Railway Electrification

برقي كردن راه آهن

عباس قربانعلي بيك

۱۳۸۷

با تشكر از كليه عزيزان و بزرگواراني كه ما را در تنظيم ، تكميل و تصحيح اين مجموعه راهنمايي و ياري رساندند.

شناسنامه

- موسسه نشر:پرک،قزوين
- ص پ:۱۷۹۱-۳۴۱۸۵
- تلفن:۰۲۸۱-۳۶۶۲۳۵۰
- نام كتاب: برقي كردن راه آهن
- مولف: عباس قربانعلي بيک
- گرافيك وامور رايانه :ا.اسلامي
- ويراستار :ا.اسلامي
- ويراستار فني :حسين نادري
- چاپ : اول -۱۳۸۷
- تيراژ: ۱۰۰۰
- چاپخانه :گيتي
- ليتوگرافي :پارت
- شابک:۵- ۹۶-۵۷۰۳-۹۶۴-۹۷۸
- **ISBN**:978-964-5703-96-5
- قيمت : ۴۰۰۰ ريال

فيپا

- سر شناسه : عباس قربانعلي بيک ، ۱۳۴۰
- عنوان و پديد آور: برقي كردن راه آهن Railway Electrification
- نويسنده : عباس قربانعلي بيک
- مشخصات نشر :پرك،۱۳۸۷.
- مشخصات ظاهري : ۳۲ ص. نمودار، نقشه.
- قيمت : ۴۰۰۰ ريال
- شابک:۵-۹۶-۵۷۰۳-۹۶۴-۹۷۸
- وضعيت فهرست نويسي :فيپا
- يادداشت : كتابنامه:ص.۳۲
- موضوع :راه آهن -برقي
- رده بندي كنگره :۱۳۸۷ ۴ق۴ TF858/T
- رده بندي ديويي :۶۲۵/۲۶۳
- شماره كتابخانه ملي :۱۱۹۴۱۳۴۰

مقدمه

اختراع راه آهن در سال ۱۸۲۵بعنوان يكي از نتايج برجسته انقلاب صنعتي به عنوان بستر توسعه شناخته و مورد توجه قرار گرفت و هر چند اختراع سيستمهاي حمل و نقل جاده اي و هوايي در اواخر قرن ۱۹ از سهم اين روش كاست ولي در واقع اين سيستمها با ويژگيهاي خاص خود بعنوان مكمل سيستم ريلي توانستند نقاط ضعف آن را پوشش دهند.

اين تعامل در هر بخش و از جمله بخش ريلي نيز وجود داشته و بايد با توجه به نقاط ضعف و قدرت هر سيستم نه تنها جايگاه بلكه زمان و مرحله توسعه آن را مورد توجه قرار داد تا علاوه بر اقتصادي شدن بهره وري آن نيز ارتقاء يابد.

برقي كردن راه آهن و احداث راه آهن سريع السير بعنوان مكمل آن نيز از اين قاعده مستثني نبوده و بايد با روشهاي مناسب تحليلي از آنها بعنوان يک راهكار در زمان و مكان شايسته استفاده نمود.

هرچند آثار اجتماعي بخش ريلي بسيار بالاست ولي با يک نگاه استراتژيک با تدوين اهداف،امكانات و ارزشها بايد بهترين گزينه ها را با منطق و مقايسه فايده به هزينه انتخاب نمود تا از سرمايه هاي اجتماعي، اقتصادي و فرصتها حداكثر استفاده به عمل آيد.

استقلال كشور،به ويژه از بعد سياسي بعنوان يكي از ارزشهاي بسيار بالا كه شالوده انقلاب اسلامي است ميتواند مبين ارزش استقلال اقتصادي باشد بويژه اگر وابستگي آن حالت شبهه انحصاري به خود گيرد و در مقابل خود كفايي صنعت برق كشور فرصتي براي گسترش و جهش در اين سيستم بوجود آورده است.

همچنين خودكفايي كشور در ساخت زير بناهاي حمل و نقل و رويكرد دو دهه اخير به حمل و نقل ريلي شهري و حومه و نيز توفيقات فراوان و توانايي ساخت ناوگان ريلي و سيستمهاي علائم وارتباط از ويژگيهاي مهم ديگر در اين شرايط هستند.

شرايط و روند افزايش جهاني قيمت سوخت، مشكلات آلودگي هوا، رتبه تلفات جاده اي و اتلاف وقت مردم در حمل و نقل و بويژه تنگناهاي توسعه حمل و نقل هوايي نيز بر ضرورت توجه بيشتر به اين روش جابجايي مي افزايد.

تجربيات ديگر كشورها در اين بخش از جمله ژاپن، چين و... نويد يک تحول عظيم به شرط رعايت اصول تصميم گيري شايسته،اقدام بايسته و بهبود پيوسته را ميدهد .

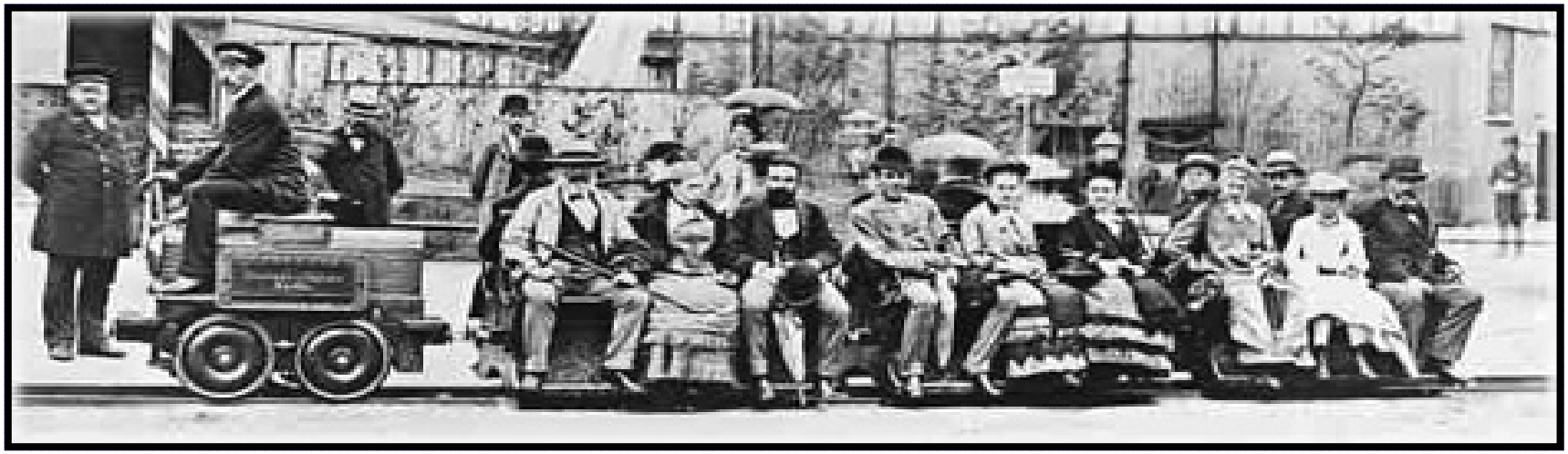
اميد است با حضور گسترده بخش خصوصي در صنعت ريلي طي چند سال گذشته از يک سو و تدوين قوانين ارزشمندي چون تبصره ۱۳و مواد ۱۲۸ و ۳۰ قانون بودجه برنامه چهارم و مصوبه مجلس محترم در سال ۸۶ مبني بر الزام رشد سالانه حدود ۶۰% بتوان اين حركت و جنبش اقتصادي را براساس جنبش علمي به مقدمه توسعه قسط و عدالت تبديل نمود.

فهرست

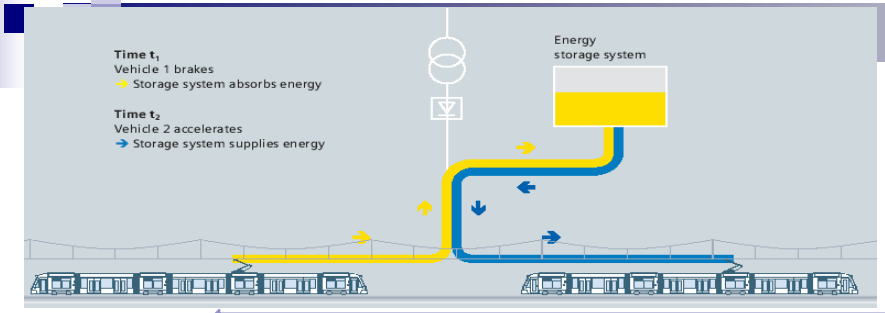
۱. جلد
۲. شناسنامه
۳. مقدمه
۴. فهرست
۵. سابقه برقي كردن درجهان
۶. اهم مزايا و محدوديتها
۷. رابطه برقي كردن با قطار سريع السير
۸. خطوط سريع السير دنيا
۹. افزايش فراز در خطوط سريع السير
۱۰. آثار زيست محيطي و اجتماعي
۱۱. كشته هاي جاده اي در اروبا
۱۲. زمان و شرايط مناسب برقي و سريع
۱۳. برآورد حمل ونقل ، ناوگان مورد نياز
۱۴. تاثيرقيمت سوخت و برق
۱۵. اطلاعات خطوط برقي برخي كشورها
۱۶. تاثير توان و سرعت بر زمان سير
۱۷. اثر ارتفاع و دما بر قدرت لكوموتيو ديزل
۱۸. منحني كشش – سرعت (برقي وديزلي مسافري)
۱۹. شرايط خط براي سرعت ۲۰۰ كيلومتر برساعت
۲۰. سيستم كنترل اتوماتيك قطار
۲۱. روند جايگزيني لكوموتيو ديزلي،بخار و برقي در آمريكا
۲۲. روند برقي كردن در چين
۲۳. اثر جهاني چين بر راه آهن برقي باري
۲۴. برخي عوامل بهره وري در شبكه و قطار برقي و سريع
۲۵. ترنست،قطار يا پوش پول
۲۶. قابليت اعتماد و آماده بكاري (rams)
۲۷. مهندسي فاكتورهاي انساني
۲۸. هزينه و زمان اجراي برقي كردن راه آهن
۲۹. گزينه هاي مختلف سرعت (براي مسافت ۱۰۰۰ km)
۳۰. خلاصه استراتژي برقي كردن راه آهن
۳۱. راه آهنهاي سريع دنيا
۳۲. مشخصات خطوط سريع براي استفاده متقابل

سابقه برقي كردن درجهان

- اولين لكوموتيو الكتريكي در نمايشگاه برلين آلمان توسط فون زيمنس در سال ۱۸۷۹ يعني نيم قرن پس از اختراع راه آهن در ۱۸۲۵ ،ارائه گرديد .(عكس)
- نخستين راه آهن برقي زير زميني در سال ۱۸۹۰ در لندن گشايش يافت.
- اولين كاربرد تجاري راه آهن محلي برقي درسال ۱۸۹۱ در آمريكا صورت گرفت.
- اولين كاربرد تجاري لكوموتيو ديزلي در سال ۱۹۱۸توسط GE صورت گرفت.
- در سال ۲۰۰۰ طول خطوط برقي جهان به حدود ۲۴۰۰۰۰ كيلومتر رسيد.
- براساس آمار سال ۲۰۰۵ اتحاديه بين المللي راه آهنها (UIC)بيشترين طول شبكه برقي در دنيا به ترتيب متعلق به كشور روسيه با ۴۲ هزاركيلومتر (۴۹%شبكه و۸۳ % ترافيک) وكشور چين با ۲۲ هزاركيلومتر ،(۲۷ % شبكه و۵۰% ترافيک) و كشورآلمان با ۱۹هزار كيلومتر،۵۷(%شبكه و۸۱% ترافيك) ميباشد.
- ۳۶ درصد از خطوط برقي دنيا و ۹۰% خطوط سريع السير دنيا از نوع kv ۲۵ و ۵۰ هرتز مي باشد.



