

1 - Independent obstruction
2 - Anchorages
3 - Fixings
4 - Repairs
5 - Modifications

گونه‌ای که توسط سازنده خودرو تعیین شده است، باشد. خودرو باید تمیز باشد و هرگونه خاک و یا گل نشسته بر آن که ممکن است باعث ایجاد گرد و غبار در برخورد شود باید قبل از آزمون برداشته شود. نقاط نشانه برای کمک به تجزیه و تحلیل باید روی سطوح خارجی خودروی مورد آزمون، نشانه‌گذاری شود.

خودرو نباید توسط فرمان یا هر وسیله دیگرحین برخورد و در مدتی که خودرو در ناحیه خروجی قرار دارد مهار شود(به طورمثال توان موتور، ترمز، ترمزهای ضد قفل، قفل کردن[1] یا تثبیت کننده[2]).

۵-۲-۲ شرایط بارگذاری

تمام سیالات باید در جرم اینرسی آزمون درنظر گرفته شوند.

تمامی وزنه‌های تعادل[3]، باید به صورت ایمن و به روشی به اتومبیل متصل شوند که از مشخصات کارخانه سازنده برای توزیع وزن در صفحات افقی و عمودی تخطی نکند.

وزنه‌های تعادل نباید در موقعیت‌هایی ثابت شده باشند، که تغییر شکل خودرو، یا نفوذ به خودرو را تعدیل[4] نمایند.

در هنگام بارگذاری، نباید از وزن مجاز محور خودرو تخطی شود.

مشخصات خودرو آزمون باید به‌گونه‌ای که در جدول ۱ مشخص شده است، باشد.

1 - Blocking
2 - Fixing
3 - Ballast weight
4 - Modify

جدول۱- مشخصات خودرو

جرم (کیلوگرم) ± جرم کل	۹۰۰ ±۴۰	۱۳۰۰ ±۶۵	۱۵۰۰ ±۷۵	۱۰۰۰۰ ±۳۰۰	۱۳۰۰۰ ±۴۰۰	۱۶۰۰۰ ±۵۰۰	۳۰۰۰۰ ±۹۰۰	۳۸۰۰۰ ±۱۱۰۰
جرم اینرسی آزمون[a]	۸۲۵ ±۴۰	۱۳۰۰ ±۶۵	۱۵۰۰ ±۷۵	۱۰۰۰۰ ±۳۰۰	۱۳۰۰۰ ±۴۰۰	۱۶۰۰۰ ±۵۰۰	۳۰۰۰۰ ±۹۰۰	۳۸۰۰۰ ±۱۱۰۰
حداکثر وزنه تعادل[b]	۱۰۰	۱۶۰	۱۸۰	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
آدمک نصب شده	۷۸ ± ۴	نیاز نمی‌باشد	نیاز نمی‌باشد	نیاز نمی باشد	نیازنمی باشد	نیازنمی باشد	نیازنمی باشد	نیاز نمی باشد
ابعاد m (حد رواداری ۱۵٪ ±)								
فاصله عرضی چرخ (جلو وپشت)	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۵۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰	۲/۰۰
شعاع چرخ(بی بار)	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۵	۰/۵۵
فاصله طولی دو محور چرخ (بین دورترین محورها)	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۴/۶۰	۶/۵۰	۵/۹۰	۶/۷۰	۱۱/۲۵
موقعیت مرکز ثقل[c d] m								
فاصله طولی از محور جلو (CGX) ± ٪۱۰	۰/۹	۱/۱۰	۱/۲۴	۲/۷۰	۳/۸۰	۳/۱۰	۴/۱۴	۶/۲۰
فاصله جانبی از خط مرکزی خودرو (CGY)	±۰/۰۷	±۰/۰۷	±۰/۰۸	±۰/۱۰	±۰/۱۰	±۰/۱۰	±۰/۱۰	±۰/۱۰
ارتفاع از زمین (CGZ): -جرم خودرو (۱۰٪ ±)	۰/۴۹	۰/۵۳	۰/۵۳	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد
-بار (۱۵٪+ ، ۵٪-)	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	کاربرد ندارد	۱/۵۰	۱/۴۰	۱/۶۰	۱/۹۰	۱/۹۰
نوع خودرو	خودروی سواری	خودروی سواری	خودروی سواری	خودروهای حمل بارهای سنگین	اتوبوس	خودروهای حمل بارهای سنگین	خودروهای حمل بارهای سنگین	خودروهای حمل بارهای سنگین مفصل دار
تعداد اکسل ها[e]	1s+1	1s+1	1s+1	1s+1	1s+1	1s+1/2	2s+2	1s+3/4

[a] به انضمام بار برای خودروهای حمل بارهای سنگین

[b] به انضمام تجهیزات اندازه‌گیری و ثبت داده ها.

[c] مرکز ثقل خودرو باید زمانی‌که آدمک داخل خودرو نیست، تعیین شود.

[d] مرکز ثقل خودروهای دومحوره باید مطابق با استاندارد ISO 10392 تعیین شود.

[e] S: محور فرمان

۶ تجهیزات خودرو

۶-۱ تجهیزات موردنیاز برای محاسبه ASI و THIV

خودرو باید حداقل، با یک شتاب‌سنج برای اندازه‌گیری شتاب در جهت طولی (جلو)، یک شتاب‌سنج برای اندازه‌گیری شتاب در جهت جانبی (از پهلو)، یک شتاب‌سنج برای اندازه‌گیری شتاب در جهت عمودی (رو به پایین) و به صورت اختیاری با یک سنسور سرعت زاویه‌ای تجهیز شده باشد. شتاب‌سنج‌ها باید در تک نقطه (P) روی تونل[1]، نزدیک به تصویر عمودی مرکز ثقل خودروی تغییر شکل نیافته، نصب شوند، اما این نقطه نباید بیش از ۷۰ میلی‌متر در جهت طولی و ۴۰ میلی‌متر در جهت جانبی از مرکز ثقل فاصله داشته باشد.

تجربه نشان می دهد که، به‌دلیل محدودیت‌های فیزیکی، محل واقعی مجموعه شتاب‌سنج‌ها ممکن است بیش از ۷۰ میلی‌متر از مرکز ثقل انحراف داشته باشد؛ آن گاه، به علت حرکت‌های زاویه‌ای امکان دارد بین شتاب‌های اندازه‌گیری‌شده و شتاب‌ها در مرکز ثقل تفاوت‌های عمده‌ای رخ دهد. در این موارد باید یک مجموعه ثانویه[2] (مجدد) از شتاب‌سنج‌ها در امتداد محور طولی قرار گیرد و فرآیند بیان‌شده در بند ۶-۳ اجرا شود.

زاویه دوران حول محور قایم[3] باید با انتگرال‌گیری از نرخ دوران حول محور قایم[4] یا از طرق دیگر با رواداری $\pm 4^{\circ}$ اندازه‌گیری شود. فاصله زمانی نمونه‌برداری ها نباید از ۵۰ میلی‌ثانیه تجاوز کند. سنسور اندازه گیری دوران حول محور قایم باید روی موقعیت صلبی نصب شود، چون سرعت های زاویه‌ای در هر نقطه از یک جسم صلب مشابه است.

۶-۲ الزامات فرکانسی

ترانسدیوسرها، فیلترها و کانال‌های ثبت[5] باید مطابق با کلاس فرکانسی مشخص شده در بند ۷ باشند؛ که آن کلاس فرکانس CFC-180 برای کانال‌های شتاب و سرعت زاویه‌ای می‌باشد. (داده‌های فیلتر شده با کلاس فرکانس CFC-60 ممکن است برای رسم گرافیکی داده‌های شتاب استفاده شود). آن ها هم چنین باید مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ۸۶۷۳ باشند.

مشخصات فیلتر اشاره دارد به این‌که داده ها باید در یک بازه حداقل ۲ کیلوهرتزی، نمونه‌برداری شوند.

چون داده‌ها باید توسط فیلترهای بازگشتی (باترورث)[6] فیلتر شوند، توصیه می شود داده‌های بیشتری نسبت به داده‌هایی که به ویژه برای تحلیل موردنیاز است، جمع‌آوری شود. فیلتر بازگشتی، همواره در شروع و پایان داده- برداری، "ناپایداری آغازین"[7] تولید می‌کند و نیاز به زمان برای "تصفیه" دارد. باید در شروع و پایان داده‌برداری یک داده پردازی اضافی به مدت ۵۰۰ میلی ثانیه انجام شود؛ این داده های اضافی می تواند بعد از فیلتر کردن کنار گذاشته شود.

1- Tunnel
2 - Second set
3 - Yaw angle
4 - Yaw rate
5 - Recording channels
6 - Recursive(Butterworth) filters
7 - Starting transient

علاوه بر تعیین نرخ نمونه برداری و فرکانس فیلتر، کلاس دامنه فرکانس (CAC) برای هر شتاب سنج و ژیروسکوپ تغییر[1] باید مشخص گردد تا اطمینان حاصل شود که خروجی های ترانسدیوسرها و سیستم ثبت «حذف»[2] نشده اند؛ مادامی‌که جهت جلوگیری از " تدریج"[3] اضافی در فرایند دیجیتالی نمودن[4] ، هنوز در حال تولید ماکسیما[5] که کسری معقول از "مقیاس کامل" هستند، می باشند. مقادیر مناسب CAC باید پس از بازرسی محدوده داده‌های آزمون و داده های بیان شده در گزارش آزمون، انتخاب شوند.

از یک نشانگر رویداد[6] باید برای نشان دادن لحظه اولیه تماس خودرو با سامانه بازدارنده خودرو استفاده شود.

