

## بررسی، کاربرد و مقایسه فنی و اقتصادی نرده های حفاظتی گاردریل و نیوجرسی در ایران

۱- دکتر سید عباس طباطبائی، استادیار بخش عمران، دانشگاه شهید چمران اهواز\*

۲- امیر اردلان داودی منجری، عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد واحد دزفول\*\*

\* [tabatabaie\\_abb@yahoo.com](mailto:tabatabaie_abb@yahoo.com) تلفن: ۰۹۱۶۱۱۳۳۵۷۰۰- شماره: ۰۶۱۱-۳۳۳۳۰۰۹

\*\* [davoodi\\_ard@yahoo.com](mailto:davoodi_ard@yahoo.com) تلفن: ۰۹۱۲۳۴۸۳۵۴۷- شماره: ۰۶۱۱-۳۳۳۳۰۰۹

### چکیده

در این پژوهش به بررسی و مقایسه فنی و اقتصادی نرده های حفاظتی گاردریل و نیوجرسی در ایران پرداخته می شود..

توسعه اقتصادی و اجتماعی هر کشوری نسبت مستقیم با توسعه شبکه حمل و نقل آن کشور دارد. گسترش شبکه حمل و نقل باید با ارتقاء سطح ایمنی حرکت در جاده های درون شهری و برون شهری همراه باشد. یکی از اساسی ترین تجهیزات ایمن سازی راه های درون شهری و برون شهری، نرده های حفاظتی (گاردریلها) و موانع بتنی (نیوجرسی ها) هستند که کاربرد بجا و موافق با استانداردها و موازین ایمنی می تواند موجب کاهش موثر تلفات جانی و خسارات مالی در شبکه حمل و نقل گردد. در این تحقیق با انجام یک مقایسه فنی و اقتصادی بین این دو نوع حفاظ، نرده حفاظتی متناسب با شرایط اقتصادی، امکانات اجرایی انتخاب و معرفی خواهد شد.

کلیدواژه: نرده حفاظتی، گاردریل، نیوجرسی، صلب

### ۱- مقدمه

هدف اصلی استفاده از نرده های حفاظتی و جاده ای، جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه با اشیا کنار جاده در قوسها و پلها، خاکریزهای بلند (ترانشه)، پرتگاهها و تقسیم بندی ترافیک می باشد. خارج شدن وسایل نقلیه از جاده بطور ناگهانی به علل مختلف نظیر نقص فنی و خرابی وسایل نقلیه، دستپاچگی راننده در برخورد با خطرات جاده ای و خرابی جاده، شرایط آب و هوایی نامناسب نظیر مه، بارندگی شدید برف و بوران اتفاق می افتد. بهمین دلیل برای کاهش خطرات ناشی از این

برخوردها محیط حفاظت شده ای در چارچوب کناری جاده به نام نرده های حفاظتی طراحی می-شود [۱].

شرایطی که نصب حفاظ ترافیکی را الزامی می نماید عبارتند از:

- (۱) در آزادراه ها، برای جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه در جهت غیر همسو
- (۲) جلوگیری از ورود عابرین پیاده به حریم جاده در مناطق حومه شهری و روستاهای پر تردد
- (۳) کنترل یا جلوگیری از برخی حرکات وسایل نقلیه مانند حرکات گردش
- (۴) جلوگیری از برخورد وسایل نقلیه با موانع کنار جاده [۲]

## ۲- ضوابط انتخاب انواع حفاظهای ترافیکی

انتخاب حفاظ به نوع راه، حجم ترافیک عبوری، هزینه سرمایه ای بالاخره سرعت طرح جاده که خود از نوع راه اقتباس می شود بستگی تام دارد. بطور کلی عوامل موثر بر انتخاب حفاظ عبارتند از: - قابلیت عملکرد: برای انتخاب هر نوع نرده حفاظتی، عملکرد مطلوب آن باید مورد توجه قرار گیرد. بطور کلی نرده حفاظتی بایستی قابلیت برگرداندن و هدایت وسایل نقلیه خارج از تسلط راننده را به مسیر اولیه داشته باشد.