اهم مزايا و محدوديت ها



- افزايش ظرفيت شبكه
- افزايش ظرفيت ايستگاههاي اصلي
- افزايش سرعت متوسط قطارها
- امكان افزايش تعداد مسافر بر واگن
- افزايش تعداد واگن در قطار مسافري
- افزايش سير سالانه لكوموتيو و واگن
- كاهش هزينه هاي پرسنلي مسافري و باري
- كاهش تاخيرات مسافري (UIC451)
- افزايش تقاضا و سهم بخش ريلي
- كاهش آلودگي هاي صوتي و زيست محيطي بويژه در مناطق مسكوني شهرها
- كاهش احتمال خروج از خط واگنهاي باري (UIC703)
- كاهش هزينه نگهداري لكوموتيو
- كاهش احتمال خرابي لكوموتيو
- افزايش سير سالانه لكوموتيو
- طول عمر بالاتر لكوموتيو برقي
- افزايش آماده بكاري لكوموتيو
- نياز به تعداد لكوموتيو كمتر
- توان بالاتر در بخش مسافري

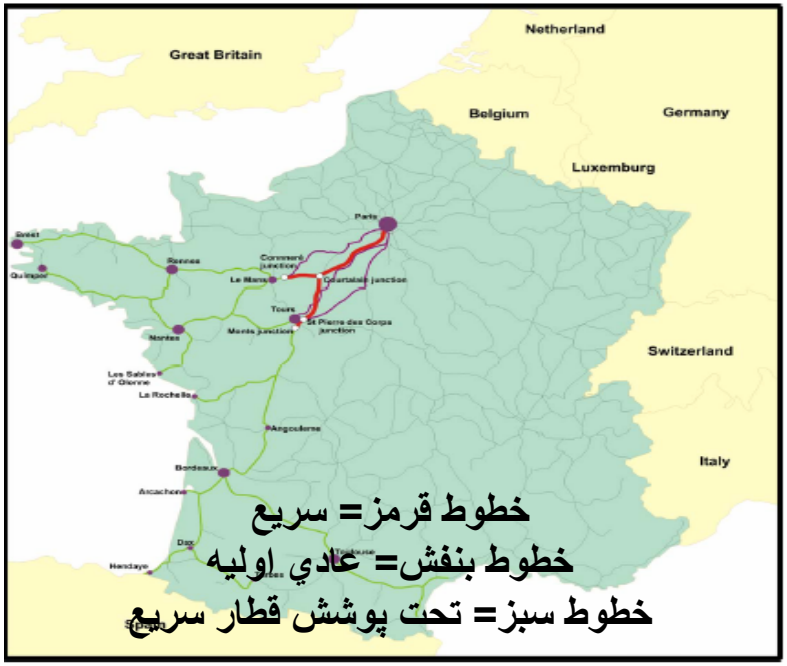
- ترمز قويتر و امكان بازيافت انرژي
- افزايش موقت توان
- عدم افت توان لكوموتيو در ارتفاعات و گرما
- عدم افت توان بين تعميرات
- كاهش وابستگي به موتورهاي ديزلي سنگين
- امكان افزايش طول تونل در طراحي مسير

اهم محدوديت ها و نقاط ضعف برقي كردن

- سرمايه گذاري اوليه در زير ساخت
- محدوديت ابعاد و بويژه ارتفاع
- محدوديت لكوموتيو به مسير برقي
- چسبندگي كمتر لكوموتيو در سرعت بالاتر
- گشتاور كمتر تراكشن در توان بالاتر
- مقاومت بالاتر قطار در سرعت بالاتر
- هزينه اصلاح سيستمهاي علائم و ارتباط
- هزينه تعميرات و نگهداري شبكه
- وابستگي به شبكه برق سراسري
- سابقه كم در حمل قطارهاي سنگين باري
- محدوديت هاي امداد در سوانح

رابطه برقي كردن با قطار سريع

- تا سال ۱۹۶۴ ماكزيمم سرعت عملياتي قطار سريع السير km/h ۱۶۰ در اروپا بوده و در ژاپن به دليل وجود خطوط متريك حداكثر سرعت آن به km/h ۸۰ محدود بود وبه همين دليل در سال ۱۹۶۴ اولين خط سريع السير نرمال دنيا با سرعت km/h ۲۱۰ در ژاپن راه اندازي شد.
- حداكثر سرعت محقق شده در خطوط ريلي غير سريع السير پس از اصلاحات به حدود ۲۵۰ كيلومتر در ساعت رسيده است. (بالاتر از اين سرعت سريع السيرمحسوب ميگردد، UIC ۷۹۹ ، يعني ۳۵۰-۲۵۰كيلومتر بر ساعت)
- خطوط برقي معمولي،براي قطارهاي سريع با سرعت حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ كيلومتر در ساعت مورد استفاده قرار مي گيرند . (بيش از سه برابر مسير سريع السير)
- پوشش ايستگاهها در خطوط معمولي فرانسه توسط قطارهاي سريع بيش از ۱۰ برابر خطوط سريع است. (۲۰۰ ايستگاه)
- طول خطوط سريع فرانسه ۱۸۴۰ كيلومتر در سال ۲۰۰۷ و خطوط تحت پوشش قطار هاي سريع با سرعت ۲۰۰معادل ۷۰۰۰ كيلومتر است.

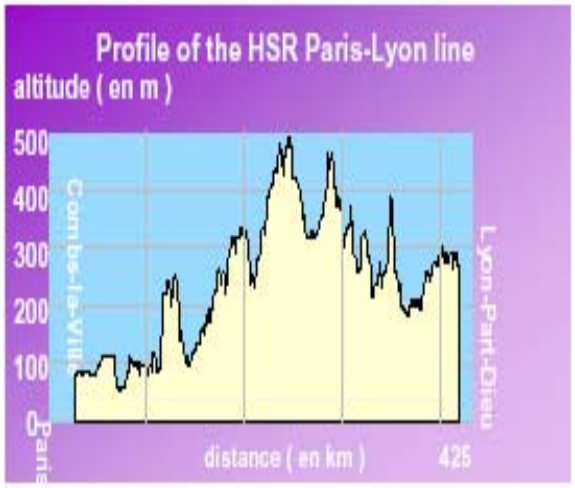


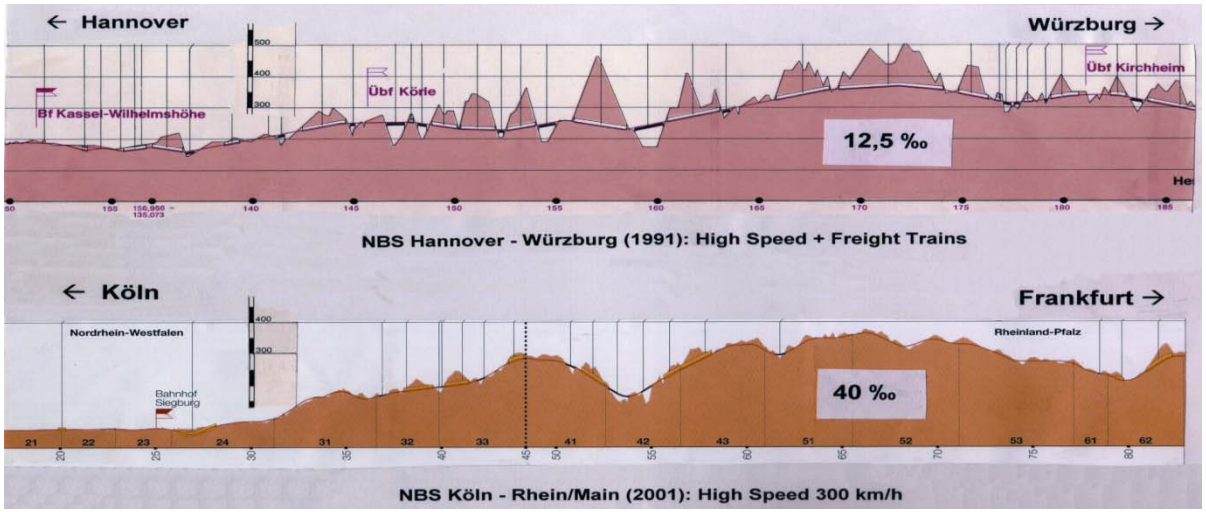
خطوط سريع السير دنيا

- طبق تعريف (UIC)به خطوط بالاي ۲۵۰ كيلومتر برساعت گفته ميشود.
- طول خطوط سريع السير ژاپن حدود ۲۳۰۰كيلومتر ميباشد. (۱۱% از كل).
- طول كل خطوط سريع السير دنيا تاسال ۲۰۰۶حدود۸۰۰۰كيلومتر(كمتر۱% از كل)
- تعداد تلفات قطارهاي سريع السير در ژاپن طي ۴۰ سال با جابجايي ۷ ميليارد نفر،صفر بوده است.
- خطوط سريع السير ژاپن در دنيا از سال ۱۹۶۴ تا ۱۹۸۱انحصاري و ركورد دار بود.
- جابجايي ۳۰۰ ميليون مسافر با سير متوسط ۲۵۰ كيلومتر در سال ۲۰۰۳ در ژاپن با تاخير ۶ ثانيه.
- شكستن ركورد سرعت توسط قطار دو طبقه فرانسه در۳ آوريل ۲۰۰۷ ۵۷۵ km/h .
- حداكثر سرعت قطارهاي سريع السير جديد: ۳۵۰ ، متوسط : ۲۸۰ (نوع تيلتينگ در خطوط معمولي ۱۹۱)
- اجرائي كردن پروژه قطارهاي سريع السير در چند مرحله انجام ميگردد،مانند مسير پاريس-ليون-بندر مارسي
- مسير مذكور طي مدت ۲۰سال (سال ۱۹۸۱تا ۲۰۰۱) و در ۵ فاز انجام پذيرفت.(همچنين تونل مانش)
- ظرفيت نشسته يك قطار سريع دو طبقه با ۴۰۰ متر طول در ژاپن به ۱۶۰۰ نفر مي رسد.
- در خطوط سريع السير ميتوان تا ۲۲۰ زوج قطار با ظرفيت حدود ۵۰۰هزار نفر در روز اعزام نمود.
- ظرفيت خط سريع السير جديد كره در سال۲۰۰۳ حدود ۸۰ ميليون نفر بوده و در ۲۰۱۰ به ۱۲۰ميرسد.
- هزينه احداث خطوط سريع السير اروپا بطور متوسط ۱۳ ميليون يورو بر كيلومتر است.
- تكنولوژي بكار رفته در قطارهاي سريع السير كمتراز ساير تكنولوژيهاي روز دنيا از جمله هوابيما است.