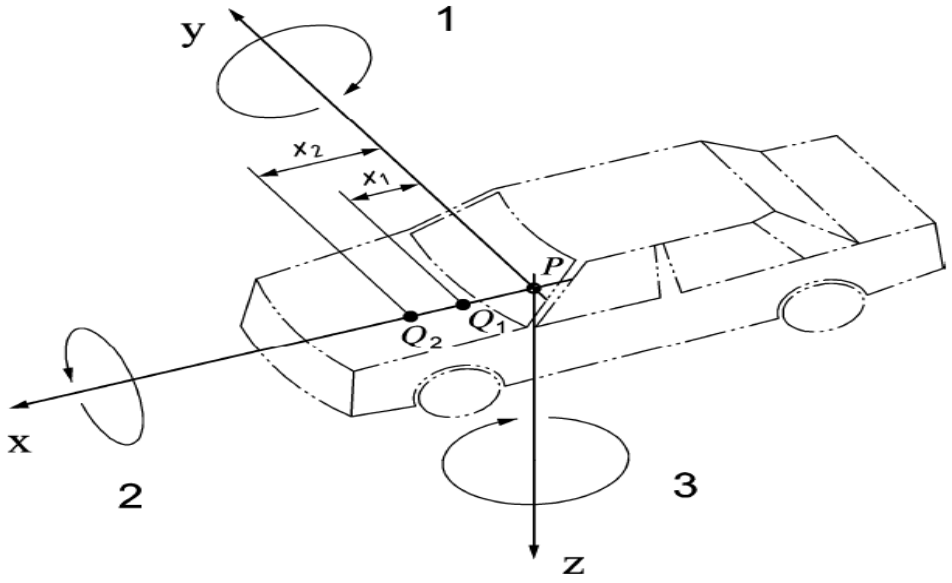
۶-۳ تنظیم تجهیزات جابه‌جا شده از مرکز ثقل

شتاب‌های خودرویی باید از طریق ASI، THIV و مدل فضایی کوبش[7] در ارزیابی نتایج آزمون مورد استفاده قرار گیرد. مجموعه شتاب‌سنج‌ها باید تا حد ممکن نزدیک به مرکز ثقل خودرو (نقطه P) قرار گیرند، اما این فاصله نباید بیش از ۷۰ میلی متر در جهت طولی و ۴۰ میلی متر در جهت جانبی باشد. با این وجود تجربه نشان می دهد که به واسطه محدودیت‌های فیزیکی داخل خودرو، این عمل همیشه امکان‌پذیر نمی‌باشد. درنتیجه، مکان واقعی شتاب‌سنج‌ها می تواند بیش از ۷۰ میلی متر خارج از مرکز ثقل باشد؛ پس بسته به میزان انحراف، اختلاف های قابل توجهی می تواند بین شتاب های اندازه گیری شده و شتاب های مرکز ثقل، به دلیل حرکت زاویه ای رخ دهد.

این اختلاف ها می تواند با استفاده از تجهیزات اضافی کاهش یابد. بنابراین علاوه بر مجموعه اصلی سه شتاب‌سنج، یک مجموعه سه محوره ثانویه نیز باید در امتداد محور x (طولی)، به گونه ای که در شکل ۵ نشان داده شده است، قرار داده شود.

با توجه به شکل ۵، نقطه Q در طول محور x در فاصله x از نقطه P (نزدیک به مرکز ثقل) قرار داده شده است. پیرو علائم قراردادی در شکل ۵، x در صورتی‌که نقطه Q جلوی مرکز ثقل باشد مثبت، و در صورتی‌که پشت مرکز ثقل باشد، منفی است.

1 - Rate gyro
2 - clipped
3 - Quantisation
4 - Digitising
5 - Maxima
6 - Event indicator
7 - Flail space model



راهنما

۱ دوران حول محور عرضی

۲ غلتش حول محور طولی

۳ دوران حول محور قائم

شکل۵- علامت مثبت قراردادی و موقعیت شتاب‌سنج‌ها

$$\begin{aligned} a_{xQ} &= a_{xP} - x\left(\omega_y^2 + \omega_z^2\right) \\ a_{yQ} &= a_{yP} - x\left(\dot{\omega}_z - \omega_x\omega_y\right) \\ a_{zQ} &= a_{zP} - x\left(\dot{\omega}_y - \omega_x\omega_z\right) \end{aligned} \qquad (۱)$$

که در آن:

a_{zQ} ، a_{yQ} ، a_{xQ} شتاب های طولی، جانبی و عمودی نقطه Q هستند؛

a_{zP} ، a_{yP}، a_{xP} شتاب های طولی، جانبی و عمودی نقطه P (مبدا سیستم مختصات) هستند؛

ω_z ، ω_y ، ω_x غلتش حول محور طولی، مقادیر دوران حول محور عرضی و دوران حول محور قائم هستند(معادله (۱) در صورتی که P و Q نقاط یک جسم صلب باشند و نقطه Q روی محور x باشد، برقرار می‌باشد).

اگر دو نقطه متفاوت Q_1 و Q_2 ، در موقعیت‌های مختلف روی محور x تعریف شوند، و مقادیر اندازه‌گیری‌شده در این نقاط به‌ترتیب با زیرنویس‌های ۱ و ۲ داده شود، آنگاه شتاب‌های این نقاط باید توسط معادلات زیر تعیین شود:

$$
\begin{aligned}
a_{x1} &= a_{xP} - x_1(\omega_y^2 + \omega_z^2) \\
a_{x2} &= a_{xP} - x_2(\omega_y^2 + \omega_z^2) \\
a_{y1} &= a_{yP} + x_1(\dot{\omega}_z + \omega_x\omega_y) \\
a_{y2} &= a_{yP} + x_2(\dot{\omega}_z + \omega_x\omega_y) \\
a_{z1} &= a_{zP} - x_1(\dot{\omega}_y - \omega_x\omega_y) \\
a_{z2} &= a_{zP} - x_2(\dot{\omega}_y - \omega_x\omega_y)
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

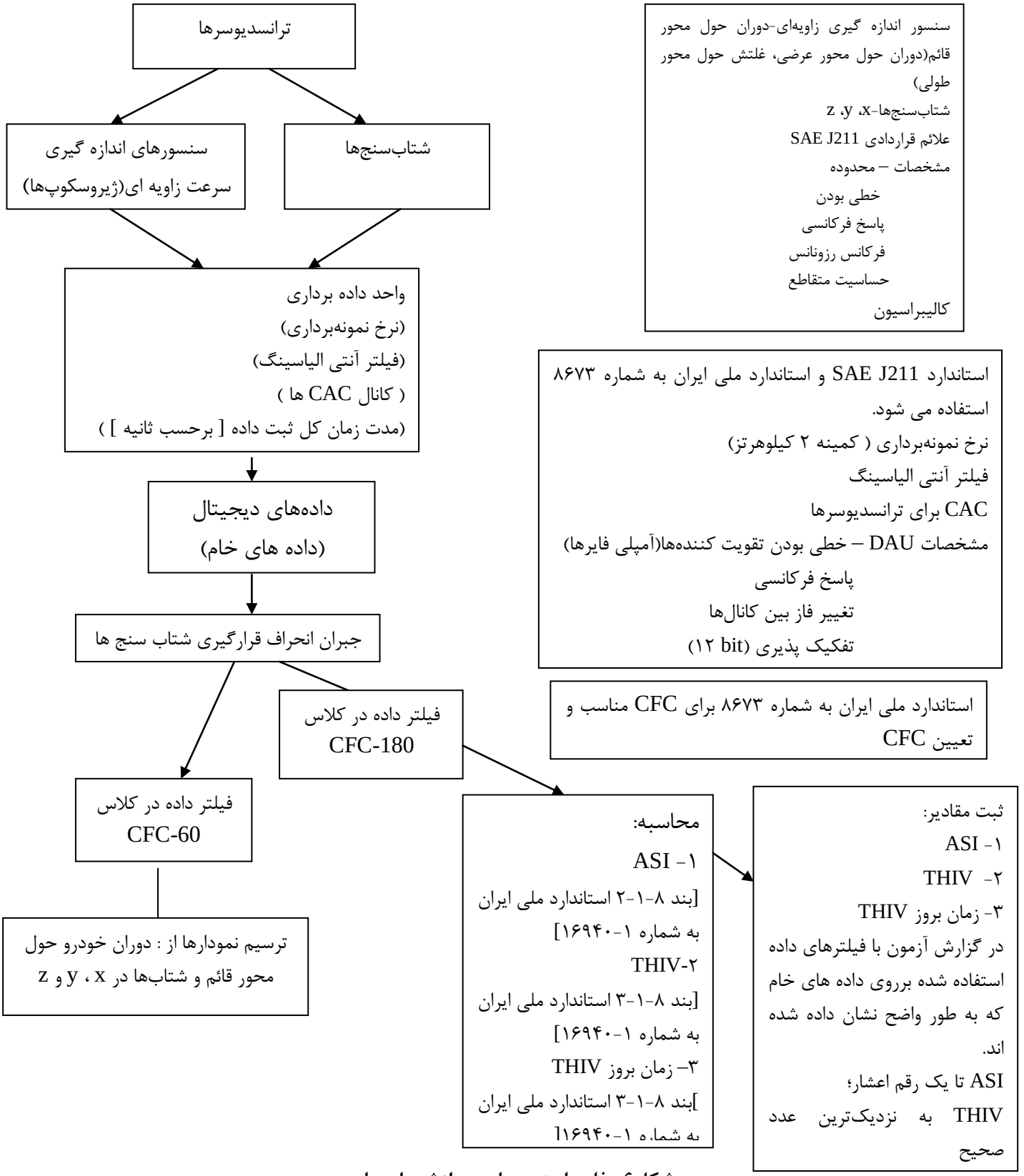
از معادله (۲) شتاب‌های نقطه P باید به صورت زیر محاسبه شود:

$$
\begin{aligned}
a_{\mathrm{xP}} &= \frac{\mathrm{x_1 a_{x2} - x_2 a_{x1}}}{\mathrm{x_1 - x_2}} \\
a_{yP} &= \frac{x_1 a_{y2} - x_2 a_{y1}}{x_1 - x_2} \\
a_{zP} &= \frac{x_1 a_{z2} - x_2 a_{z1}}{x_1 - x_2}
\end{aligned}
\qquad (۳)
$$

یادآوری- معادله (۱) برای هر جهت محورx معتبر است، بنابراین معادله (۳) تنها در صورتی به کار می‌رود که سه نقطه P ، Q_1 و Q_2 متعلق به همان خط مستقیم در هر جهت باشند.