- اوضاع محل: در هر جایی که نیاز به نصب نرده حفاظتی وجود داشته باشد وضعیت حاکم بر محل، وسعت منطقه هموار بدون مانع، فاصله نرده حفاظتی از لبه راه و شیب شیروانی نوع نرده حفاظتی را تعیین می نماید. مثلا دوری فاصله بین نرده حفاظتی و لبه راه، نیاز به نرده حفاظتی صلب را مرتفع می سازد.

- مطابقت: با توجه به اوضاع محلی مخصوص هر منطقه، ادارات مربوطه مناطق معمولا انواع محدودی از نرده های حفاظتی را بکار می گیرند. نرده های حفاظتی جدید باید متناسب با نوع ایمن سازی ابتدا و انتهای نرده های حفاظتی موجود هماهنگی داشته و به نرده های حفاظتی موجود و نرده پلها قابل پیوند باشد.

- هزینه و نگهداری: هزینه های اولیه، تعویض، تعمیر و نگهداری نرده های حفاظتی عوامل مهمی در انتخاب نوع نرده می باشند. بطور معمول، هزینه های اولیه یک نرده حفاظتی به تناسب افزایش قدرت آن، افزایش می یابد، ولی متقابلا هزینه های تعمیر و نگهداری که شامل هزینه های تعمیر و نگهداری جاری، و تعمیر و تعویض بعد از تصادفات می گردد، کاهش می یابد. لذا انتخاب نرده های حفاظتی باید توجیه اقتصادی داشته و با توجه به هزینه های نگهداری، تعمیر و تعویض آنها انتخاب شوند.

- تجربه منطقه ای: چنانچه عملکرد نوعی از نرده حفاظتی در یک منطقه رضایت بخش بوده و از نظر نگهداری هم امتیازهای خوبی داشته است، نباید از نرده های حفاظتی دیگری که عملکرد و هزینه های تعمیر و نگهداری و یا تعویض آنها معلوم نشده، در آن منطقه استفاده کرد. بطور کلی سوابق عملکرد نرده ها در هر منطقه، راهنمای خوبی برای تصمیم گیری در انتخاب آنها می باشد [۳] و [۴].

### ۳- معرفی انواع نرده حفاظتی

نرده های حفاظتی به دو دسته مهم حفاظهای طولی و ضربه گیرها تقسیم می شوند. ضربه گیرها سیستمهایی هستند که از برخورد وسایل نقلیه با اشیا ثابت جلوگیری می کنند. حفاظهای طولی بموازات جاده تعبیه می شوند و وسایل نقلیه را از خطرات کنار جاده ای حفاظت می کنند و طراحی آنها بر این اساس صورت می گیرد که وسایل نقلیه با زاویه مساوی یا کمتر از ۲۵ درجه از جاده منحرف می شوند. حفاظهای طولی بر اساس خاصیت تغییر شکل سیستم تحت تاثیر ضربه به سه دسته سیستمهای صلب، نیمه صلب و انعطاف پذیر (منعطف و غیر منعطف) تقسیم بندی می شوند [۵] و [۶].

#### ۳-۱- سیستم حفاظ W شکل با پایه ضعیف (گاردریل)

سیستمهای نیمه منعطف یا گاردریل مشتمل بر حفاظهای کابلی و نرده های W شکل با پایه های ضعیف می باشند که بعنوان یکی از معمولترین و پر کاربردترین حفاظهای ایمنی دنیا به شمار می روند [۷]. هدف از نصب آنها کاهش شدت برخوردهای وسایل نقلیه منحرف شده از مسیر و جذب انرژی حاصل از تصادم و هدایت خودرو به مسیر اصلی می باشد. این حفاظها در هنگام برخورد با وسایل نقلیه انعطاف پذیری فوق العاده ای از خود نشان می دهند و بیشترین انرژی را جذب می نمایند. این سیستم بواسطه صلبیت تیر W شکل در برخوردهای ضعیف، آسیب جدی نمی بیند و با کاهش فاصله بین پایه ها تغییر شکل مناسبی از خود نشان می دهد. فاصله بین پایه ها در این سیستم در ایران ۱/۹ متر است و فاصله مرکز سپری آن تا سطح زمین ۵۷ سانتی متر می باشد و حتی در برخی موارد برای صلبتر کردن پایه ها فاصله به ۱/۲۷ متر کاهش می یابد. این سیستم با یک ردیف سپری برای کناره راه و با دو ردیف سپری برای میانه راه بر روی یک پایه نصب می گردند. تغییر شکل این نوع گاردریل از ۳/۳ متر بیشتر نمی شود. خصوصیات بارز این نوع گاردریل، مونتاژ سریع، طول عمر بالا و هزینه تعمیر و نگهداری پایین آنها می باشد. سیستمهای نیمه منعطف (گاردریل) از سه کابل فولادی به قطر سه چهارم اینچ تشکیل شده اند که بر پایه های ضعیف متصلند. ارتفاع کابل فوقانی از زمین برابر ۷۶ سانتی متر در نظر گرفته می شود. گاردریل مشتمل بر کابلها، استوانه های فولادی توخالی و پلیمری برای کاهش ضربه هستند. برای اتصال عمودی استوانه های فلزی از چهار قطعه کابل و هشت قطعه فنر استفاده می شود که این اجازه را به پایه ها می دهند تا بتوانند براحتی در اثر ضربه جابجا شوند. برای جلوگیری از باز شدن کابلهای طولی، سه کابل عرضی وظیفه مهار کردن آنها را انجام می دهند. شکل یک تصویر گاردریل را نشان می دهد [۲].