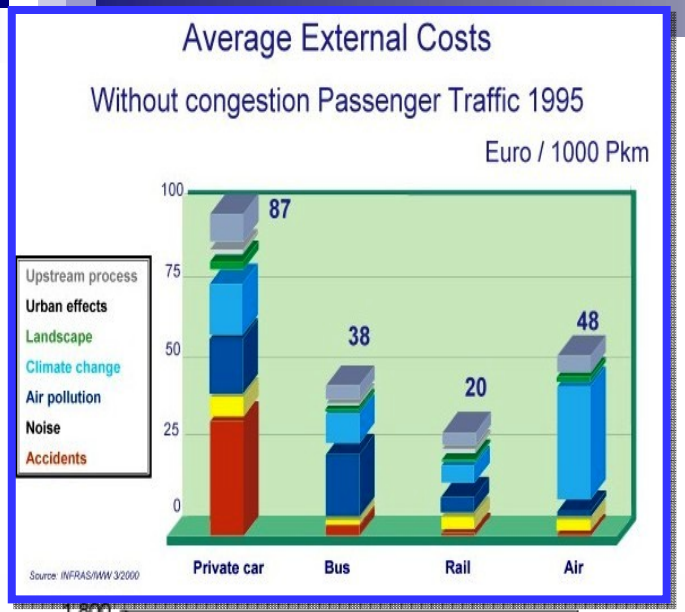
افزایش فراز در خطوط سریع السیر

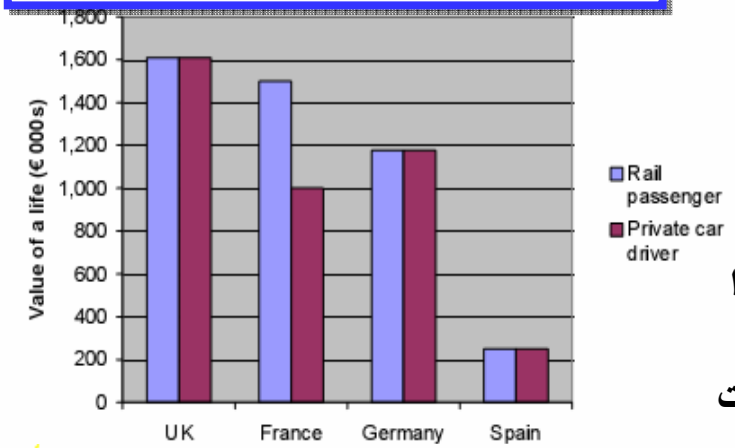
۱. مسیر کوتاهتر
۲. ساخت سریعتر
۳. ساخت ارزانتر
۴. سیر سریعتر
۵. انرژي کمتر





آثار زيست محيطي و اجتماعي





Emitted waste gases of modern Diesel locomotives:

CO_2	650	g/kWh
CO	0.6	g/kWh
NOx	7.5	g/kWh
CH	0.3	g/kWh

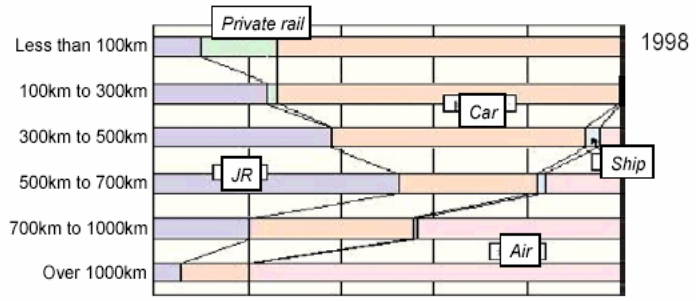
- با مقايسه هزينه اجتماعي حمل و نقل به ازاء هر ۱۰۰۰ نفر كيلومتر در اروپا توسط (INFRAS/IWW) با شرايط ايران (GNP=3.6وPPP)براي هر مسافر خودرو عدد ۲۴ هزار تومان و براي هر مسافر ريلي كمتراز ۶ هزار تومان حاصل ميگردد.
- اين هزينه در اروپا۷,۸%درآمد سرانه معادل ۵۳۰ ميليارد يورو در سال ۲۰۰۰ و بدون اثار اشباع ترافيكي محاسبه شده است.
- البته اين نسبت بدون در نظر گرفتن نسبت ۶ برابر حوادث جاده اي ايران به متوسط اروپا و يارانه پرداختي بابت سوخت است.
- كميسيون حمل و نقل تركيبي انگليس (CFIT) بامقايسه بين چهار كشور اروپايي متوسط ارزش جان را در پروژه هاي ريلي بيش از يك ميليون يورو برآورد كرده است.
- اين كميسيون ،ارزش وقت را ۱۰ يورو منظور كرده است.
- (FHWA+FRA) مبناي محاسبه ارزش جان در پروژه هاي ريلي را در ۲۰۰۴ معادل ۳ ميليون دلار محاسبه نموده است.
- كاهش اتلاف وقت حدود ۲۰ ميليارد تومان براي كاهش دو ساعت وقت هر ۱۰ ميليون نفر مسافر(با فرض هر ساعت ۱۰۰۰تومان)
- كاهش آلودگي هوا به ازاء هر نفر سفر ۱۰ كيلو CO2
- كاهش عوارض آلودگي صوتي
- كاهش عوارض آلودگي خاك

PPP=purchasing power parity

كشته هاي جاده اي در اروپا

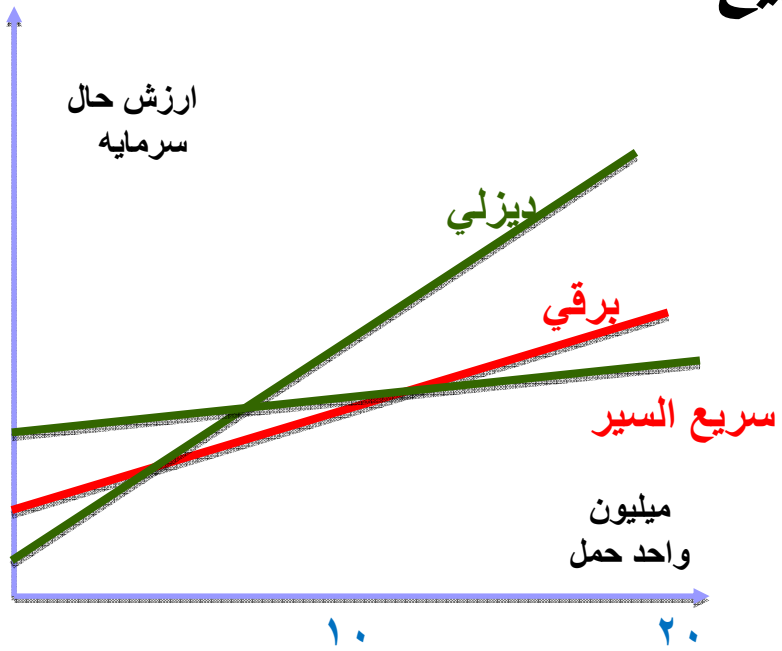
Western European countries	Number of deaths	Trends 2005/2004
Austria	768	- 12.5%
Belgium	1 089	- 6.4%
Denmark	331	- 10.3%
Finland	379	- 1.1%
France	5 318	- 3.8%
Germany	5 361	- 8.2%
Greece	1 606	- 3.8%
Iceland	19	-17.4%
Liechtenstein	2	Not applicable
Luxembourg	46	- 6.1%
Malta	17	+ 30.8%
Netherlands	750	- 6.7%
Norway	224	- 12.8%
Portugal	1 094	- 3.6%
Spain	3 857	- 18.7%
Sweden	440	- 8.3%
Switzerland	409	- 19.8%
United Kingdom	3 336	- 1.0%
Turkey	4 525	+ 2.2%
Total	***29 571***	***- 6.5%***

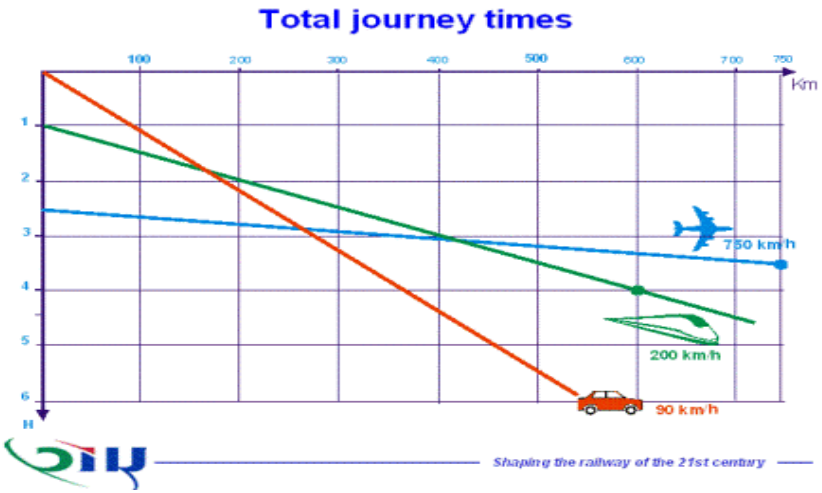
FIGURE E3 RAIL MARKET SHARE BY JOURNEY LENGTH



- بر اساس گزارش كميسيون اروپايي وزراي حمل و نقل (ECMT)در سال ۲۰۰۵ در ۱۹ كشور اتحاديه اروپا و حتي تركيه با جمعيت كل ۴۰۰ ميليون نفر، ۲۹۵۷۱ نفر با رشد منفي ۶,۵% كشته شدند.
- بيشترين كشته ها به ترتيب متعلق بود به : آلمان ۵۳۶۱ ،فرانسه ۵۳۱۸ ،تركيه ۴۵۲۵ ،اسپانيا ۳۸۵۷و انگليس۳۳۳۶ نفر.
- در سال ۲۰۰۲بخش ريلي اروپا به ازاء هر ميليارد نفر كيلومتر ۰,۴ كشته داشت.
- در سال ۱۹۹۸ دركشور ژاپن در مسافت ۵۰۰ تا ۷۰۰ كيلومتر ۵۰% مسافرين با راه آهن ژاپن جابجا گرديدند و درفواصل كمتر از۱۰۰ كيلومتر سهم ريلي ۲۶% بود كه ۱۶% آن متعلق به بخش خصوصي بود .
- قيمت سوخت خودرو ،قيمت بليط ،ارزش وقت و ارزش جان از عوامل موثر در تمايل استفاده از روشهاي مختلف حمل ونقل با فرض دسترسي يكسان ميباشند.
- اخذ هزينه هاي جانبي از استفاده كنندگان هر روش يكي از راهكارهاي مديريت اين هزينه ها است.
- براي نمونه عوارض دسترسي به اتوبان براي يک مسير مساوي در آمريكا ۷ ،فرانسه ۲۵ و در ژاپن ۱۰۰ دلار است.
- همين سياست منجر به بالاترين سهم بخش ريلي در ژاپن به ميزان ۳۴% در مقابل ۱۰% در فرانسه شده است.

زمان و شرايط مناسب برقي و سريع





- برقي كردن نيز مانند هر اقدام ديگر زمان و شرايط مناسب دارد.
- اين زمان و شرايط قابل محاسبه و پيش بيني است.
- تقدم يا تاخر در اين امر هزينه نسبي را افزوده وعمليات را غير اقتصادي مينمايد.
- احداث راه آهن سريع السير نيز تابع همين قاعده است و جايگزين هواپيما و خودرو شدن يكي از شرايط آن ميباشد.
- دو خطه و علائمي كردن و ارتقاء سرعت مقدم بر برقي كردن هستند.
- بر اساس تجربه دنيا ،برقي كردن با ارتقاء سرعت مقدم بر راه آهن سريع السير است.
- سهم حمل و نقل سريع در سفرهاي تا ٢,٥ ساعت در اروپا ٧٥% و در ۴ ساعت ٥٠%است.
- بانک جهاني در مطالعات خود در سال ١٩٨۴ نقطه سر به سر برقي كردن را بين ٥تا ٢٢ ميليون تن ناخالص بر اساس متغييرهاي متفاوت در كشورهاي مختلف اعلام كرده است.
- عوامل عمده و با حساسيت در ترافيک بحراني عبارتند از:هزينه اصلاحات خط ،قيمت لكوموتيو ،تعرفه سوخت و برق.