۷ تحلیل و پردازش داده‌ها

داده‌های خام آزمون، که توسط تجهیزات اندازه‌گیری شرح داده شده در بند ۶ ثبت شده‌اند، باید با استفاده از روش‌های داده شده در شکل ۶ پردازش شوند.



شکل۶- فلوچارت جریان پردازش داده‌ها

از داده‌های ثبت شده حین ۶ متر آخر حرکت خودرو قبل از اولین برخورد با VRS باید برای تعیین جبران انحراف قرارگیری شتاب سنج ها از مرکز ثقل، استفاده شود. به طور میانگین حداقل ۱۰۰ نمونه متوالی از این مجموعه داده‌ها باید گرفته شود.

۸ نتایج آزمون و محاسبات

۸-۱ شاخص‌های شدت

۸-۱-۱ کلیات

شاخص‌های شدت ASI و THIV باید به وسیله تجهیزات اندازه‌گیری خودرو، به صورتی که در بندهای ۶-۱ و ۶-۲ مشخص شده است و با استفاده از روش‌های مندرج در بندهای ۸-۱-۲ و ۸-۱-۳ محاسبه شود. این مقادیر باید در گزارش آزمون بیان شود.

۸-۱-۲ خلاصه روش محاسبه ASI

الف) مقادیر سه مولفه A_x ، A_y ، A_z شتاب خودرو را با تجهیزات اندازه‌گیری بیان شده، ثبت نمایید.

به طور کلی چنین مقادیری برروی یک رسانه مغناطیسی نگه دارنده[1]، به صورت سه مجموعه N عددی، نمونه‌برداری شده در یک نرخ نمونه‌برداری مشخص S (تعداد نمونه بر ثانیه) ذخیره می‌شود.

برای چنین مجموعه‌های اندازه‌گیری سه تایی:

$$A_x(1), A_x(2), \dots., A_x(k-1), A_x(k), A_x(k+1), \dots., A_x(N)$$
$$A_y(1), A_y(2), \dots., A_y(k-1), A_y(k), A_y(k+1), \dots., A_y(N)$$
$$A_z(1), A_z(2), \dots., A_z(k-1), A_z(k), A_z(k+1), \dots., A_z(N)$$

شتاب گرانش g[2] باید واحد اندازه‌گیری باشد.

ب) داده را با یک فیلتر دیجیتال بدون فاز چهار قطبه باتروورث[3] فیلتر کنید، با انجام مراحل زیر:

۱) ارزیابی ضرایب:

$T = 1/S =$ دوره نمونه‌برداری بر حسب ثانیه (s)

$CRF = 13\ Hz =$ فرکانس قطع فیلتر[4]

$$w_d = 2\pi CFR$$

$$w_a = \frac{\sin\left(w_d \frac{T}{2}\right)}{\cos\left(w_d \frac{T}{2}\right)} = \tan\left(w_d \frac{T}{2}\right)$$

$$a_0 = \frac{w_a^2}{\left(1 + \sqrt{2} w_a + w_a^2\right)} \qquad (۴)$$

$$a_1 = 2a_0$$

$$a_2 = 2a_0$$

1- Magnetic support media
2- The acceleration of gravity
3- Four-pole phaseless Butterworth digital filter
4- Filter cut-off frequency

$$b_1 = \frac{-2(w_a^2 - 1)}{\left(1 + \sqrt{2}w_a + w_a^2\right)}$$

$$b_2 = \frac{\left(-1 + \sqrt{2}w_a - w_a^2\right)}{\left(1 + \sqrt{2}w_a + w_a^2\right)}$$

۲) برای هر یک از سه مولفه شتاب:اگر:

$X(k)$ K امین جز هر مجموعه از اندازه‌گیری‌ها باشد; و

$Y(k)$ K امین جز از سری‌های فیلترشده باشد،

$$Y(k) = a_0X(k) + a_1X(k-1) + a_2X(k-2) + b_1Y(k-1) + b_2Y(k-2) \quad (۵)$$

که ضرایب a_0 ، a_1 ، a_2 ، b_1 و b_2 باید بر اساس معادله (۴) محاسبه شوند.

معادله (۵) یک فیلتر دوقطبی است. برای انجام یک فیلتر بدون فاز چهارقطبی داده باید دوبار از میان فیلتر عبور کند. عبور داده‌ها از فیلتر به سمت جلو و سپس بازگشت آن از فیلتر به سمت عقب، موجب تغییر فاز داده‌ها نخواهد شد.

راه اندازی فیلتر دیجیتال پاسخی مشابه سوئیچینگ یک سیگنال به ورودی فیلتر آنالوگ می‌دهد. الگوریتم فیلتر دیجیتال، داده غیر صفر اولیه را به عنوان یک تابع پله ای[1] می بیند، و با یک پاسخ مرتبه دوم فرومیرا نوعی[2] پاسخ می دهد. اگر مجموع داده‌هایی که باید فیلتر شود، شامل داده‌های کافی از قبل از رویداد و پس از رویداد باشند، پس شرایط اولیه می‌تواند نادیده گرفته شود، زیرا واکنش فیلتر به ورودی پله اول، قبل از شروع رویداد، میرا[3] خواهد شد. برای این منظور باید حداقل ۵۰۰ میلی‌ثانیه از داده‌های قبل از تماس و ۵۰۰ میلی‌ثانیه از داده‌های پس از تماس ثبت شود.

پ) ASI را به‌عنوان تابعی از زمان محاسبه کنید:

$$ASI(k) = \left[(\bar{A}_x/12)^2 + \left(\bar{A}_y/9\right)^2 + (\bar{A}_z/10)^2\right]^{0.5} \quad (۶)$$

که در آن:

$\overline{A_z}$ ، $\overline{\mathrm{A_y}}$ ، $\overline{\mathrm{A_x}}$ مولفه‌های فیلترشده شتاب خودرو هستند.

ت) *ASI* را به عنوان بیشینه مجموعه‌های *ASI(k)* بیابید.

ث) *ASI* را تا حداقل ۲ رقم اعشار محاسبه کرده و تا یک رقم اعشارگرد شده گزارش کنید، به طور مثال ۱/۴۴=۱/۴ ، ۱/۴۵= ۱/۵.

1- Stop function
2- Typical under-damped second-order response
3- Damp

۸-۱-۳ روش محاسبه THIV

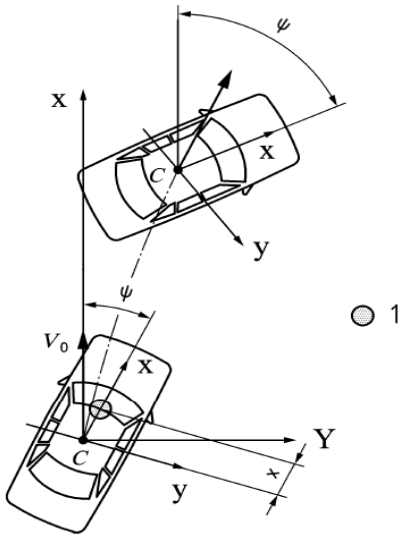
۸-۱-۳-۱ کلیات

مفهوم سرعت تئوری برخورد سر (THIV) برای ارزیابی شدت برخورد سرنشین وسائل نقلیه درگیر در برخورد با سامانه‌های بازدارنده خودرو، توسعه یافته است. سرنشین به عنوان یک جسم (سر) با حرکت آزاد در نظر گرفته شده است که، وقتی سرعت خودرو حین تماس با سامانه بازدارنده جاده‌ای‌تغییر می کند، حرکتش را تا زمان برخورد به سطحی در داخل خودرو، ادامه می دهد. مقدار سرعت تئوری برخورد سر به عنوان میزانی از شدت برخورد خودرو به سامانه بازدارنده خودرو در نظر گرفته می شود.

۸-۱-۳-۲ سرعت تئوری برخورد سر (THIV)

می توان فرض نمود که در شروع تماس خودرو با سامانه بازدارنده، سرعت افقی خودرو و سر تئوری یکسان و برابر V_0 می‌باشد و حرکت خودرو کاملاً منتقل شده است.

درحین برخورد فرض می شود که خودرو تنها در صفحه افقی حرکت می کند ، زیرا میزان بالای پیچش(دوران حول محور عرضی) ، غلتش(دوران حول محور طولی) یا حرکت عمودی(دوران حول محور قائم) از اولویت های اصلی نیستند، مگر اینکه خودرو واژگون شود، که در این حالت آزمون نباید قابل قبول باشد. نیازی به در نظر گرفتن این اتفاق(واژگون شدن خودرو) نمی‌باشد، زیرا در این موارد تصمیم گیری برای رد کردن سیستم انتخابی بر پایه مشاهده بصری یا ضبط تصاویر خواهد بود.



راهنما

۱ سر تئوری

شکل۷- چارچوب‌های مرجع زمین و خودرو

همانطور که در شکل ۷ نشان داده شده است ، دو چارچوب مرجع (راست‌گرد) باید استفاده شود:

الف) چارچوب مرجع "خودرو" Cxy، که x طولی (به سمت جلو مثبت) و y عرضی (به سمت راست مثبت) می باشد. این چارچوب با خودرو حرکت می‌کند، به‌گونه‌ای که مبدأ C یک نقطه ثابت در داخل خودرو

نزدیک مرکز ثقل، نه لزوماً منطبق با آن است، جائی که دو شتاب سنج و سنسور اندازه گیری میزان دوران حول محور قائم نصب شده‌اند. این چارچوب مرجع حول محورx (غلتش) و محور y (دوران حول محور عرضی) نمی چرخد، اما برای چرخش حول محور z (دوران حول محور قائم) به‌همان اندازه که خودرو می چرخد آزاد است به‌گونه‌ای که در زمان t یک زاویه Ψ (مثبت در جهت ساعتگرد در نمای از بالا) با جهت اولیه در می‌سازد.