شکل شماره ۱- تصویر گاردریل

گاردریلها بر اساس نوع وسایل نقلیه ای که در جاده عبور می نمایند طراحی می شوند. در برخورد وسایل نقلیه با گاردریل ها، گاردریل دچار تغییر شکل و جابجایی عرضی می شوند.

### ۲-۳- حفاظ نیوجرسی

یکی از انواع حفاظهای صلب، حفاظهای بتنی می باشند. یکی از پر کاربرد ترین حفاظهای بتنی، سیستم نیوجرسی می باشد. حفاظ نیوجرسی در واقع یک مانع طولی است که در بسیاری از بزرگراه ها به عنوان رفوژ یا جداکننده جهت جلوگیری از خروج خودروها از مسیر اصلی خود و وارد نشدن به باند مخالف استفاده می شود. اولین بار حفاظ بتنی در سال ۱۹۵۵ در ایالت نیوجرسی مورد استفاده قرار گرفت [۲]. شکل شماره دو حفاظ نیوجرسی بتنی را نشان می دهد. این حفاظ در دو ارتفاع اسمی ۸۱ و ۱۰۷ سانتی متر در ایران ساخته می شود. یک قسمت بحرانی در این نوع حفاظ وجود دارد و آن عبارتست از ارتفاعی است که قسمت شیبدار بالا و پایین را از هم جدا می کند. اگر ارتفاع این قسمت از ۳۳ سانتی متر بیشتر شود احتمال واژگونی وسایل نقلیه افزایش می یابد. در بعضی مواقع برای جلوگیری از تابش نور مستقیم وسایل نقلیه رودررو به هنگام شب می توان ارتفاع حفاظ نیوجرسی را افزایش داد. این حفاظها بصورت پیش ساخته برای محافظت وسایل نقلیه در مقابل پایه پلها استفاده می شوند. حفاظ نیوجرسی ساخته شده در محل مرسومتر است بخاطر اینکه به راحتی می توان آن را متناسب با هر وضعیت و هر نوع میانه راه ساخت. در ایران با توجه به نبود دستورالعمل واحد برای ساخت این قطعات بتنی، شرکتهای سازنده این حفاظها به یک صورت منحصر بفرد عمل نمی کنند.