برآورد حمل ونقل ،ناوگان مورد نياز

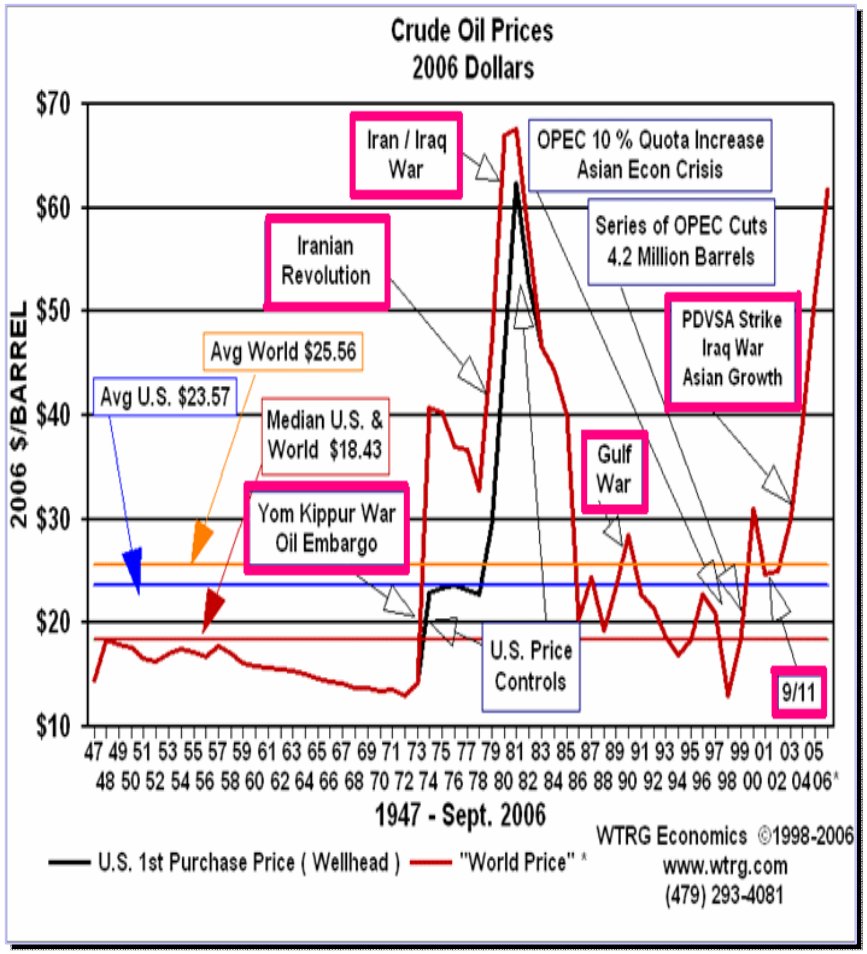
- بانک جهاني در مطالعات خود در سال ۱۹۸۴که همچنان مورد استناد است، يکي از عوامل مهم تعيين نقطه سر به سر را تاثير برقي کردن بر ناوگان ذکر ميکند که خلاصه فرضيات پايه آن در زير به ترتيب براي نوع برقي و (ديزلي) آورده شده است:

۱. آماده بکاري لکوموتيو ۹۵-(۸۵) ،کشورهاي جهان سوم تا ۶۵
۲. توان لکوموتيو ۵۰۰۰-(۲۵۰۰) کيلووات
۳. هزينه تعميرات ۰,۸۳-(۰,۱۶)دلار بر کيلومتر
۴. قيمت لکوموتيو ۱,۷-(۱,۳)ميليون دلار
۵. انرژي مصرفي ۲۳-(۶) کيلووات (ليتر)بر تن کيلومتر ناخالص
۶. قيمت انرژي ۵-(۲۶)سنت برکيلووات(ليتر) ،از خط انتقال کمتر
۷. سير روزانه مسافري ۸۰۰-(۶۰۰) کيلومتر
۸. هر تن کيلومتر خالص برابر ۲ تن کيلومتر ناخالص
۹. هر نفر کيلومتر برابر ۱ تن کيلومتر ناخالص
۱۰. تناژ قطار مسافري و باري ۶۰۰-۱۲۰۰تن
۱۱. نقطه سر به سر ۲۲-۵ ميليون تن ناخالص
۱۲. هزينه برقي کردن ۱۴۸-۱۰۶هزار دلار بر کيلومتر يک خطه
۱۳. بدون نياز به اصلاح خط
۱۴. ضريب دو خطه ۱,۸
۱۵. تاثير برقي بر ظرفيت ۱۵%
۱۶. نرخ بهره ۱۲%

توضيح:اطلاعات فوق مربوط به متوسط دهه ۸۰ ميباشد و صرفا براي تقريب ذهني و تخمين اوليه مناسب است و بايد براي هر مورد متناسب با شرايط زماني و مکاني تدقيق گردد.

		ديزلي	برقي
۱	مسافت		
۲	تعداد خط		
۳	سرعت		
۴	بار محوري		
۵	مسافر		
۶	رشد مسافر		
۷	بار		
۸	رشد بار		
۹	رشد ظرفيت		
۱۰	لکوموتيو		
۱۱	ناوگان مسافري		
۱۲	ناوگان باري		
۱۳	خط برقي		
۱۴	هزينه نگهداري		
۱۵	هزينه انرژي		
۱۶	هزينه خط برقي		
۱۷	بازگشت سرمايه		
۱۸	نرخ بهره		
۱۹	رشد قيمت برق		
۲۰	رشد قيمت سوخت		

تاثیرقیمت سوخت و برق



- یک لکوموتیو دیزل ۲ مگاواتي در سال یک تا دو میلیون لیتر سوخت مصرف میکند.
- با افزایش قیمت جهاني نفت و رسیدن قیمت فوب(تحویل روي عرشه کشتي) خلیج فارس به حدود ۸۰۰ دلار بر تن مصرف سالانه سوخت لکوموتیو دیزلي تا یک میلیون دلار و حدود شش برابر متوسط هزینه تعمیرات آن بالغ میگردد.
- درهمین شرایط صرفه جویي نسبي هر لکوموتیو باري فعال (در سرویس) بین ۶ تا ۸ میلیون دلار نسبت به حمل جاده اي است.
- افزایش قیمت سوخت ،ترافیک بهینه و اقتصادي برقي کردن راه آهن را کاهش میدهد.
- افزایش قیمت سوخت مسافت اقتصادي حمل را به نفع ریلي تغییر میدهد.
- در مقابل سهم سوخت در هزینه برق تولیدي نیروگاهها حدود ۸۰% بوده و استفاده از سوختهاي ارزان چون گاز، مازوت و...و نیز مصرف شبانه هزینه انرژي ریلي را میکاهد.
- در بخش برق در جهان بدلیل افزایش راندمان تا حد ۵۰% ،استهلاک کم در خطوط انتقال و استفاده از انرژیهاي پست ،افزایش تعرفه قابل اغماض میباشد.
- متوسط تعرفه برق صنعتي ۲۰۰۴ در ۳۳ کشور جهان ۵ سنت بوده است.

اطلاعات خطوط برقي برخي كشورها

رتبه ايران در نسبت طول خطوط برقي به طول كل خطوط در بين ۴۰كشور ، ۳۳ ميباشد.

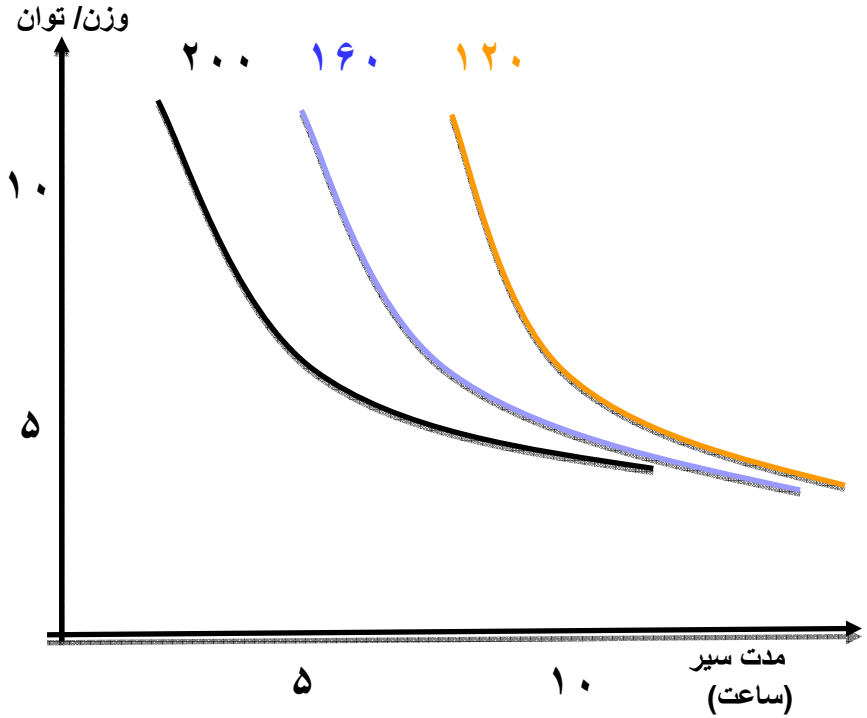
ردیف	کشور	طول کل شبکه (km*)۱۰۰۰	طول شبکه برقي (km*)۱۰۰۰	جابجايي بارومسافر (ميليارد واحد حمل)	درصد مسافر	شبکه برقي جديد (۲۰۰۰-۲۰۰۵)	درصد ناوگان برقي	درصد ترافيك ناخالص در خطوط برقي
1	آفريقاي جنوبي	۲۰	۸	۱۱۰	۱	۲۳۹	۶۰	۹۰
2	آلمان	۳۴	۱۹	۱۶۱	۴۵	۲۷۱	۴۵	۸۱
3	ايران	۷	۰.۱۴۸	۳۰	۳۷	۰	۱	۰
4	آمريكا	۲۲۹	۰.۰۲۳	۲۷۲۶	۱	۰	۰	۰
5	تركيه	۹	۲	۱۴	۲۲	۱۶۸	۲۱	۲۳
6	چين	۶۲	۱۹	۲۵۱۸	۲۳	۴۵۴۴	۳۰	۴۱
7	روسيه	۸۶	۴۲	۱۹۶۶	۸	۱۳۷۳		۸۳
8	ژاپن	۲۰	۱۲	۲۶۹	۹۱	۱۳۷	۶۷	۹۳
9	فرانسه	۲۹	۱۵	۱۲۰	۶۵	۶۶۱	۴۷	۸۹
10	قزاقزستان	۲۴	۴	۱۸۴	۱	۴۱۱	۳۷	۵۰
11	لهستان	۲۰	۱۲	۶۲	۲۷	۲۵	۵۹	۹۱
12	هند	۶۳	۱۷	۹۸۳	۵۹	۳۲۳۵	۴۷	۵۴
13	جمع	۵۹۳	۱۵۲	۶۲۱۲	۳۲	۱۱۰۶۴	۳۳	۶۳
14	كل كشورها	۱۰۱۰	۲۴۴	۱۰۸۸۵	۲۰	۱۲۱۱۵	۲۴*	۴۳

*اين عدد نسبت لكوموتيوها بدون در نظر گرفتن ترنست مي باشد.