خودرو برای دوران حول هر سه محور آزاد است، اما این تحلیل فرض میکند که دوران های غلتش (محور x) و دوران حول محور عرضی (محور y) جزیی هستند، به‌گونه‌ای که دوران به‌طور موثر فقط حول محور z رخ می‌دهد. در این حالت، شتاب‌های اندازه‌گیری شده ، در جهت‌های x و y ، که توسط شتاب‌سنج‌ها در نقطه C ثبت شده اند، برحسب متر بر مجذور ثانیه m/s^2 ، به‌ترتیب a_x و a_y هستند، درحالی‌که نرخ دوران $\dot{\Psi}$ (رادیان بر ثانیه) ممکن است توسط یک سنسور در همان مکان اندازه‌گیری شود. شتاب‌های اندازه‌گیری شده a_x و a_y برابر با $\ddot{x}_c$ و $\ddot{y}_c$ نیستند. $\ddot{x}_c$ و $\ddot{y}_c$ مربوط به دیفرانسیل‌های دوم موقعیت خودرو داخل چارچوب مرجع هستند، که برابر صفر می‌باشند، چون خودرو به چارچوب ثابت شده است.

ب) چارچوب مرجع "زمین متحرک"[1] Cxy که منطبق با محور "خودرو" در زمان t=0 است، و در ابتدا با سرعتی برابر با سرعت خودرو حرکت می کند. این محور "لخت[2]" است، یعنی بدون شتاب و با سرعت ثابت حرکت می کند و نمی چرخد. باید توجه داشت که اگرچه هر دو چارچوب مرجع در ابتدا با سرعت اولیه خودرو V_0 در حرکت هستند، اما تحلیل صرفاً با تغییرات سرعت نسبت به این سرعت اولیه سروکار دارد، بنابراین مقدار سرعت اولیه در محاسبات وارد نمی‌شود.

از آنجا حرکت آزادانه سر قبل از اینکه به یک سطح داخل خودرو برخورد کند شتاب نمی‌گیرد، مختصات آن در چارچوب مرجع زمین باید حین فاز پرواز آزاد[3]، حرکتش، ثابت باقی بماند.

۸-۱-۳-۳ حرکت خودرو (در حال حرکت متحرک اما بدون چرخش محور مختصات زمین)

شرایط اولیه در زمان t=0:

$$\begin{cases} x_c = 0 \;\; Y_c = 0 \quad\;\; \Psi = 0 \\ \dot{x}_c = 0 \quad \dot{Y}_c = 0 \quad \dot{\Psi} = 0 \end{cases} \qquad (۷)$$

زاویه دوران حول محور قائم Ψ باید از تصاویر ضبط شده توسط دوربین بالاسری[4] مناسب اندازه گیری شود و یا باید با انتگرال گیری از نرخ دوران حول محور قائم $\dot{\Psi}$ یا از سایر طرق مناسب محاسبه گردد:

$$\Psi(t) = \int_0^t \dot{\Psi} dt \qquad (۸)$$

آنگاه، از مولفه های شتاب خودرو در مرجع زمین:

$$\begin{cases} \ddot{X}_c = a_x \cos\Psi - a_y \sin\Psi \\ \ddot{Y}_c = a_x \sin\Psi + a_y \cos\Psi \end{cases} \qquad (۹)$$

1 - Moving ground
2- Inertial
3- Free-flight phase
4 - Overhead camera

سرعت و موقعیت خودرو باید با انتگرال‌گیری محاسبه شود.

$$\begin{cases} \dot{X}_c = \int_0^t \ddot{x}_c dt \\ \dot{Y}_c = \int_0^t \ddot{Y}_c dt \end{cases} \quad (۱۰)$$

$$\begin{cases} X_c = \int_0^t \dot{x}_c dt \\ Y_c = \int_0^t \dot{Y}_c dt \end{cases} \quad (۱۱)$$

۸-۱-۳-۴ حرکت سر تئوری نسبت به زمین (چارچوب مرجع)

شرایط اولیه سر نسبت به محورهای "زمین متحرک" وابسته به موقعیت اولیه آن در خودرو است (چارچوب های مرجع تعریف شده بودند تا در t=0 منطبق باشند). x_0 و y_0 فواصل اولیه x و y سر از نقطه C در t=0 هستند (y_0 معمولاً صفر درنظر گرفته می‌شود) از اندیس b باید برای مشخص کردن "سر" استفاده شود، و اندیس (0) نشان‌دهنده " در t=0 " است.

$$\begin{cases} X_b(0) = x_0 \quad Y_b(0) = y_0 \\ \dot{X}_b(0) = 0 \quad \dot{Y}_b(0) = 0 \end{cases} \quad (۱۲)$$

از آنجایی‌که سر در حالت پرواز آزاد (شتاب نیافته) است، و چارچوب مرجع"زمین" شتاب نیافته است و سرعتی برابر با سرعت خودرو در t=0 دارد، سر درموقعیت و سرعت خود در چهارچوب "زمین" تا زمانی‌که به داخل خودرو برخورد کند، باقی می‌ماند. به‌طور مشابه، چون محورهای مختصات "خودرو" نسبت به خودرو ثابت می باشند، تغییرمکان و سرعت خودرو باید همواره در محورهای مختصات "خودرو" صفر باشند. درنتیجه این تغییر مکان (از موقعیت اولیه) و سرعت سر نسبت به خودرو منفی موقعیت و سرعت خودرو نسبت به محورهای مختصات زمین است.

$$\begin{aligned} X_b &= x_0 - X_c; \dot{X}_b = -\dot{X}_c \\ Y_b &= y_0 - Y_c; \dot{Y}_b = -\dot{Y}_c \end{aligned} \quad (۱۳)$$

۸-۱-۳-۵ حرکت سر تئوری نسبت به خودرو

مختصات تغییرمکان سر تئوری نسبت به چارچوب مرجع "خودرو" می‌تواند از تغییرمکان خودرو نسبت به مختصات "زمین" ، با استفاده از معادلات زیرمحاسبه شود:

$$x_b(t) = (x_0 - X_c)\cos\Psi + (y_0 - Y_c)\sin\Psi \qquad X_c = \int_0^t \dot{X}_c dt$$

$$y_b(t) = -(x_0 - X_c)\sin\Psi + (y_0 - Y_c)\cos\Psi \qquad Yc = \int_0^t \dot{Y}_c dt \quad (۱۴)$$

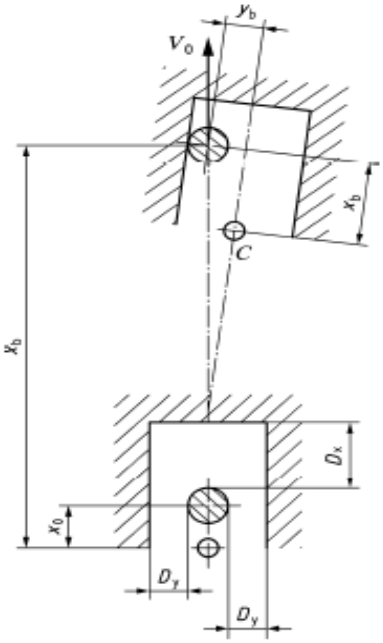
مختصات سرعت سر تئوری با توجه به چارچوب مرجع "خودرو" عبارتند از:

$$\begin{aligned} \dot{X}_b(t) &= -\dot{X}_c\cos\Psi - \dot{Y}_c\sin\Psi + y_b(t)\dot{\Psi} \\ \dot{Y}_b(t) &= \dot{X}_c\sin\Psi - \dot{Y}_c\cos\Psi - x_b(t)\dot{\Psi} \end{aligned} \quad (۱۵)$$

عبارات $x_b(t)\dot{\psi}$ و $y_b(t)\dot{\psi}$ از سرعت یک نقطه در چارچوب چرخان[1] مرجع در یک نقطه با مختصات (x_b, y_b) در آن چارچوب ناشی می‌شود. عبارت سرعت زاویه‌ای $\dot{\psi}$ باید بر حسب رادیان بر ثانیه (rad/s) نه بر حسب درجه بر ثانیه (°/s) اندازه‌گیری شود. این سرعت‌ها باید از سرعت‌های سر در چارچوب (غیر چرخان) "زمین"، به‌منظور یافتن سرعت‌های سر نسبت به چارچوب (چرخان) "خودرو"، کم شوند.

۸-۱-۳-۶ زمان پرواز[2]

فرض شده است که سطوح برخورد نظری در داخل خودرو، مسطح و عمود بر محور x,y خودرو می باشند(شکل ۸ را ببینید). فاصله های چنین سطوحی از موقعیت اصلی سر (فاصله‌های برخورد[3]) باید در جلو، D_x و به صورت عرضی در هر دو سمت، D_y باشد .



شکل ۸- برخورد سر تئوری در سمت چپ

زمان پرواز سر تئوری ، زمان برخورد برروی یکی از سه سطح نظری در شکل شماره ۶ می باشد. یعنی کوچکترین زمان T وقتی که یکی از سه تساوی زیر برآورده شود:

$$x_b(T) = D_X + x_0 \text{ ; یا } y_b(T) = D_y \text{ ; یا } y_b(T) = -D_y \qquad (۱۶)$$

مقادیر استاندارد فاصله های برخورد باید به صورت زیر باشد:

$-D_x = 0.6m;$
$-D_y = 0.3m.$

۸-۱-۳-۷ مقدار THIV

درنهایت، سرعت برخورد سر تئوری، باید سرعت سر در زمان T باشد، یعنی:

$$THIV = \left[V_x^2(T) + V_y^2(T)\right]^{0.5} \qquad (۱۷)$$

که در آن:

1- Rotating frame
2- Flight time
3 - Flail distances

$V_x(T) = \dot{x}_b(T)$ و $Vy(T) = \dot{y}_b(T)$

THIV را حداقل تا ۲ رقم اعشار محاسبه کرده و بصورت گرد شده و بدون اعشار، گزارش کنید، به طور مثال ۳۳/۴ =۳۳; ۳۳/۵=۳۴ .