شکل شماره ۲- تصویر نرده حفاظتی نیوجرسی

### ۳-۲-۱- عملکرد سیستمهای نیوجرسی

در ابتدا لاستیک خودرو به قوس عمودی ارتفاع ۷۶-۵۱ میلی متری برخورد می کند که هدف آن کاهش سرعت چرخ وسیله نقلیه است و امکان دارد دچار کمی تغییر جهت شود. برای غلبه بر مقاومت اولیه، چرخ جلوی وسیله نقلیه از سطح شیبدار ۵۵ درجه بالا رفته و یک یا هر دو چرخ و یک طرف وسیله نقلیه به اندازه ۳۳۰-۲۸۰ میلی متر از سطح جاده بلند می شود. عمل بالا بردن، مولفه انرژی عمود بر حفاظ را جذب کرده و بوسیله فشار سیستم فنربندی وسیله نقلیه بر واژگون شدن غلبه می کند. در برخوردهای با زاویه تخت، این عمل بدون هیچ گونه تماس میان بدنه وسیله نقلیه و حفاظ، اتفاق می افتد. اگر سرعت و زاویه به اندازه کافی بالا باشند، چرخ وسیله نقلیه با دیواره بالایی مورب برخورد می کند و باعث تغییر جهت و کاهش سرعت خودرو می شود، در نتیجه برخورد را به روی جاده به حالت موازی با حفاظ بر می گرداند و این تغییر جهت با حداقل آسیب به وسیله نقلیه و حفاظ بدون فشارهای غیر قابل تحمل کاهش سرعت بر سرنشینان وسیله نقلیه ایجاد می شود [۸] و [۹].

### ۴- ارزیابی فنی و اقتصادی نرده های حفاظتی نیوجرسی و گاردریل

مقایسه بین این دو سیستم بر اساس شرایط فعلی و زیرساختارهای اجرایی صورت پذیرفته است و نتیجه گیری آزمایشات میدانی بشرح زیر است:

- ۱) حفاظ نیوجرسی در برخورد با زاویه ۱۵ درجه و کمتر دارای عملکرد مناسب و قابل قبولی بوده و وسیله نقلیه را بخوبی به مسیر اصلی هدایت و کمترین آسیب را به آن می رساند اما در برخورد با زوایای بالاتر می تواند خسارات مالی وارده به وسیله نقلیه را بیشتر کند.
- ۲) حفاظ نیوجرسی از نفوذ وسیله نقلیه به داخل محدوده ای که توسط این مانع محدود شده و هم چنین به مسیر مقابل و بدنبال آن از ایجاد حوادث بعدی جلوگیری می کند.

- ۳) بر روی شیبهای تندتر از ۱:۱۰ حفاظ گاردریل دارای عملکرد مناسبتری است.
- ۴) در صورتی که فاصله بین نرده حفاظتی و مانع ثابت و یا منطقه خطرناک بیشتر از ۱/۵ متر باشد، بایستی از حفاظ گاردریل استفاده نمود.
- ۵) اجرای حفاظ بتنی در شانه های کوهستانی روشی مطمئن برای ممانعت از خروج وسایل نقلیه و سقوط به پرتگاه می باشد. گاردریل بعنوان حفاظ انعطاف پذیر در این محل عملکرد خوبی ندارد و در صورت برخورد با شدت زیاد ممکن است باعث پرتاب وسیله نقلیه به درون پرتگاه شود.
- ۶) یکی از نقاط خطرناک و حادثه خیز در آزادراه ها، نقطه محل اتصال جاده و پل می باشد. با احداث حفاظ بتنی سرتاسری و با عبور از روی پل، این نقیصه برطرف می شود.
- ۷) یکی از معضلات آزادراه ها، ایجاد مزاحمت نور وسیله نقلیه مقابل در شب می باشد که متأسفانه اکثر رانندگان ما در این راهها با نور بالا رانندگی می کنند و توجهی به این قضیه ندارند. حفاظ بتنی با داشتن ارتفاع نزدیک به یک متر از این نقیصه و لذا از خستگی راننده و همچنین پخش نورهای مازاد در میان راه تا حد زیادی جلوگیری می کند و در نتیجه نیاز به نصب توری جهت انکسار نور را از بین می برد در حالیکه گاردریل بدلیل داشتن فضای خالی زیاد در زیر سپرها نور وسایل نقلیه را عبور می دهد..
- ۸) در مواردی که آزادراه از مناطق مسکونی عبور می نماید و صدای آمد و شد وسایل نقلیه مشکل ایجاد می کند، می توان با اجرای چند ردیف بلوک و یا آجر بر روی سطح فوقانی حفاظهای بتنی، حائل صوتی مناسبی ایجاد و از عبور صدا بداخل محوطه مسکونی جلوگیری می نماید.
- ۹) حفاظ بتنی نسبت به گاردریل، کاهش سرعت بیشتری را سبب می شود ولی به دلیل صلب بودن خسارت بیشتری را بر جای می گذارد.
- ۱۰) اجرای گاردریل در محل پلهای همسطح دارای معضلاتی است. چرا که کوبیدن گاردریل بعلت عدم تکافوی ضخامت روسازی روی بتن، در این محل امکان پذیر نیست. متأسفانه در بعضی موارد مشاهده می شود که روی پلهای همسطح، گاردریل بحدی که در آسفالت فرو رود (یعنی کمتر از ۱۵ سانتی متر) کوبیده شده و طول اضافی آن بریده می شود و فقط از لحاظ شکل ظاهری، مشکل نصب حفاظ مرتفع می گردد و حفاظ مقاومت کافی را در برابر برخورد وسایل نقلیه دارا نمی باشد.
- ۱۱) تجربیات استفاده از حفاظهای بتنی نشان داده است که این حفاظها آلودگی صوتی بیشتری نسبت به گاردریل ایجاد می کنند. در واقع این آلودگی صوتی ناشی از انعکاس صدای چرخها، موتور و آگروز وسایل نقلیه می باشد.