بر اساس گزارشات UIC در سال ۲۰۰۳و ۲۰۰۵(ازبين ۹۰كشور عضوUIC)

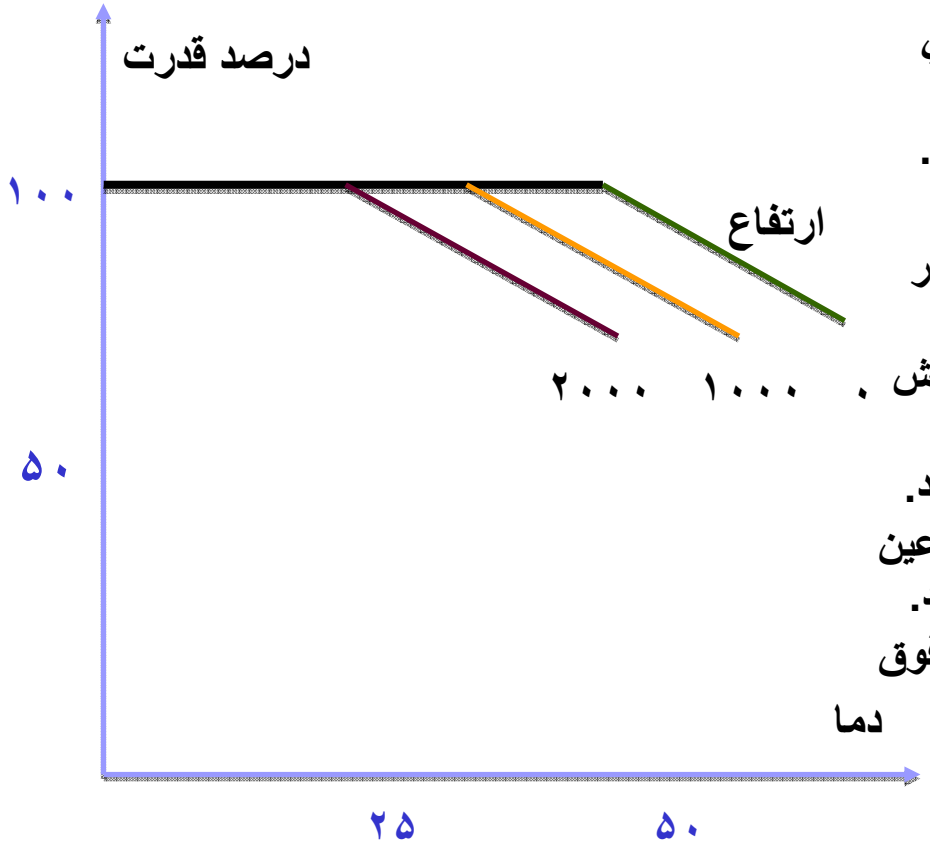
تاثیر توان و سرعت بر زمان سیر

- براي كاهش زمان سير قطار يا بايد نسبت توان به وزن قطار را افزود يا حداكثر سرعت را بالا برد.
- با حفظ سرعت حداكثر با افزايش نسبت توان به وزن ميتوان زمان سير را كاهش داد.
- در نسبت توان به وزن ثابت با افزايش سرعت حداكثر ميتوان زمان سير را كاهش داد.
- با افزايش تعداد واگن،مقاومت نسبي قطار كاهش يافته و زمان سير كاهش مي يابد.
- كاهش ضريب مقاومت هوا نيز در اين نتايج موثر است.
- سرعت مجاز حداقل در ايستگاهها نيز موجب تغيير نتايج ميگردد.
- براي انتخاب زمان سير مناسب بايد با تحليل فايده به هزينه با توجه به ارزش وقت و ... به گزينه مناسب را يافت.
- با افزايش سرعت مسافت لازم براي ترمز اضطراري بصورت جدول روبرو افزايش مي يابد.



Speed (km/h)	Braking distance (m) - TSI-
۲۰۰	۱۹۴۰
۲۵۰	۳۱۳۰
۳۰۰	۴۶۹۰
۳۳۰	۵۸۴۰

اثر ارتفاع و دما بر قدرت لکوموتیو دیزل



- قدرت موتور دیزل با افزایش دماي محیط کاهش مي یابد.
- قدرت موتور دیزل با افزایش ارتفاع کاهش مي یابد.
- قدرت موتور دیزل در تونل کاهش مي یابد.
- قدرت لکوموتیو دیزل با گرفتگي فیلتر هوا ،رادیاتور آب و ...کاهش میابد.
- قدرت موتور با افزایش تعداد متوالي لکوموتیو کاهش مي یابد.
- مصرف سوخت در تمام شرایط فوق افزایش مي یابد.
- میزان آلودگي نیز در این حالت بالا میرود ولي در عین حال با فاصله بسیار زیاد باهواپیما و خودرو میباشد.
- درصد خرابي و هزینه لکوموتیو دیزلي در شرایط فوق افزایش میابد.
- در موتورهاي با تنفس طبیعي و توربینها این آثار بسیار شدیدتر بوده و به حدود ۵۰% میرسد.

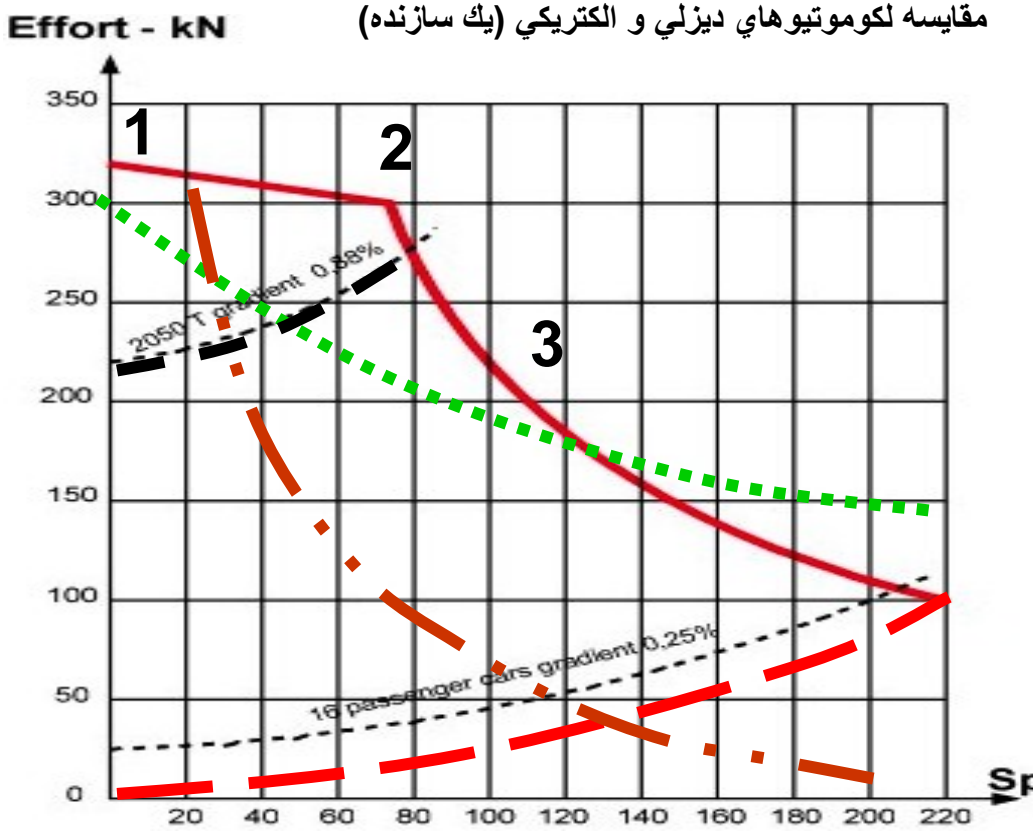
Pollutant / Transport Forms	CO (mg)	No_x (mg)	SO (mg)	CH (mg)	CO_2 (mg)
Railway	3.2	13	11.2	0.3	18
Highway	510	131	11.5	41.8	71
Aviation	225	449	44	17	139

منحني كشش – سرعت لكوموتيو (برقي وديزلي مسافري)

ردیف	نوع لکوموتیو	واحد	دیزلي	برقي	ديزلي	برقي
۱	آرایش محور		BO- BO	BO-BO	CO-CO	CO-CO
۳	توان موتور	kw	۲۰۰۰		۳۰۰۰	
۴	توان روي چرخ	kw	۱۶۰۰	۶۴۰۰	۲۵۰۰	۶۵۰۰
۵	وزن	ton	۸۴	۸۶	۱۲۶	۱۲۹
۶	سرعت	Km/h	۱۴۰	۲۳۰	۱۲۰	۱۴۰
۷	کشش اولیه	kN	۲۳۰	۳۰۰	۵۴۰	۳۰۰
۸	کشش مداوم	kN	۱۸۰	۲۴۰	۴۰۰	۳۲۰
۹	سال ساخت		۲۰۰۰	۱۹۹۹	۱۹۹۸	۱۹۹۸
۱۰	تعداد محصول	دستگاه	۷۰	۲۵۰	۲۱	۱۳
۱۱	**کل تولید**	دستگاه	۵۳۴	۲۱۳۴	۱۶۰۰	۲۵

- توان لكوموتيو مسافري برقي تا بيش از چهار برابر وكشش آن غالبا تا ۳۰% بالاتر از نوع ديزلي است. (شكل روبرو)
- توان لكوموتيو باري برقي تا دو برابر بالاتر ولي كشش آن غالبا تا ۲۰% كمتر از نوع ديزلي با وزن مساوي است.

مقايسه لكوموتيوهاي ديزلي و الكتريكي (يك سازنده)



۱. كشش استارت (STE)
۲. كشش مداوم (CTE)
۳. كشش چسبندگي (ATE)
۴. منحني چسبندگي
۵. توان لكوموتيو ديزل
۶. توان لكوموتيو برقي
۷. مقاومت قطار مسافري با ۱۶ واگن در فراز ۲,۵ در هزار
۸. مقاومت قطار باري ۲۰۵۰ تني در فراز ۸,۸ در هزار

اطلاعات فوق براي لكوموتيوهاي ۴ محوره و غالبا اروپايي براي تقريب ذهني ارائه شده است و براي لكوموتيوهاي ۶ محوره متفاوت است.

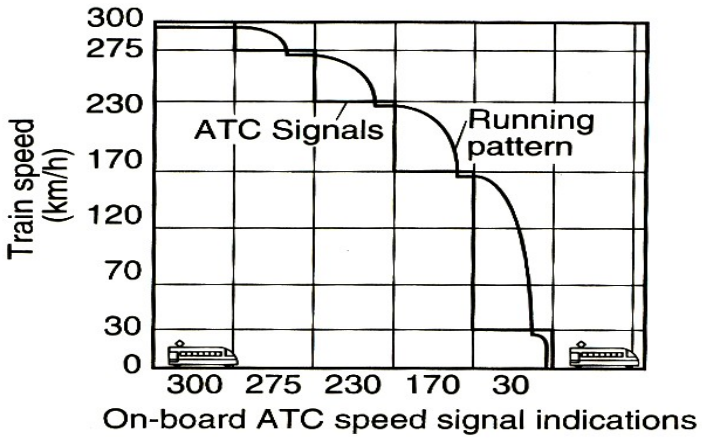
شرايط خط براي سرعت ۲۰۰ و بالاتر

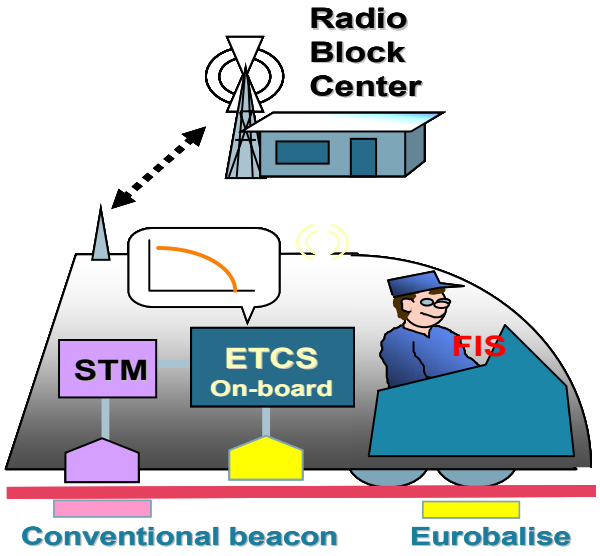
- بر اساس استاندارد ۷۰۵ اتحاديه بين المللي راه آهنها(UIC) منتشره ۲۰۰۳ براي كاهش زمان سير قطارهاي تيلتينگ در خطوط معمولي مشخصات لازم براي سرعت ۲۳۰ بصورت روبرو آمده است:
- براي اين سرعت بار محوري ۱۸ تن توصيه شده است.
- حداقل قوس اين مسيرها ۲۵۰ متر ذكر شده است.
- بار محوري ۲۲,۵ تن طبق استاندارد ۷۱۳با سرعت ۲۰۰ مجاز است.
- خطوط سريع السير بالاي ۲۵۰كيلومتر در ساعت ميباشند.
- طبق استاندارد ۷۳۴ گذر گاههاي هم سطح در خطوط تا سرعت ۲۰۰ بايد طبق استاندارد ۷۶۲ باشند.
- براي سرعت ۱۶۰ به بالا كنترل اتوماتيك قطار الزاميست.
- حداكثر شتاب جانبي مجاز ۱,۸ متر بر مجذور ثانيه ميباشد.
- حداكثر دور يا بربلندي نيز ۱۵۰ ميليمتر است.
- و براساس فيش ۷۹۹ حداقل ارتفاع سيم تماس خطوط برقي در سرعت ۲۳۰ برابر ۵۵۰۰ و حداكثر ۶۵۰۰ ميليمترميباشد.
- براساس استاندارد ۴۵۱ براي رعايت حدود بازگشت پذيري به برنامه براي سرعت ۱۶۰ حدود ۱۰%و براي ۲۰۰ حدود ۱۳% به زمان سير اضافه ميگردد.