۸-۳-۱-۸ خلاصه‌ای از روش محاسبه THIV

الف) نرخ دوران حول محور قائم و شتاب های خودرو را ثبت کنید و به شکل دیجیتالی با نرخ نمونه برداری S ذخیره نمائید. ثبت کردن داده ها باید حداقل ۵۰۰ میلی‌ثانیه قبل از تماس با سامانه بازدارنده خودرو شروع شود. قبل از شروع تحلیل، ممکن است لازم باشد، بایاس ها[1]ی صفر در داده‌ها را توسط یک روش مناسب با استفاده از داده‌های قبل از برخورد حذف کنیم. سپس این داده‌ها باید به‌گونه‌ای که در بند ۷ مشخص شده، فیلتر شوند.

ب) برای به دست آوردن داده های زاویه دوران حول محور قائم در نرخ نمونه‌برداری مشابه دیگر داده‌های ثبت شده، بین مقادیر اندازه گیری شده زاویه دوران حول محور قائم به صورت خطی درون‌یابی کنید، یا به عنوان جایگزین از نرخ دوران حول محور قائم با به کار بردن روال انتگرال‌گیری در یک نرم افزار تحلیلی مناسب، یا با استفاده از نرم افزار الگوریتم، انتگرال گیری کنید. (معادله (۱۸))

$$\Psi = \int \dot{\Psi} \mathrm{dt} \qquad (۱۸)$$

پ) شتاب خودرو را در محورهای مختصات (غیرچرخان) "زمین" محاسبه کنید (معادله (۱۹)).

$$\ddot{X}_c = a_x \cos\Psi - a_y \sin\Psi$$
$$\ddot{Y}_c = a_x \sin\Psi + a_y \cos\Psi \qquad (۱۹)$$

ت) شتاب خودرو را در محورهای مختصات (غیرچرخان) "زمین" انتگرال‌گیری کنید (معادلات (۲۰) و (۲۱)).

یادآوری- قبل از انجام انتگرال‌ها، شتاب‌ها باید برحسب واحدهای " ms^{-2} " نه بر حسب "g" باشد. اگر داده‌های ثبت شده اصلی برحسب واحدهای "g" باشد، شتاب‌ها باید برای به دست آوردن شتاب برحسب " ms^{-2} "، در ۹/۸۱ ضرب شوند.

$$\begin{cases} \dot{X}_c = \int_0^t \ddot{X}_c dt \\ \dot{Y}_c = \int_0^t \ddot{Y}_c \mathrm{dt} \end{cases} \qquad (۲۰)$$

1- biases

$$\begin{cases} X_c = \int_0^t \dot{X}_c dt \\ \mathrm{Y_c} = \int_0^t \dot{\mathrm{Y}}_c \mathrm{dt} \end{cases} \qquad (۲۱)$$

ث) موقعیت و سرعت سر تئوری را نسبت به محورهای مختصات (چرخان) برمبنای خودرو محاسبه کنید (معادلات (۲۲) و (۲۳)).

$$x_b(t) = (x_0 - X_c)\cos\Psi + (y_0 - Y_c)\sin\Psi \qquad X_c = \int_0^t \dot{X}_c dt$$

$$y_b(t) = -(x_0 - X_c)\sin\Psi + (y_0 - Y_c)\cos\Psi \qquad Y_c = \int_0^t \dot{Y}_c dt \qquad (۲۲)$$

مختصات سرعت سر تئوری نسبت به چارچوب مرجع خودرو باید به صورت زیر باشد:

$$\dot{x}_b(t) = -\dot{X}_c cos\Psi - \dot{Y}_c sin\Psi + y_b(t)\dot{\Psi}$$
$$\dot{y}_b(t) = \dot{X}_c sin\Psi - \dot{Y}_c cos\Psi - x_b(t)\dot{\Psi} \qquad (۲۳)$$

ج) کمترین مقدار t که یکی از سه معادله زیر را برآورده سازد، بیابید:

$$x_b(t) = D_x + x_0 \quad ; \quad y_b(t) = D_y \quad ; \quad y_b(t) = -D_y \qquad (۲۴)$$

چ) محاسبه کنید:

$$THIV = \left[\dot{X}_b^2(t) + \dot{y}_b^2(t)\right]^{1/2} \qquad (۲۵)$$

ح) *THIV* را بر حسب کیلومتر بر ساعت (km/h) حداقل تا ۱ رقم اعشار محاسبه کرده و بدون اعشار، گرد شده، گزارش کنید، به طور مثال ۳۳= ۳۳/۴؛۳۴=۳۳/۵.

۸-۲ شاخص تغییر شکل اتاق خودرو (VCDI)

۸-۲-۱ تغییرشکل

هدف از این شاخص این است که توصیفی قاعده مند از تغییرشکل داخلی خودرو، برای کمک به درک شدت برخورد گزارش شود و باید آسیب وارد بر خودرو به واسطه برخورد با سامانه بازدارنده خودرو، و نه برخوردهای ثانویه را منعکس کند.

VCDI تنها باید برای خودروهای سواری تعیین شود.

این شاخص مکان و مقدار تغییر شکل اتاق خودرو را تعیین می‌کند، و باید شامل دو کاراکتر الفبایی بعلاوه ۷ کاراکتر عددی به شکل زیر باشد:

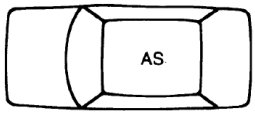
XXabcdefg

دقت اندازه‌گیری‌های مسافت باید ۰/۰۲± متر باشد.

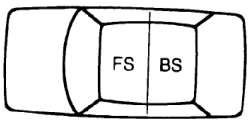
۸-۲-۲ محل تغییر شکل

محل تغییر شکل اتاق خودرو باید به صورت دو کاراکتر الفبایی ابتدایی شاخص XX به‌گونه‌ای که در شکل ۹ نشان داده شده است، مشخص شود.

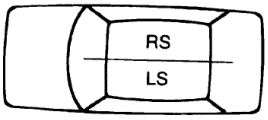
اگر هیچ تغییرشکلی نتواند شناسایی شود دو کاراکتر الفبایی ابتدایی شاخص باید ND باشد (بدون تغییر شکل).



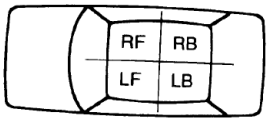
a) تمامی صندلی‌ها : XX=AS



b) صندلی‌های جلو: XX=FS ; صندلی‌های پشت : XX=BS



c) صندلی‌های راست: XX=RS ; صندلی‌های چپ : XX=LS



c) جلو راست: XX=RF ; عقب راست : XX=LS

جلو چپ: XX=LF ; عقب چپ : XX=LB

شکل ۹- محل تغییرشکل اتاقک

۸-۲-۳ مقدار تغییر شکل

هفت زیرشاخص a,b,c,d,e,f,g باید درصد کاهش ۷ بعد داخلی را نشان دهند (شکل ۱۰ را ببینید).

راهنما

a کمترین فاصله بین داشبورد و بالای صندلی عقب؛

b کمترین فاصله بین سقف و کف؛

c کمترین فاصله بین پایین صندلی عقب و صفحه موتور؛

d کمترین فاصله بین پایین داشبورد و کف؛

e کمترین عرض داخلی بین لبه‌های پایین چپ و راست پنجره‌ها؛

f کمترین فاصله بین لبه پایین پنجره سمت راست و لبه بالای پنجره سمت چپ؛

g کمترین فاصله بین لبه پایین پنجره سمت چپ و لبه بالای پنجره سمت راست

شکل ۱۰- ابعاد داخلی

زیرشاخص‌های a، b، c و d باید در سمت راست، سمت چپ یا خط مرکزی خودرو، هر کدام که بزرگترین تغییرشکل را می‌دهد، اندازه‌گیری شوند.

زیرشاخص‌های e ، f وg باید در جلو، در میانه یا در پشت اتاقک ، هر کدام که بزرگترین تغییرشکل را می-دهد، اندازه‌گیری شوند.

مقدار هریک از ۷ زیرشاخص عددی باید با مقیاس‌های زیر مشخص شود:

- ۰ اگر مقدار کاهش کمتر یا مساوی با ۳٪ باشد
- ۱ اگر مقدار کاهش بیشتر از ۳٪ و کمتر یا مساوی ۱۰٪ باشد.
- ۲ اگر مقدار کاهش بیشتر از ۱۰٪ و کمتر یا مساوی ۲۰٪ باشد.
- ۳ اگر مقدار کاهش بیشتر از ۲۰٪ باشد، یا به دلیل تغییرشکل نمی‌توان اندازه‌گیری کرد.

زمانی‌که مقادیر کاهش از ۱۰٪ تجاوز کند، شرح تصویری بخش‌های تغییر شکل یافته باید در گزارش آزمون گنجانده شود.

هرگونه افزایشی باید به‌صورت "0" گزارش شود.