## ۵- ارزیابی اقتصادی سیستمهای نیوجرسی و گاردریل در ایران

حفاظهای نیوجرسی و گاردریل به لحاظ اقتصادی از معیارهای مختلفی قابل بررسی است.

- خسارتهای ناشی از برخورد وسالی نقلیه با انواع حفاظها و نیز میزان صدمات وارده به خود تجهیزات ایمنی در اثر این برخورد
  - خسارتهای ناشی از جراحات و مصدومان و متوفیان این برخوردها و نتایج آثا روحی و روانی و اقتصادی آنها
  - آنالیز اقتصادی انواع تجهیزات از مرحله طراحی، تولید، نصب، نگهداری و تعمیرات که در این موارد، بدلیل در دسترس نبودن آمار تصادفات و خسارتهای مالی و جانی ناشی از آنها بالاجبار مقایسه اقتصادی تولید، نصب و نگهداری آنها مورد ارزیابی قرار می گیرد.
- بطور کلی هر چه نرده حفاظت از خاصیت صلبیت بیشتری برخوردار باشد، هزینه اولیه آن افزایش و هزینه تعمیر و نگهداری آن کاهش می یابد و هر چه نرده حفاظتی انعطاف پذیرتر باشد، هزینه اولیه آن کاهش و هزینه تعمیر و نگهداری آن کاهش می یابد.
- با توجه به اینکه در کشور دو شرکت تولیدی تجهیزات ایمنی راهها وابسته به وزارت راه و ترابری (تامین کننده گاردریل راههای برون شهری) و شرکت عرف ایران وابسته به شهرداری تهران (تامین کننده گاردریل راههای درون شهری) متولی ساخت گاردریل می باشند، به منظور برآورد قیمت تمام شده این حفاظ از آنها استعلام گردید و حفاظهای بتنی توسط شرکتهای بتن ساز ساخته می شوند. بر اساس اعلام قیمت از طرف این شرکتهای نتایج در جداول ۱ تا ۳ به ثبت رسیده است.

جدول ۱: هزینه های مربوط به قطعات تشکیل دهنده گاردریل شرکت عرف ایران

ردیف	شرح هزینه ها	مبلغ هزینه ها(دلار)
۱	سپری گالوانیزه ۴/۲ متری (شاخه ای)	۳۷،۶
۲	سپری الکترواستیل ۴/۲ متری (شاخه ای)	۴۰،۷
۳	پایه فلزی ۱/۵ متری (شاخه ای)	۸،۸
۴	سری ۹ تایی پیچ برای نصب سپری ها به هم و پایه ها	۱،۹
۵	نصب سپری (شاخه ای)	۱،۵
۶	هزینه فروش و نصب هر متر حفاظ	۱۲،۵
۷	متوسط هزینه ساخت هر متر طول حفاظ با سپری گالوانیزه	۲۵،۵
	متوسط هزینه ساخت هر متر طول حفاظ با سپری الکترواستیل	۲۶،۴
	متوسط هزینه ساخت هر متر طول حفاظهای تولیدی عرف ایران	۲۶
	تعمیر و نگهداری سالیانه هر متر حفاظ	۰،۶