Profile of rail : UIC 60, UIC 54
Grade of steel : 900A (recommended)
Type of sleepers : concrete
Sleeper spacing : 60 cm
Type of fastening : resilient direct or indirect
Continuous welded rail : recommended
Type and section of ballast : very high quality and sufficient ballast profile

سيستم كنترل اتوماتيك قطار

Figure 5 ATC Train Running Pattern





Conventional and ETCS systems can be installed

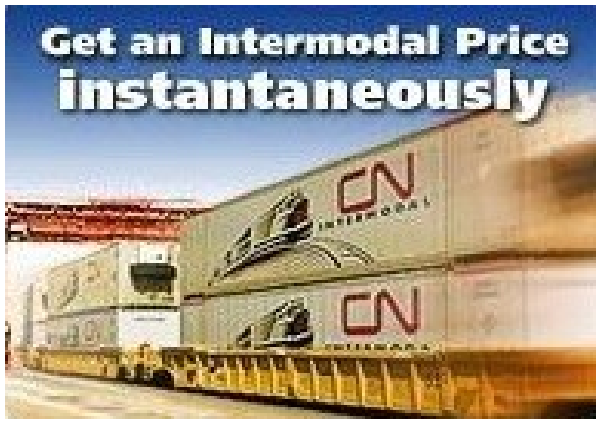
- سيستم كنترل اتوماتيک قطار(ATC)را براي قطارهاي سرعت بالايي چون شينكانسن كه حركت سريع قطار مهلت تاييد علائم كنار خط را به راننده نميدهد ابداع شده است.
- از زمان افتتاح اولين شينكانسن در سال ۱۹۶۴ از سيستم (ATC)براي كنترل تمامي بخشهاي خطوط شينكانسن استفاده ميگردد.
- راه آهن وموسسه تحقيقات فني راه آهن ژاپن(RTRI) سيستمهاي متنوعي را براي ايمني در مقابل زلزله،بارندگي شديد،بارش برف شديد، تند باد و ... ،در خطوط شينكانسن توسعه داده اند.
- براي دستيابي به سرعتهاي بالاي ۱۶۰ كيلومتر بر ساعت استفاده از سيستم علائم كابين توسط اتحاديه بين المللي راه آهنها دراستاندارد ۷۳۴توصيه شده است .
- در سالهاي اخير راه آهنهاي اروپا از سيستم (ETCS)براي يكسان سازي و كاهش هزينه استفاده مينمايند.
- ملاحظات ايمني در قطارهاي سريع دنيا منجر به نادر بودن تلفات آنها در مقايسه با قطار معمولي شده است.
- وزارت راه انگلستان در گزارش سال ۲۰۰۳به دولت و مجلس، علائم در كابين را مقدمه خوبي براي برقي كردن اعلام ميكند.

روند جايگزيني لكوموتيو ديزلي ،بخار وبرقي در آمريكا

- راه آهنهاي باري خصوصي آمريكا با رتبه ۱ ،تعداد ۷ شركت ميباشند كه با كسب ۳۵ ميليارد دلار در سال ۲۰۰۲به نرخ بازگشت سرمايه ۷% دست يافتند.
- دلايل زير را ميتوان براي عدم توسعه و كاهش نرخ نفوذ شبكه برقي در خطوط باري ذكر نمود:

۱. خصوصي بودن راه آهنهاي باري در هر دو بخش زير بنا و ناوگان.
۲. قيمت سوخت گازوئيل پايينتر از ساير كشورهاي پيشرفته است.
۳. كشش كمتر لكوموتيو باري برقي بدليل كاهش چسبندگي.
۴. ارجهيت سيستم برقي بطور متوسط در۱۵% ازمسير(فراز باردار)
۵. محدوديت ارتفاع براي حمل كانتينر دوطبقه يا خودرو سه طبقه و....
۶. لزوم تعويض لكوموتيو برقي وديزلي در حمل از مبدا تا مقصد.
۷. بالا بودن بار محوري و دسترسي به موتورهاي تا ۶۰۰۰ اسب .
۸. ارتفاع زياد تونلها و امكان استفاده از موتورهاي بزرگتر.
۹. يكي بودن سازنده موتور ديزل و لكوموتيو.
۱۰. تعداد بسيار بالاي توليد و قيمت پايين لكوموتيو ديزلي .
۱۱. در حال كاهش بودن طول خطوط ريلي اصلي .
۱۲. استفاده از قطارهاي طويل و سنگين با ۲۰۰۰۰ تن .

ع.ع	سال	جمع	ديزلي	بخار	برقي	خطوط*	حمل #
1	1929	57559	22	56939	601	610	655
2	1939	42470	510	41117	843	585	488
3	1947	41701	5772	35108	821	570	
4	1960	29031	28278	261	492	548	834
5	1970	27077	26796	13	268	516	1110
6	1980	28094	28003	12	79	435	1346
7	1990	18835	18835	0	0	320	1571
8	2000	20028	20026	0	0	268	2209



منبع: Rail Road Facts 2003

از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۱ درصد لكوموتيوهاي ديزلي AC به حدود ۲۰ %رسيداست

روند برقي كردن در چين

- تا ماه جولاي ۲۰۰۶ چين ۴۴ راه آهن برقي با طول كلي ۲۱,۶۸۵ كيلومتر ساخته است.
- نسبت برقي شده ۲۷%است كه بيش از ۵۰%كل بار يا خدمات راه آهن را حمل مينمايد.
- در حال حاضر اين كشور سالانه ۱۰۰۰ كيلومتر از خطوط خود را برقي مينمايد.
- برخي از دلايل توجه چين به برقي كردن را شايد بتوان در موارد زير خلاصه نمود:

۱. راه آهن چين دولتي و تصميم گيري آن متمركز است.
۲. چين وارد كننده سوخت بوده و قيمت سوخت در آن بالاست.
۳. راه آهن چين با سرعت بسيار زياد در حال توسعه است.
۴. احداث و توسعه راه آهن سريع السير از اهداف مهم است.
۵. قطارهاي مسافري طويل و مسير طولاني است.
۶. حمل بار عمدتا معدني و طولاني است.
۷. تقاضاي حمل ونقل بار به شدت افزايش يافته است.
۸. وزن قطارهاي باري سنگين به ۲۰ هزار تن رسيده است.
۹. ظرفيت خطوط باري به ۴۰۰ ميليون تن نيز رسيده است.

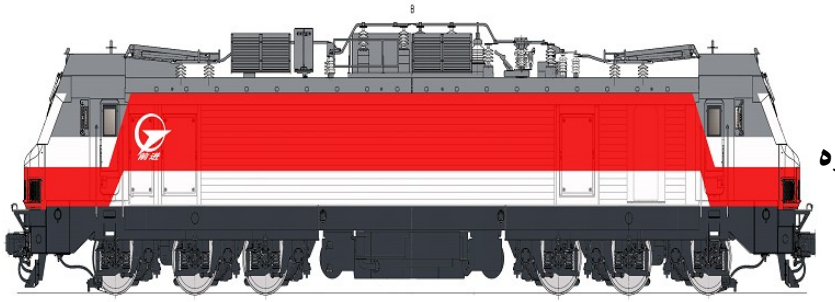
برنامه	دوره	راه آهن برقي شده در ۵سال	كل خطوط برقي شده	درصد برقي شده	درصد بار حمل شده در خطوط برقي
6th	81-85	2507	4187	8	7
7th	86-90	2664	6851	12	18
8th	91-95	3012	9864	16	25
9th	96-2000	5029	14893	22	40
10th	01-05	5587	20132	27	50
	2020	28000	50000	50	80

Beijing-Shanghai railway is about 1453km, which was electrified by EEB in only one year. This project also includes related modification works concerning the signaling, communication, power lighting system, and civil works such as permanent way, track bed, bridges, culverts, curve radius adjustment, etc, in order to lift train speed.

اثر جهاني چين بر راه آهن برقي باري

راه آهن چين طي چند سال گذشته بويژه از سال ۲۰۰۴ اقدام به سفارش بيش از ۱۲۰۰ لکوموتيو سنگين ۶ محوره باري با سه سازنده معروف جهاني (آلستوم ،بمباردير و توشيبا)، نموده است که بيش از ده برابر متوسط خريد جهاني لکوموتيو برقي ۶ محوره با عرض استاندارد طي سي سال گذشته از اين شرکتها ميباشد و اولين سري آنها سال گذشته وارد سرويس شده است.

اين لکوموتيوها قرار است در مسيرهايي چون داتونگ - شين هوانگداو با ظرفيت ۴۰۰ ميليون تن در سال جايگزين لکوموتيوهاي دوقلو ۴ محوره در حمل قطارهاي ۲۰۰۰۰ تني گردند و به اين ترتيب ۳ لکوموتيو مذکور بجاي ۶ لکوموتيو ۴ محوره قرار ميگيرد.



Axle load: 23t
with ballast: 25t
Tractive power at wheel rim (continuous): 9600kW
Electric braking power at wheel rim (continuous): 9600kW

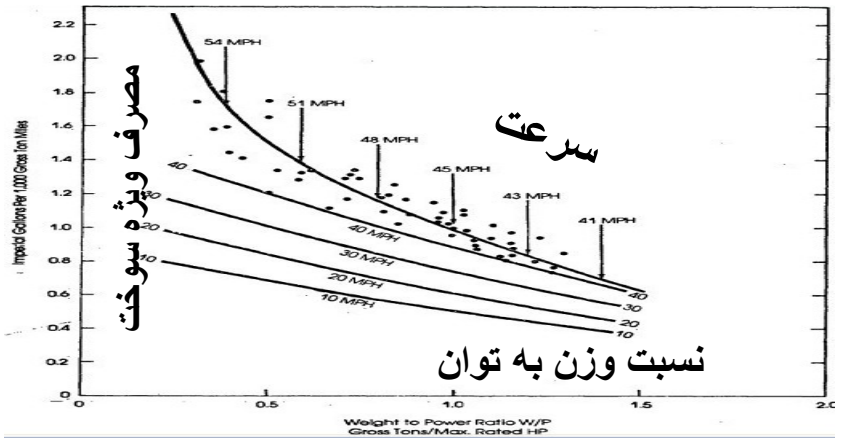
Continuous traction effort:	**540kN**
Continuous speed:	**80km/h**
Constant power speed range:	
Tractive state:	**80-140km/h**
Regenerative braking state:	**96-140km/h**

برخي عوامل بهره وري در شبكه وقطار برقي و سريع

بايد بهره وري را در كنار اثر بخشي و كارآيي
با نگاه فايده به هزينه مورد توجه قرار داد.