۸-۲-۴ مثال ها(اطلاعاتی)

الف) مثال ۱

	اندازه گیری قبل از آزمون برخورد Cm	اندازه گیری بعد از آزمون برخورد cm	کاهش کمتر از ۳٪	کاهش بیش از ۳٪ و کمتر یا مساوی ۱۰٪	کاهش بیش از ۱۰٪ و کمتر یا مساوی ۲۰٪	کاهش بیش از ۲۰٪ یا غیرقابل اندازه گیری
a	۱۶۳/۵	۱۶۱/۵	×			
b	۱۰۵/۵	۱۰۴/۵	×			
c	۱۲۸/۵	۱۲۳/۰		×		
d	۳۲/۰	۳۴/۰	×			
e	۱۲۹/۰	۱۲۶/۰	×			
f	۱۲۶/۰	۱۳۰/۰	×			
g	۱۲۶/۰	۱۳۰	×			

VCDI = RS0010000

ب) مثال ۲

	اندازه‌گیری قبل از آزمون برخورد Cm	اندازه‌گیری بعد از آزمون برخورد cm	کاهش کمتر از ۳٪	کاهش بیش از ۳٪ و کمتر یا مساوی ۱۰٪	کاهش بیش از ۱۰٪ و کمتر یا مساوی ۲۰٪	کاهش بیش از ۲۰٪ یا غیرقابل اندازه گیری
a	۱۶۹/۰	۱۶۴/۰	×			
b	۱۰۴/۵	۱۰۵/۰	×			
c	۱۲۷/۵	۱۰۷/۰			×	
d	۳۱/۰	۲۰/۰				×
e	۱۲۹/۰	۱۲۸/۵	×			
f	۱۲۵/۵	۱۲۸/۰	×			
g	۱۲۵/۵	۱۲۷/.	×			

VCDI = RS0023000

پیوست الف

(اطلاعاتی)

محاسبه شاخص شدت شتاب (VCDI)

شاخص شدت شتاب تابعی از زمان است که با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود:

$$ASI(t) = \left| \left(\bar{a}_x/\hat{a}_x\right)^2 + \left(\bar{a}_y/\hat{a}_y\right)^2 + \left(\bar{a}_z/\hat{a}_z\right)^2 \right|^{0.5} \quad \text{(الف-۱)}$$

که در آن:

$\hat{a}_x$ ، $\hat{a}_y$ و $\hat{a}_z$ مقادیر حدی مولفه‌های شتاب در امتداد محورهای بدنه x، y و z می‌باشند؛

$\bar{a}_x$ ، $\bar{a}_y$ و $\bar{a}_z$ مولفه‌های شتاب هستند که با یک فیلتر دیجیتال بدون فاز چهار قطبه باتروورث با فرکانس قطع ۱۳ هرتز، فیلتر شده‌اند.

شاخص *ASI* به منظور ارائه اندازه شدت حرکت برای شخصی داخل خودرو حین برخورد با یک سامانه بازدارنده جاده‌ای، در نظر گرفته شده است.

فیلتر کردن پائین گذر با در نظر گرفتن این حقیقت است که شتاب‌های خودرو می تواند از طریق برخوردهای نسبتاً آرام که قادر به انتقال بیشترین فرکانس نیست ، به بدن سرنشین منتقل شود. استفاده از فیلتر دیجیتال بدون فاز چهار قطبه باتروورث به‌جای میانگین حرکت ۵۰ ثانیه قبلی، به منظور کم کردن پراکندگی نتایج با کاهش حساسیت به ارتعاشات نگهدارنده[1] شتاب‌سنج بیان شده بود. مقدار ۱۳ هرتز برای فرکانس قطع[2] به این دلیل انتخاب شده بود که به طور متوسط، مقدار *ASI* محاسبه شده توسط روش قبلی را تغییر نمی دهد.

معادله (الف-۱)ساده‌ترین معادله ممکن بین سه متغییر x، y و z می‌باشد: اگر دو جز شتاب خودرو صفر باشند ؛ وقتی سومین مولفه به شتاب حدی‌اش می رسد ، *ASI* به مقدار حدی ۱ خود می‌رسد؛ اما وقتی دو یا سه جزء غیر صفر می باشند، *ASI* ممکن است با مولفه های منفرد مناسب پائین تر از این حدود مربوطه، ۱ باشد.

شتاب های حدی به عنوان مقادیری تفسیر می شوند که برای مقادیر پائین تر از آنها خطر برای سرنشین بسیار کم است.(اگر هم باشد، جراحات جزئی)

برای سرنشین هایی که کمربند ایمنی را می‌بندند، شتاب‌های حدی متداول مورد استفاده به شرح زیر هستند:

$$\hat{a}_x = 12g\,, \hat{a}_y = 9g, \hat{a}_z = 10g \quad \text{(الف-۲)}$$

که در آن:

g=9.81 m/s^{-2} مرجع شتاب می باشد.

1- mounting
2- cut-off

در معادله(الف-۱) ASI یک کمیت بی بعد است، که تابعی عددی از زمان بوده و در عموم نقاط انتخاب شده خودرو، تنها دارای مقادیر مثبت می باشد. هرچه ASI بیشتر از مقدار واحد تجاوز کند، در نقطه‌ای که از حدود مجاز تجاوز شده است، خطر بیشتری برای سرنشینان وجود دارد؛ بنابراین بیشینه مقداری که در یک برخورد از ASI به دست می‌آید به عنوان یک معیار واحد از شدت در نظر گرفته می‌شود، یا:

$$ASI = max[ASI(t)] \quad \text{(الف-۳)}$$

پیوست ب
(اطلاعاتی)
شتاب خودرو- روشهای محاسبه و اندازه‌گیری

ب-۱ معرفی

حین برخورد، شتاب خودرو ممکن است از یک نقطه به نقطه‌ای دیگر از خودرو به علت سرعت‌ها و شتاب‌های زاویه‌ای به طور محسوس تغییر پیدا کند. بنابراین اندازه‌گیری در یک تک نقطه ممکن است برای تعیین حوزه شتابِ کاملِ داخلِ خودرو کافی نباشد.

به‌طورکلی در حین برخورد، یک بخش داخلی از خودرو که کم و بیش صلب باقی می‌ماند، وجود دارد، صرف-نظر از ارتعاشات سازه که وقتی یک فیلتر پایین‌گذر مناسب بکار می‌رود تا حد زیادی از فیلتر خارج می‌شوند. این پیوست دو روش برای تعیین شتاب کامل خودرو در یک زمان مشخص، از اندازه‌های گرفته شده در همان زمان، با در نظر گرفتن خودرو به‌عنوان یک جسم صلب ارائه می دهد. برای این اندازه‌گیری‌ها توصیه می‌شود سنسورها در محل نقاط انعطاف ناپذیر قسمت سازه خودرو که به طور صلب رفتار می کند ، نصب شوند.

اطلاع از حوزه شتاب کامل خودرو ممکن است برای محاسبه شتاب نقاط مختلف خودرو، یا بازسازی مسیر خودرو بوسیله یکپارچه‌سازی، موردنیاز باشد.

ب-۲ شتاب در یک جسم صلب

شتاب p^{a} هر نقطه p یک جسم صلب ، در نمادگذاری برداری ممکن است به صورت زیر بیان شود:

$$ {}_{\mathrm{p}}\mathrm{a}= {}_{\mathrm{c}}\mathrm{a}+\dot{\omega} \times R + \omega \times (\omega \times R) \qquad \text{(ب-۱)} $$

که:

$${}_{\mathrm{p}}a = \begin{Bmatrix} \mathrm{p}^{\mathrm{a}}\mathrm{x} \\ \mathrm{p}^{\mathrm{a}}\mathrm{y} \\ \mathrm{p}^{\mathrm{a}}\mathrm{z} \end{Bmatrix}$$ شتاب نقطه عمومی p می باشد.

$${}_{c}a = \begin{Bmatrix} c^{a}x \\ c^{a}y \\ c^{a}z \end{Bmatrix}$$ شتاب نقطه مرجع مختصات c می باشد.

$$\omega = \begin{Bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{Bmatrix}$$ سرعت زاویه ای جسم صلب می باشد

R=P-C بردار شعاعی از نقطه C به نقطه P می‌باشد.

از طرف دیگر، معادله (ب-۱) همچنین می‌تواند به شکل زیر باشد:

$$p^a = c^a + \dot{\omega} \wedge R + (\omega.R)\omega - (\omega.\omega)R \qquad \text{(ب-۲)}$$

که نقطه نشان دهنده حاصل‌ضرب عددی است، علامت ٠ مشتق نسبت به زمان و علامت ^ حاصل‌ضرب برداری را نشان می دهد.

معادله (ب-۱) هم‌چنین می‌تواند در دستگاه ماتریسی به‌صورت زیر نوشته شود:

$$\{p^a\} = \{c^a\} + [A]\{R\} \quad \text{(ب-۳)}$$

که در آن:

$$[A] = \begin{bmatrix} -\omega_y^2 - \omega_z^2 & \omega_x\omega_y - \dot{\omega}_z & \omega_x\omega_z + \dot{\omega}_y \\ \omega_x\omega_y + \dot{\omega}_z & -\omega_x^2 - \omega_z^2 & \omega_y\omega_z - \dot{\omega}_x \\ \omega_x\omega_z - \dot{\omega}_y & \omega_y\omega_z + \dot{\omega}_x & -\omega_x^2 - \omega_y^2 \end{bmatrix} \quad \text{(ب-۴)}$$

ماتریس ستونی است.$\{R\}$و

$$\{R\} = \begin{bmatrix} R_x \\ R_y \\ R_z \end{bmatrix} \quad \text{(ب-۵)}$$

آنگاه برای دانستن شتاب a_p هر نقطه از یک بدنه صلب در زمان معین t ، نیاز به اندازه‌گیری مولفه‌های شتاب a_x،a_y،a_z دقیقاً در همان نقطه و یا اندازه‌گیری مولفه‌های شتاب در نقاط دیگری در فاصله R از نقطه P، علاوه بر مولفه‌های سرعت زاویه‌ای ω_x،ω_y،ω_z جسم و مولفه‌های شتاب زاویه‌ای$\dot{\omega}_x$، $\dot{\omega}_y$، $\dot{\omega}_z$ می‌باشد. در نگاه اول به نظر می رسد که ۹ مقدار باید محاسبه شود. اما، سرعت و شتاب زاویه‌ای، سری‌های زمانی بوده و مستقل نمی‌باشند. چون هم سرعت زاویه‌ای و هم شتاب زاویه‌ای برداری(غیر زاویه‌ای) هستند ، مولفه‌های شتاب زاویه‌ای با مشتق‌گیری ساده از مولفه‌های سرعت زاویه‌ای و مولفه‌های سرعت زاویه‌ای با انتگرال‌گیری ساده از مولفه‌های شتاب زاویه‌ای بدست می‌آیند. بنابراین برای محاسبه شتاب در هر نقطه یک بدنه صلب، لازم است تنها مقدار ۶ کمیت، ۳ مولفه شتاب خطی و ۳ مولفه زاویه‌ای(سرعت یا شتاب)، به‌دست آید.