جدول ۲: هزینه های مربوط به قطعات تشکیل دهنده گاردریل شرکت تولیدی تجهیزات ایمنی

ردیف	شرح هزینه ها	مبلغ هزینه ها(دلار)
۱	سپری حفاظ فلزی دو موج ۴/۲ متری (شاخه ای)	۲۸،۶
۲	پایه ۱/۵ متری به همراه لقمه ضربه گیر	۱۱،۷
۳	انواع پیچ (هر کیلو)	۱،۵
۴	هزینه فروش و نصب هر متر حفاظ	۱۴،۴
	متوسط هزینه ساخت هر متر طول حفاظ تولیدی تجهیزات ایمنی	۲۵،۴

جدول ۳: هزینه های مربوط به تولید و نصب نیوجرسی

ردیف	موضوع	قیمت تمام شده نیوجرسی بر حسب دلار	
		با ابعاد ۳۰۰×۸۰×۴۰ سانتی متر	با ابعاد ۳۰۰×۱۱۰×۸۰ سانتی متر
۱	شرکت پی بتون ایران	-	۸۴،۳
۲	شرکت بودا	-	۹۳
۳	شرکت بتون عماد	-	۹۷،۵
۴	اداره کل راه و ترابری استان تهران	۶۴،۲	۸۰،۲
۵	هزینه حمل و نصب یک قطعه ۳ متری تا فاصله ۵۰ کیلومتر	۲۳،۶	۲۸،۹
	متوسط قیمت ساخت یک قطعه ۳ متری	۶۴،۲	۸۸،۸
	متوسط قیمت ساخت، حمل و نصب یک قطعه ۳ متری	۹۰،۵	۱۱۷،۷
	تهیه و نصب بلوکهای بتنی جدا کننده ترافیک	-	۱۰۸،۵



## ۶- نتیجه گیری

در حال حاضر در کشور ایران، آمار تصادفات جاده‌ای و تلفات ناشی از آن بسیار بالا می‌باشد. تصادف به عنوان دومین عامل مرگ و میر در ایران پس از بیماری‌های صعب‌العلاج تلقی می‌شود. این مسئله بذل توجه بیش از پیش به استفاده از نرده‌های حفاظتی را طلب می‌کند. مقایسه کلی بین دو سیستم نیوجرسی و گاردریل در ایران نشان می‌دهد که هزینه اولیه یک نرده حفاظتی به تناسب افزایش مقاومت آن افزایش یافته ولی متقابلاً هزینه تعمیر و نگهداری آن کاهش می‌یابد. بطور کلی از مقایسه اقتصادی این دو نوع نرده حفاظتی، می‌توان این گونه قلمداد کرد که سیستم نیوجرسی نسبت به گاردریل اقتصادی‌تر است. از طرفی در برخی مناطق مانند پرتگاه‌ها عدم استفاده از سیستم نیوجرسی تقریباً غیر ممکن است. شاید تنها مشکل سیستم نیوجرسی را بتوان به افزایش خسارات وارده به وسیله نقلیه در هنگام برخورد نسبت به سیستم گاردریل نسبت داد. اما در کل با توجه به تمام موارد مطروحه در مقایسه فنی و اقتصادی این دو نوع نرده حفاظتی استفاده از سیستم‌های نیوجرسی برای راه‌های جدید التأسیس با شرایط استاندارد توصیه می‌گردد.

## منابع

- ۱- صفارزاده.م و ع.قائمی، "ارائه الگوی ریاضی جهت طراحی گاردریلهای انعطاف پذیر در بزرگراهها"، ۱۳۸۴
- 2- Texas Transportation Institute, "Safety Design and Operational Practices for Street and Highways", 1993
- 3- AASHTO, "Roadside Design Guide", 2002
- ۴- شرکت عرف ایران، "آیین طراحی و نصب نرده های حفاظتی"، ۱۳۸۵
- 5- "Functional Requirements of Highway Safety features" FHWA-TS-81-216, 1998
- 6- AASHTO, "Roadside Design Guide", Oct 1988
- 7- A Guide for Street and Highway Maintenance Personnel, "W-Beam Guardrail Repair and Maintenance", FHWA-RT-90-001
- 8- TRB Report of NCHRP 244, "New jersey Median Barrier History Guardrail and Median Barrier Crash Worthiness", 1997
- ۹- فخری.م و ب.صادقپور، "مطالعه و بررسی کاربرد نیوجرسی و گاردریل در راه‌های ایران با توجه به شرایط مختلف"، ۱۳۸۲