افزايش طول قطار
<u>افزايش عرض واگن</u>
افزايش طول واگن
دو طبقه كردن واگن
تعداد صندلي بر واگن
اعتدال در تعداد درب
انعطاف پذيري چينش
ظرفيت قلاب
پلاتفرم مشترك ناوگان

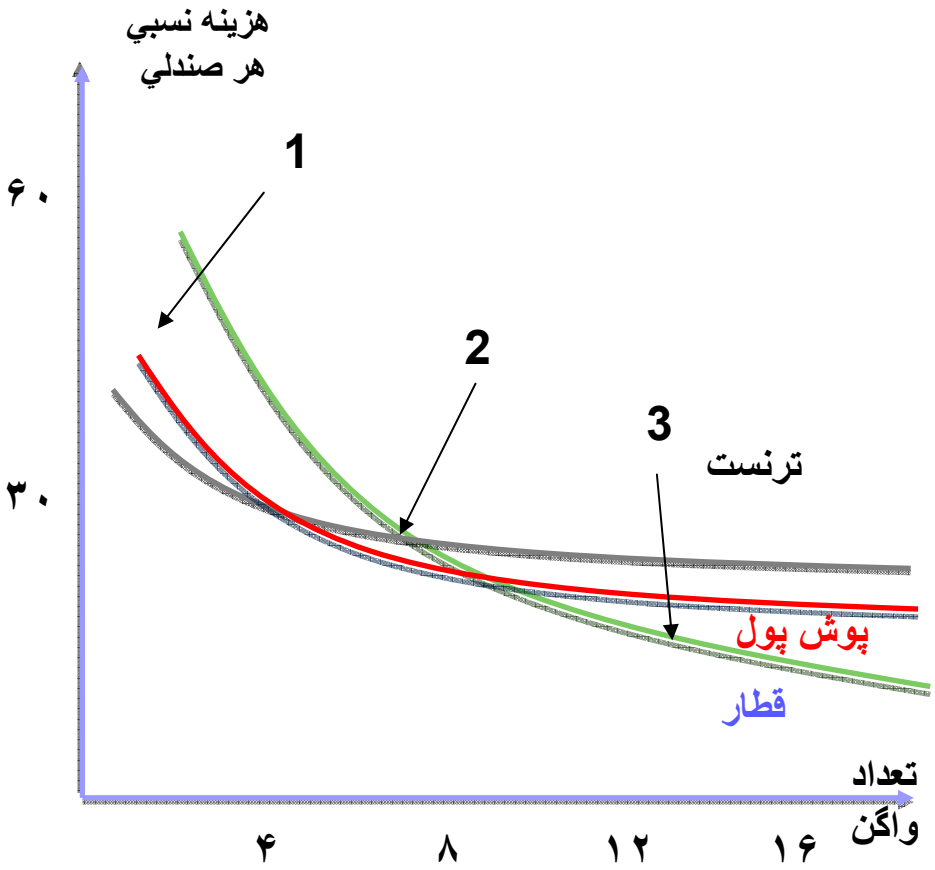
دو خطه كردن
تراك بندي دوخطه
افزايش فراز در خطوط سريع
افزايش بار محوري
افزايش بار بر طول
كاهش فراز غالب در خطوط باري
افزايش شعاع حداقل قوسها
<u>توازي با آزادراهها</u>
سيستمهاي ماجولار
سيستمهاي تشخيص عيب



<u>ركوردهاي ريلي دنيا:</u>

- ۲۰۰۷فرانسه ۵۷۵ km/h قطار TGV دو طبقه
- ۲۰۰۶ اسپانيا ۴۰۴ km/h قطار AVE
- ۲۰۰۵ژاپن ۵۸۱ km/h قطار مغناطيسي
- ۲۰۰۵ايتاليا ۳۵۱ km/h قطار ETR
- ۱۹۹۶ ژاپن ۴۴۳ km/h شينكانسن
- ۱۹۹۰فرانسه ۵۱۵ km/h قطار TGV
- ۱۹۸۹ آلمان ۴۵۰ km/h قطار مغناطيسي
- ۱۹۸۸ آلمان ۴۰۷ km/h قطار ICE

ترنست،قطار يا پوش پول



با فرض زمان سير يكسان:

- با كاهش تعداد واگن در قطار هزينه بر صندلي افزايش ميابد.
- براي كاهش هزينه نسبي در قطارهاي كم ظرفيت از سيستمهاي خودكشش يا ترنست ميتوان استفاده نمود.
- در حد فاصل توجيه قطار و ترنست از قطارهاي دو كشنده ميتوان استفاده نمود.
- هر كدام از اين سيستمها قابل ارتقاء مي باشد و بعنوان مثال دو طبقه كردن در قطارهاي ژاپن ،فرانسه و آلمان بدون اضافه كردن وزن ظرفيت را تا ۴۰% افزايش داد.
- متناسب با شرايط هر كشور اين نسبتها تغيير ميكند.
- ۱- محدوده مناسبت ترنست
- ۲- محدوده مناسبت پوش پول
- ۳- محدوده مناسبت قطار
- اين رابطه براي مقايسه

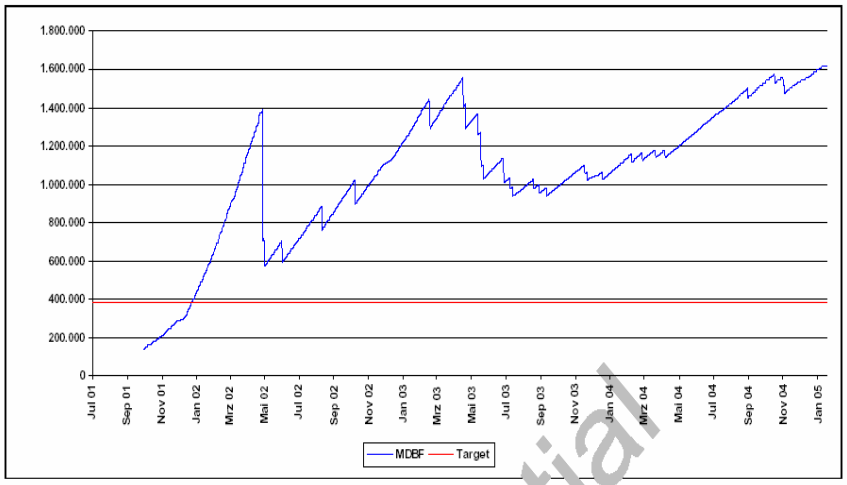
روشهاي مختلف حمل و نقل

همچون روش دريايي،هوايي جاده اي و ريلي نيز برقرار است.

قابليت اعتماد و آماده بكاري (RAMS)

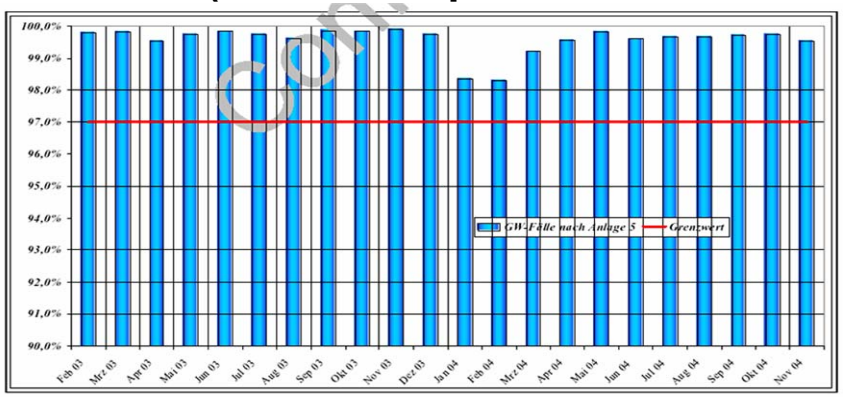
- يكي از شاخصهاي گسترش يافته طي دهه هاي گذشته در راه آهنهاي جهان (RAMS) ميباشد.
- اين شاخص مخفف قابليت اعتماد،آماده بكاري،تعميرپذيري و ايمني است.
- بعنوان مثال راه آهن ايتاليا در ۱۹۹۵ حد ۲,۵ خرابي در سير يک ميليون كيلومتر را براي ترنست ۱۰ واگنه الكتريكي تعيين كرده بود كه با تدابير،تلاش و اصلاحات انجام شده نتايج بهتري حاصل شد.
- نمونه ديگر براي خريد لكوموتيو برقي در نمودار روبرو مشاهده ميگردد كه تحقق ۳۸۰,۰۰۰ كيلومتر فاصله بين دو خرابي (MDBF) بعنوان تكليف سازنده بوده و طي ۴ سال با سير ۵۴ ميليون لكوموتيو كيلومتر به عدد ۱,۶ ميليون كيلومتر دست يافتند.
- براي آماده بكاري نيز به متوسط ۹۷% در طي در همين مدت دست يافتند.
- بسياري از راه آهنها شاخصهايي چون قابليت اعتماد،آماده بكاري و... را در مشخصات فني قرارداد لكوموتيوها حتي از نوع ديزلي درج مينمايند.

RAMS=RELIABILITY,AVAILABILITY,MAINTAINABILITY,SAFETY



Target: 380.000 km Actual MDBF: 1.620.745km

- The measured average reliability is very much better than the contractual value of 380’000 km **(total fleet operation is 54 Mio**

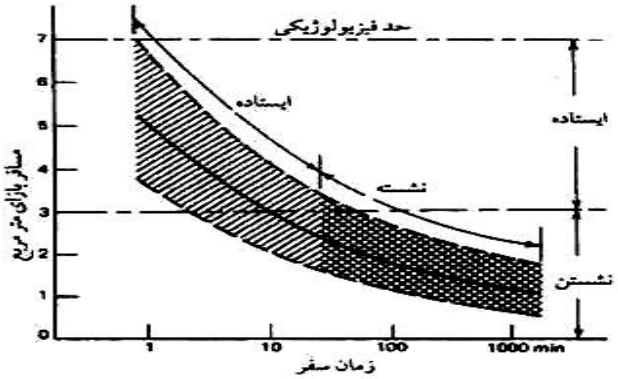


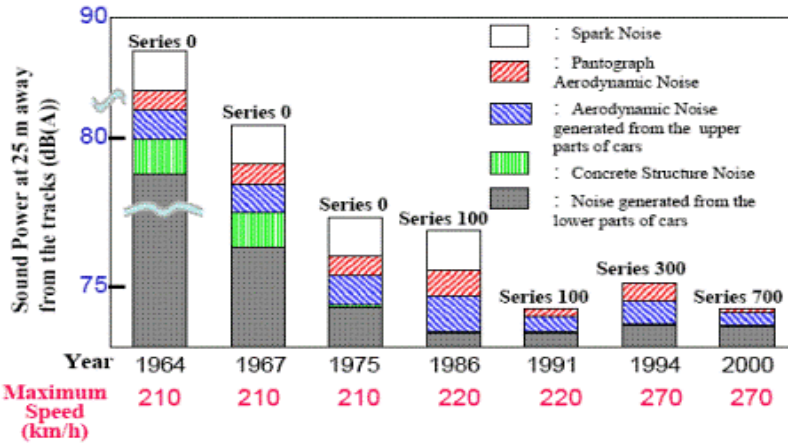
Source: DB Cargo

Confidential

مهندسي فاكتورهاي انساني

- اهميت مهندسي فاكتورهاي انساني در مقايسه راحتي اتوبوسهاي جديد و قديم بين شهري آشكار ميگردد.
- حدود راحتي انسان متناسب با زمان تحمل ،متفاوت است بعنوان مثال فضاي نسبي مفروض هر مسافر در يك واگن مترو با واگن قطار حومه و سراسري تا چند برابر كمتر است و بايد با مطالعه و آزمايش قطعي گردد.
- استراتژي راه آهنها براي اولويت بندي فاكتورها بانظر سنجي از مسافرين و ملاكهايي چون آناليز فايده هزينه اتخاذ ميگردد.
  (delivering a sustainable railway, DFT)
- سطح صداي ۲۵متري ۸۴
- دماي مطلوب ۲۴
- هواي تازه ۲۰%
- گام صندلي (متر) ۰,۸
- شتاب منفي m/ss ۰,۸
- شتاب مثبت m/ss ۱
- شتاب جانبي m/ss ۱
- شتاب قائم m/ss ۰,۶





تغييرات صدا در فاصله ۲۵ متري

هزينه و زمان اجراي برقي كردن راه آهن

- بانک جهاني در دهه ۸۰متوسط هزينه برقي كردن را ۱۵۰۰۰۰دلار براي راه آهن يكخطه برآورد كرده است.
- با توجه به توان ساخت داخل برقي كردن هر ۱۰۰۰ كيلومتردو خطه حدود ۲۵۰ ميليون يورو برآورد ميگردد.
- زمان اجراي پروژه با اين مشخصات حدود ۳ سال و حتي كمترميتواند باشد.
- ساخت لكوموتيو برقي در همين مدت امكانپذير است.
- تاثير سرعت و توان لكوموتيو در قيمت آن در جدول بالا آورده شده است.
- اثر سرعت و ظرفيت در قيمت خط برقي مشابه جدول پايين است.
- هزينه احداث خطوط سريع السير اروپا بطور متوسط ۱۳ ميليون يورو بركيلومتر است.
- هزينه تعميرات هر كيلومتر خط سريع السير ۷۰هزاريورو در سال است.
- يكي از روشهاي تامين هزينه كه بويژه در ژاپن و فرانسه بكار گرفته شده استفاده از فرصتهاي تجاري جانبي همچون هتل،خدمات ،مراكز فروش و مستغلات ميباشد.
- قيمت يكدستگاه ترنست سريع السير با ۳۵۰ نفر ظرفيت ۲۰ ميليون يورو و هزينه تعميرات سالانه ۱ ميليون يورو با سير ۵۰۰هزار كيلومتر در سال.
- قيمت يكدستگاه ترنست ۷ واگنه و سرعت ۲۳۰ با ظرفيت ۵۰۰ نفر حدود ۲۰ ميليون دلار است.