ب-۳ روش های اندازه‌گیری حرکت بدنه صلب

در اصل لازم است تنها ۶ سنسور برای به‌دست آوردن مقادیر ۶ کمیت استفاده شود. این مقادیر می‌توانند به-طور کامل از اندازه گیری‌های شتاب، و یا از ترکیبی از اندازه گیری های زاویه‌ای و شتاب محاسبه شوند.

ساده‌ترین و مستقیم‌ترین روش در این فن‌آوری استفاده از ۳ شتاب‌سنج‌خطی و ۳ سنسور سرعت‌زاویه‌ای می‌باشد. این اندازه‌گیری‌ها کمیت‌های موردنیاز را به صورت مستقیم در اختیار قرار می‌دهد، برخلاف شتاب زاویه‌ای که از مشتق سرعت زاویه‌ای به‌دست آمده است.

مشتق‌گیری حرکت زاویه‌ای به طور کامل از اندازه‌های شتاب پیچیده‌تر بوده و می‌تواند مشکلات قابل توجهی دربرداشته باشد. در اصل به‌دست آوردن همه اطلاعات موردنیاز از نتایج اندازه‌گیری‌های ۶ مولفه شتاب خطی با شتاب‌سنج‌هایی که به طور مناسب جهت‌یابی شده و بر روی بدنه مستقر شده‌اند، امکان‌پذیرمی‌باشد. مشکل این است که معادلات مشتق‌گیری شتاب زاویه ای شامل عبارات سرعت زاویه‌ای می‌باشند ($\omega_x\omega_y$ و غیره؛ درمعادله (ب-۳)). این عبارات سرعت زاویه ای به نوبه خود از شتاب های زاویه ای (ω_x و ω_y) مشتق گیری شده در مراحل قبلیِ محاسبه، به‌دست آمده‌اند. این فرایند ناپایدار است، و یک خطای کوچک در هر یک از این روابط به سرعت بزرگ شده و موجب خطاهای عمده می شود، مگر این که محاسبه کلی به یک بازه زمانی بسیار کوچک محدود شده باشد.

یک روش جایگزین که با استفاده از ۹ شتاب‌سنج توسعه یافته است، توسط Padgaonkar et al شرح داده شده است. این روش نشان می‌دهد که اگر شتاب‌سنج‌ها به درستی مستقر شده و جهت‌یابی شده باشند، عبارات سرعت زاویه‌ای می‌توانند از معادله حذف شوند و بنابراین شتاب‌های زاویه ای می‌توانند به صورت مستقیم برحسب خروجی‌های شتاب‌سنج بیان شوند. سرعت‌های زاویه ای متعاقباً می‌توانند با انتگرال‌گیری به‌دست آیند، اما این سرعت های زاویه ای بازخورد مشتق شتاب زاویه‌ای نمی‌باشند، بنابراین این راه حل ها پایدار هستند.

در صورتی‌که آزادی کامل برای مکان شتاب‌سنج‌ها مورد نیاز باشد، آنگاه ضروری است که بتوان تمام ۹ عنصر ماتریس تبدیل A(معادله (ب-۴)) را به طور جداگانه محاسبه نمود، که (همراه با سه شتاب خطی) به خروجی‌های حداقل ۱۲ شتاب‌سنج نیاز دارد. این روش هم از نظر تهیه سنسورها و هم محاسبه به روشی طاقت‌فرسا تبدیل شده است و لذا توصیه نمی‌شود.

توصیه می‌شود جهت استفاده از هریک از روش‌های شرح داده شده در بالا توجه داشته باشید که:

الف) اگر خودرو چرخش قابل توجهی را حول محور غلطش (طولی) و پیچش (عرضی) تحمل کند، جهت شتاب‌سنج‌ها نسبت به جاذبه تغییر خواهد کرد، بنابراین خروجی‌های شتاب‌سنج شامل مولفه‌ای از جاذبه، همچنین شتاب نسبت به زمین می باشد. جاذبه هیچ تائیری بر روی محاسبات حرکت زاویه‌ای ندارد، اما اگر نتایج برای بازسازی مسیر مورد استفاده قرار می گیرد تائیرات جاذبه می‌تواند بسیار مهم باشد و توصیه می-شود در محاسبات گنجانده شود. ساده‌ترین راه برای انجام این کار استفاده از اصل هم‌ارزی[1] می باشد؛ (در ابتدا) یک شتاب رو به بالا g1 بایاس به شتاب سنج عمودی اضافه کنید آن‌گاه حرکت خودرو را به مجموعه ای از محورهای «زمین»[2] بعلاوه شتاب‌گیری رو به بالا در g1 مرتبط سازید.

ب) اگرچه انتگرال‌گیری دوگانه، از شتاب خطی با استفاده از شتاب سنج های با کیفیت بسیار بالا با موفقیت زیادی در سامانه ناوبری خودکار هواپیما استفاده شده است، شتاب سنج های مقاوم در برابر برخورد مورد استفاده در آزمون های برخورد، هم در خطاهای بایاس اولیه(جایی که دقت اساساً توسط تفکیک‌پذیری که بطورعادی در رقمی‌سازها[3] موجود می باشد، محدود شده است) و هم در خطاهای مقیاس، دارای دقت محدود ۱٪، می‌باشند. دقت تغییرمکان‌های محاسبه‌شده توسط انتگرال‌گیری دوگانه از خروجی شتاب سنج-های برخورد، با گذشت زمان به‌سرعت بدتر می‌شود. به‌طور معمول توصیه نمی‌شود این روش برای مسیرهایی که خیلی بیشتر از چند ثانیه طول می‌کشند مورد استفاده قرار گیرد. انجام تجزیه و تحلیل خطا برای هر نصب خاص، همیشه مطلوب است.

1 - Equivalence
2 - "Ground" axes
3 - Digitizer

ب-۴ اندازه گیری توسط ۶ مبدل [1]خطی و ۳ مبدل زاویه ای

این روش به ۶ شتاب‌سنج خطی به‌علاوه ۳ مبدل سرعت زاویه‌ای نیاز دارد. سه شتاب سنج خطی و سنسورهای سرعت زاویه ای روی یک بلوک واحد در نقطه مبنای مختصات C قرار داده می‌شوند. ۳ شتاب سنج خطی و سه مبدل سرعت زاویه ای بر روی محورهای x، y و z خودرو منطبق می‌شوند.

این روش مستقیماً مقدار a_c و ω را می دهد.بنابراین تنها سه مجهول، تعیین نشده باقی می‌مانند یعنی : مولفه‌های $\dot{\omega}$. این مجهولات با اضافه کردن تنها سه شتاب سنج خطی مطابق زیر می توانند به‌دست آیند.

سه شتاب سنج بعدی را در نقطه p؛ در جهت بردار یکه n_i، (i=1,2,3) قرار دهید. پس از ضرب عددی در n_i ، معادله (ب-۲) به صورت زیر در می آید:

$$m_i . \dot{\omega} = P_i \qquad \text{(ب-۶)}$$

که در آن:

$$R_i = P_i - C$$ بردار مثبت p_i می باشد؛

$$m_i = R_i \wedge n_i$$

$$P_i = a_i - a_{ci} - (\omega . R_i)\omega_i + (\omega . \omega)R_i$$

$$a_i = a_{..i}\, n$$ مقداری که از سنسور در نقطه p_i به‌دست می آید؛

$$a_{ci} = a_{c..i}\, n$$ مولفه a_c در جهت n_i می باشد؛

$$\omega_i = \omega_{..i}\, n$$ مولفه ω در جهت n_i می باشد؛

$$R_i = R_{..i}\, n$$ مولفه R_i در جهت n_i می باشد.

با کنار هم قرار دادن معادله ب-۶ برای مقادیر سه مبدل دومی ، فرم نهایی زیر به‌دست می آید:

$$[M]\{\dot{\omega}\} = \{p\} \qquad \text{(ب-۷)}$$

که در آن

$$[M] = \begin{bmatrix} {}^1m_x & {}^1m_y & {}^1m_z \\ {}^2m_x & {}^2m_y & {}^2m_z \\ {}^3m_x & {}^3m_y & {}^3m_z \end{bmatrix}; \{\dot{\omega}\} = \begin{Bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{Bmatrix}; \{p\} = \begin{Bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{Bmatrix} \qquad \text{(ب-۸)}$$

از معادله ب-۷ شتاب زاویه ای به صورت زیر حاصل می شود:

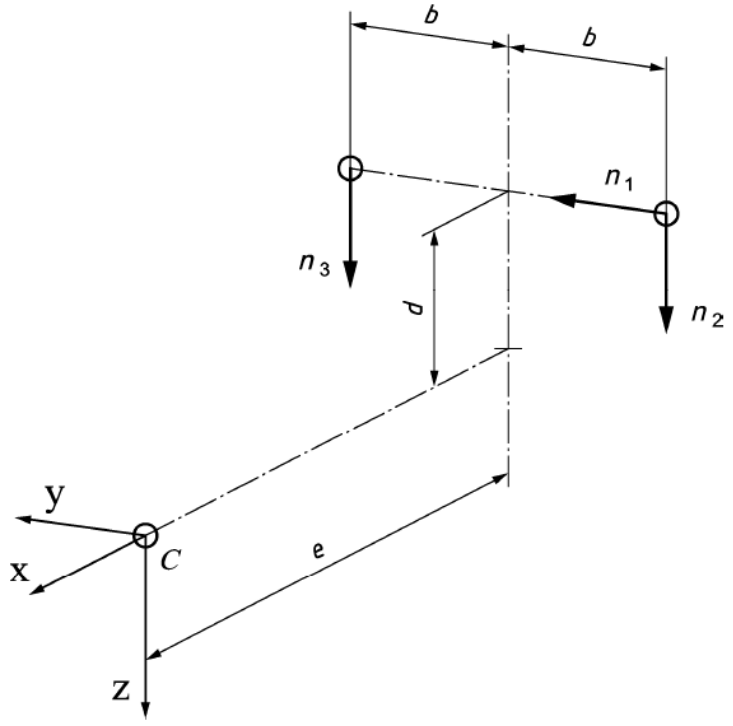
$$\{\dot{\omega}\} = [M]^{-1}\{p\} \qquad \text{(ب-۹)}$$

چنین راه حلی تنها در صورتی امکان پذیر است که ماتریس [M] یکه[2] نباشد ، بنابراین لازم است که نقطه های p_i, و جهت های n_i (i=1,2,3) سنسور به دقت انتخاب گردند.