لكوموتيو	۱۶۰	۲۰۰	۲۳۰
4MW	۲۳۰۰	۲۵۰۰	۲۶۰۰
5MW	۲۵۰۰	۲۷۰۰	۲۸۰۰
6MW	۲۷۰۰	۲۹۰۰	۳۰۰۰

خط برقي	۱۶۰	۲۰۰	۲۵۰
20min	۲۰۰	۲۲۵	۲۶۵
10min	۲۲۰	۲۵۰	۳۰۰
5min	۲۴۰	۲۷۰	۳۳۰

گزينه هاي مختلف سرعت (براي مسافت ۱۰۰۰ km)

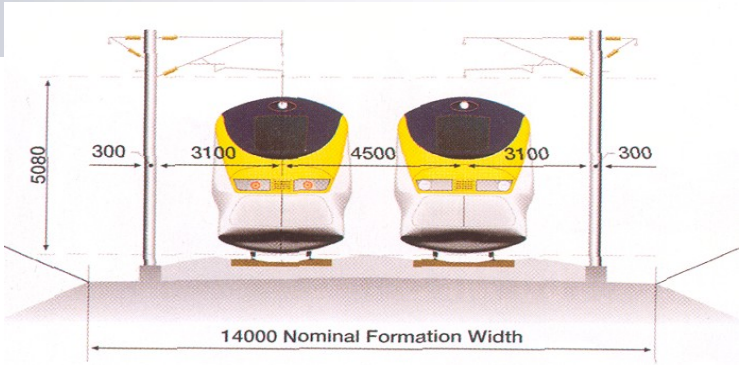
- بمنظور تصور يک نمونه قابل مقايسه جدول روبرو با داشتن گزينه هاي مختلف سرعت از ۱۶۰ تا۳۵۰ کيلومتر در ساعت با فرض کشش ديزلي ،برقي و خط سزيع السير براي حمل ۱۰ ميليون نفر در سال با سير ۱۰۰۰ کيلومتر تدوين شده است .
- اعداد ذکر شده تقريبي و نسبي بوده و با تجزيه وتحليل بايد براي هر مسير خاص محاسبه گردند.
- يکي از مزاياي مهم افزايش سرعت ،سير بيشتر سالانه ناوگان و افزايش ظرفيت مسافر واگنها ميباشد .

سرعت		۱۶۰	۲۵۰	۳۵۰
شرايط خط		موجود	موجود	جديد
سيستم کشش		Diesel	Electric	High speed
انرژي سرانه	ليتر يا کيلووات	۱۶	۳۰	40
زمان سير	ساعت	۹	5	۳
ظرفيت نسبي	صندلي بر متر	۲	۳	۴
سير سالانه	هزار کيلومتر	۲۵۰	۵۰۰	۷۵۰
ظرفيت نهايي	ميليون نفر	۲۰	۶۰	۱۵۰
زير ساخت	ميليارد تومان	۱۰۰	۶۰۰	۳۰۰۰
ناوگان ۱۰ ميليون	ميليارد تومان	1200	800	600
کل هزينه	ميليارد تومان	1300	1400	3600
نگهداري	ميليارد تومان	۱۰۰	۱۲۰	۲۰۰
بليط بدون يارانه	هزار تومان	۴۰	30	60
زمان ساخت	سال	۲	3	8

خلاصه استراتژي برقي كردن راه آهن

داخلي / بيروني	قوتها:	ضعفها:
	• خودكفايي بالاتر لكوموتيو برقي • افزايش ظرفيت شبكه • افزايش سرعت متوسط • كاهش مصرف سوخت و هزينه تعميرات	• هزينه و زمان احداث شبكه • محدوديت لكوموتيو به مسير • ضعف كارشناسي وپيمانكاري • كشش كمتر در حالت باري
فرصتها: • محدوديت تامين لكوموتيو ديزلي • تحريم صنعت هواپيمايي • افزايش قيمت سوخت • ايمني نسبي ۶۰ برابر	۱. پيش بيني اتصال به سريع السير ۲. زمينه سازي سرمايه گذاري خصوصي با تامين لكوموتيو ۳. رفع گلوگاههاي شبكه براي جهش سهم با رشد ۵۰% ۴. الزام سياست محاسبه هزينه اجتماعي	۱. برقي كردن خطوط پرترافيك ۲. تامين مرحله اي لكوموتيو ۳. افزايش سرعت يا بار محوري خطوط برقي و تقدم دوخطه ۴. پرورش پيمانكاران با پايلوت
تهديدها: • تامين لكوموتيو برقي • تامين تجهيزات پست ها • تامين انرژي برق • آماده نشدن مقدمات	۱. ساخت پايلوت خط برقي و پست ۲. ساخت پروتوتايپ لكوموتيو ۳. پيش بيني گزينه هاي متعدد ۴. قرارداد تهاتري با انرژي	۱. پلاتفرم مشترك برقي و ديزلي ۲. مشاركت پيمانكاران بزرگ برقي ۳. طبقه بندي شبكه برقي ۴. استفاده موقت از شبكه شهري

راه آهنهاي سريع دنيا



	Shinkansen	KTX	THSRC	TRE	TALGO	ICE	TGV
کشور	ژاپن	کره	تایوان	ایتالیا	اسپانیا	آلمان	فرانسه
عرض خط	۱۴۳۵	۱۴۳۵	۱۴۳۵	۱۴۳۵	۱۴۳۵	۱۴۳۵	۱۴۳۵
بار محوري	۱۷	۲۰		۱۹	۱۷	۲۰	۱۷
سرعت حداكثر	۳۰۰	۳۰۰		۳۰۰	۳۵۰	۳۲۰	۳۲۰
ظرفيت قطار	۱۳۲۴	۹۳۵	۹۸۹	۵۹۴	۳۱۸	۴۰۴	۵۴۵
وزن قطار	۷۹۴			۴۶۵	۳۶۰	۴۶۹	۴۲۴
طول قطار	۴۰۴	۳۸۸	۳۰۴	۳۱۷	۲۰۰	2*۲۰۰	2*۲۰۰
قطار در روز	۴۰۰	۱۲۲					۳۰۰
فراز حداكثر	۳۵	30		۱۸	۱۲	40	۳۵
حداقل شعاع	۲۵۰۰	۷۰۰۰		۵۱۰۰	۲۳۰۰	۵۱۰۰	۳۲۰۰
مقطع تونل	۶۱	۱۰۰		۷۶	۷۵	۸۲	۷۱
فاصله دو خط	۴۲۰۰	۵۰۰۰		۵۰۰۰	۴۳۰۰	۴۷۰۰	۴۲۰۰
عرض واگن	۳۳۸۰	۲۹۰۴		۲۸۴۵	۲۹۰۴	۳۰۲۰	۲۹۰۴
تعداد ترنست	۳۳۰	۵۰	۳۰	۶۰	۴۶	۱۶۷	۵۰۰
خطوط سريع	۲۳۰۰	۴۰۰	۳۵۴				۱۵۰۰

- از سال ۱۹۶۴ كه ژاپن اولين قطار سريع را افتتاح نمود كشورهاي متعددي به اين حركت پيوستند.
- اقدام ژاپن بيشتر براي پاسخگويي به تقاضاي روز افزون سفرهاي كاري روزمره بود ولي در اروپا بيشتر هدف سفرهاي تجاري و تبيين توانايي پس از عقب افتادگي ۲۰ ساله بود.
- اضافه عرض واگنهاي ژاپن به ميزان ۵۰ سانتيمتر، تقدم در ساخت قطارهاي سريع السير دو طبقه و اهميت بيشتر به ظرفيت ،از عوامل بهره وري بيشتر در قطار سريع اين كشور است.

مشخصات خطوط سريع براي استفاده متقابل

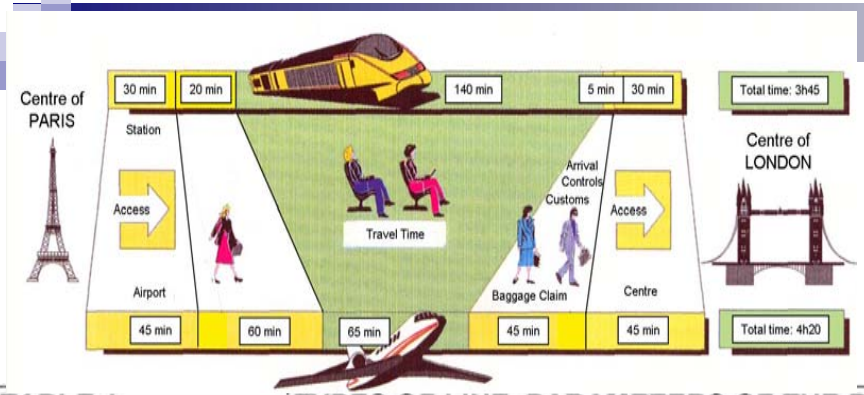


TABLE 1 — **TYPES OF LINE, PARAMETERS OF THE ROUTE AND THE GEOMETRY OF THE TRACK**

PARAMETER	COUNTRY (km/h)										STI (Draft)
	France		Germany			Italy		Spain		Belgium	
	300	350	300 (1)	300 (2)	350 (3)	300	350 (3)	300	350	300	350
Type of traffic	PASSENGER	PASSENGER	PASSENGER /FREIGHT	PASSENGER	PASSENGER	PASSENGER /FREIGHT	PASSENGER /FREIGHT	PASSENGER	PASSENGER	PASSENGER	PASSENGER
Maximum axle load for the maximum line speed, high speed trainsets (t)	17	17	17	17	≤ 16	17	17	17	18	17	17
Maximum axle load for locomotives (t)	None	None	20	None	None	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	None
Maximum axle load for freight wagons (7) (t)	None	None	22.5	None	None	22.5	22.5	None	None	22.5	None
Maximum design speed of the lines (km/h)	300	350	300 (tunnels 330)	300 (tunnels 330)	350	250 - 300	350	270	350	320	> 300
Maximum operating speed of the lines (km/h)	300	320	300	300	330	300	350	270 (300)	> 300	300	None
Minimum radius of curvature for the maximum speed (m)	4 000	6 250 exc. (5 556)	4 000	3 350 (4)	5 120	5 450	7 000	4 000	6 500	4 800	Defined by I
Maximum cant of the rack (mm)	180	180	160	170	170	105	130	150	150	150	200
Maximum gradient (mm/m)	35	35	20	40	40	12 (6)	12 (6)	12.5	25	15 - 21 (6)	35 (for lengths < 6 km)

در سال ۲۰۰۱ سند استاندارد توسط اتحاديه راه آهن هاي دنيا تنظيم گرديد مبني بر اينكه :
خطوط جديد بايد با قابليت سرعت ۳۵۰ كيلومتر بر ساعت براي امكان استفاده متقابل براي قطارهاي سريع السير تمامي كشورها ي اروپا ساخته شود.
بر اين اساس امكان سير مستقيم قطارها از يك كشور به كشور ديگر بدون تعويض حتي لكوموتيوران فراهم ميگردد.