1- Transducer
2 - Singular

از این طریق همه این ۹ پارامتر سینماتیک ، یعنی {c2} و{ω} و{ $\dot{\omega}$ } معلوم هستند. که این شتاب ها می توانند با یک رویه مناسب جهت محاسبه شتاب هر نقطه p از خودرو با استفاده از معادله‌های (ب-۱)، (ب-۲) و (ب-۳) یا بازسازی مسیر خودرو، مورد استفاده قرار گیرد.

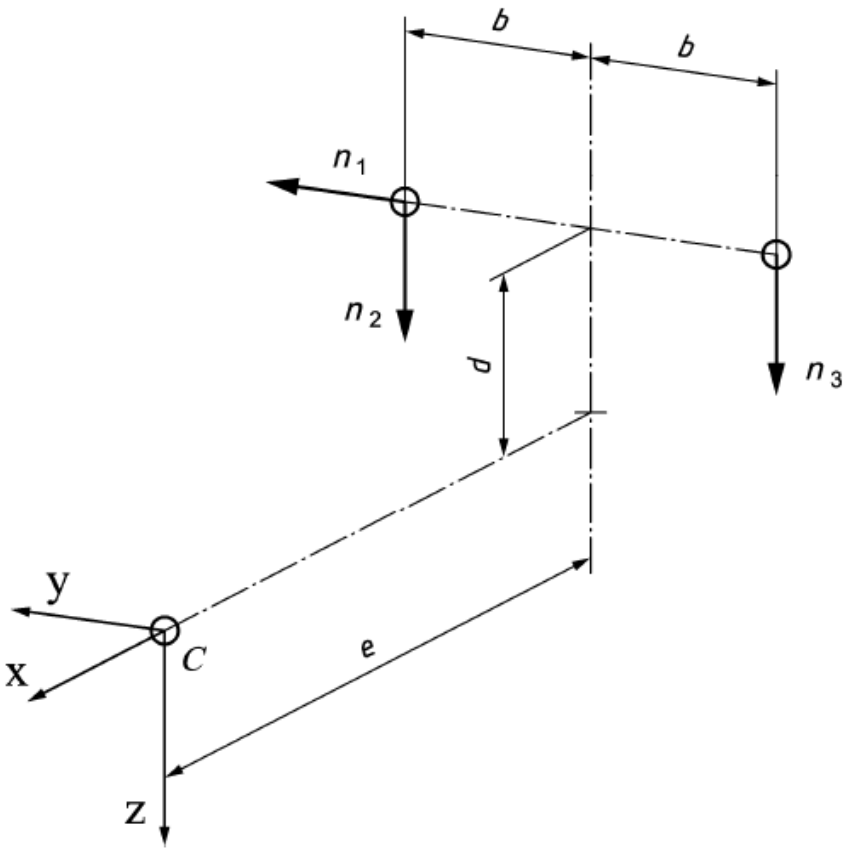
تعدادی انتخاب های مناسب موقعیت و جهت مبدل ها، در جایی که نقطه C در صفحه xz (صفحه متقارن) ، نزدیک به مرکز ثقل خودرو می باشد، و سه شتاب سنج باقیمانده متقارن با صفحه xz در دو نقطه نصب شده اند، در مثال های زیر آمده است. سایر گزینه های مناسب نیز ممکن است وجود داشته باشد.



شکل ب-۱- مثال الف

$$[M] = \begin{bmatrix} d & 0 & -e \\ -b & e & 0 \\ b & e & 0 \end{bmatrix}; [M]^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & -1/2b & 1/2b \\ 0 & 1/2e & 1/2e \\ -1/e & -d/2be & d/2be \end{bmatrix}$$

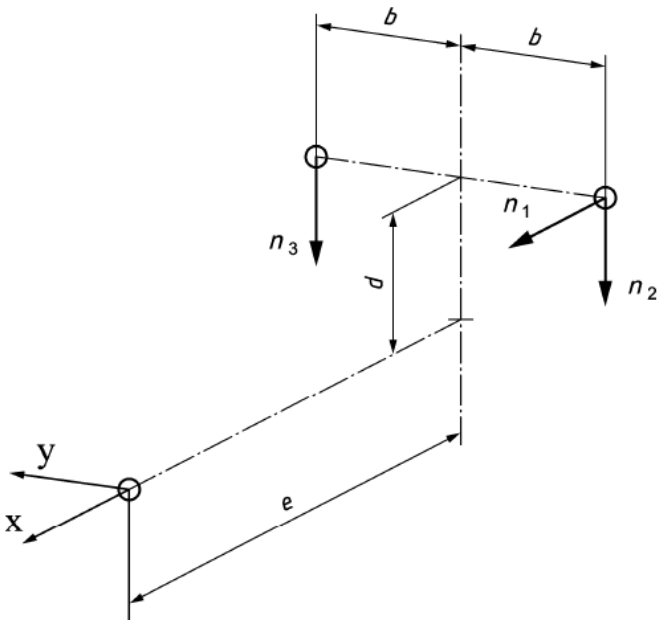
$$\{p\} = \begin{Bmatrix} a_1 - {}_c a_y - b(\omega_x^2 + \omega_z^2) + e\omega_x\omega_y + d\omega_y\omega_z \\ a_2 - {}_c a_z - b(\omega_x^2 + \omega_y^2) + e\omega_x\omega_y + b\omega_y\omega_z \\ a_3 - {}_c a_z - b(\omega_x^2 + \omega_y^2) + e\omega_x\omega_y - b\omega_y\omega_z \end{Bmatrix}$$



شکل ب-۲- مثال ب

$$[M]=\begin{bmatrix} d & 0 & -e \\ b & e & 0 \\ -b & e & 0 \end{bmatrix};[M]^{-1}=\begin{bmatrix} 0 & -1/2b & -1/2b \\ 0 & 1/2e & 1/2e \\ -1/e & d/2be & -d/2be \end{bmatrix}$$

$$\{p\}=\begin{Bmatrix} a_1-{}_ca_y-b(\omega_x^2+\omega_z^2)+e\omega_x\omega_y+d\omega_y\omega_z \\ a_2-{}_ca_z-b\left(\omega_x^2+\omega_y^2\right)+e\omega_x\omega_z+b\omega_y\omega_z \\ a_3-{}_ca_z-b\left(\omega_x^2+\omega_y^2\right)+e\omega_x\omega_z-b\omega_y\omega_z \end{Bmatrix}$$



شکل ب-۳- مثال پ

$$[M]=\begin{bmatrix}0 & -d & b\\ -b & e & 0\\ b & e & 0\end{bmatrix};[M]^{-1}=\begin{bmatrix}0 & -1/2b & 1/2b\\ 0 & 1/2e & 1/2e\\ 1/b & d/2be & d/2be\end{bmatrix}$$

$$\{p\}=\begin{Bmatrix}a_1-{}_ca_x-e\left(\omega_y^2+\omega_z^2\right)+b\omega_x\omega_y+d\omega_x\omega_z\\ a_2-{}_ca_z-d\left(\omega_x^2+\omega_y^2\right)+e\omega_x\omega_y+b\omega_y\omega_z\\ a_3-{}_ca_z-b\left(\omega_x^2+\omega_y^2\right)+e\omega_x\omega_z-b\omega_y\omega_z\end{Bmatrix}$$

ب-۵ ملاحظات

اولین روش پیشنهادی تنها به مبدل‌های شتاب خطی اما به تعداد اضافی نیاز دارد . این روش آسانی[1] برای ارزیابی شتاب هر نقطه خودرو، می‌باشد.

روش دوم که به کمترین تعداد مبدل‌ها (۶ شتاب‌خطی و ۳ سرعت‌زاویه‌ای) نیاز دارد، مناسب‌ترین روش برای ساخت مدل مسیر می باشد. در میان ۳ طرحی که در مثال‌ها نشان داده شد .مثال الف بیشتر برای برخوردها در سمت راست، مثال ب بیشتر برای برخوردها در سمت چپ و مثال پ بیش‌تر برای سر در برخوردها توصیه می‌شوند.

در هر حال در مقایسه بین دو روش باید دقت و هزینه ترانسدیوسرهای مختلف نیز در نظرگرفته شود.

1 - Straightforward

پیوست پ
(اطلاعاتی)
کتاب‌نامه

[1] EN 1317-5:2007+A1:2008, Road restraint systems - Part 5: Product requirements and evaluation of conformity for vehicle restraint systems
[2] prEN 1317-6, Road restraint systems-Pedestrian restraint systems- Part 6: Pedestrian Parapet
[3] ISO 8855, Road vehicles -Vehicle dynamics and road-holding ability- Vocabulary
[4] SAE J211, Instrumentation for Impact Test
[5] Padgaonkar, A.J., Krieger, K.W., King, A.I., "Measurement of Angular Acceleration of a Rigid Body Using
Linear Accelerometers", presented at the 1975 Applied Mechanics Summer Conference of The American Society of Mechanical Engineers, and reprinted in the Journal of Applied Mechanics, September 1975