

حمل و نقل ریلی کانادا  
(نمای کلی از بخش باری)

مجید بابایی  
شهریور 1404

## در این گفتگو:

- تمرکز بر بخش ریلی باری است
- توجه به کانتکست متفاوت ایران و کانادا (هدف مقایسه نیست بلکه استفاده از تجربیات است)

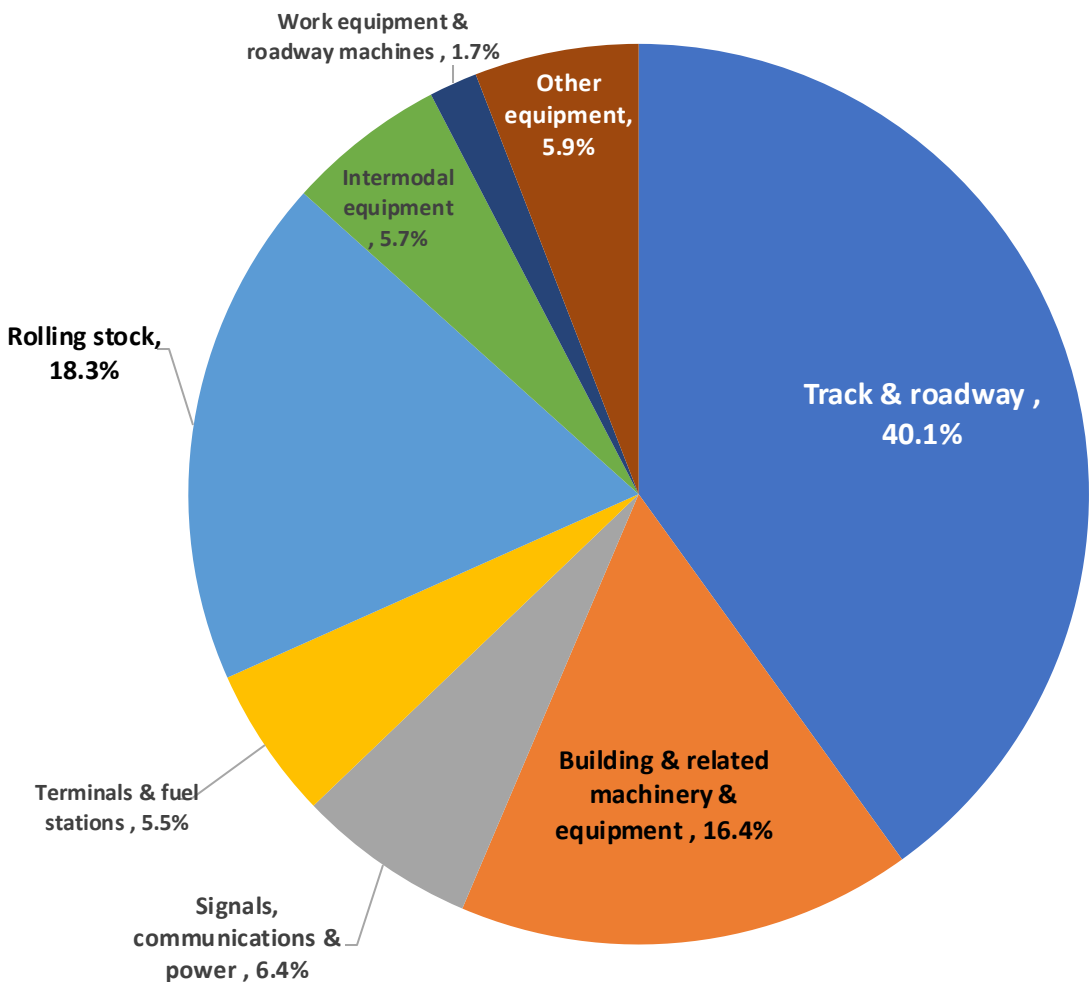
# روندها و شاخص های عملکردی

## نمای کلی صنعت ریلی

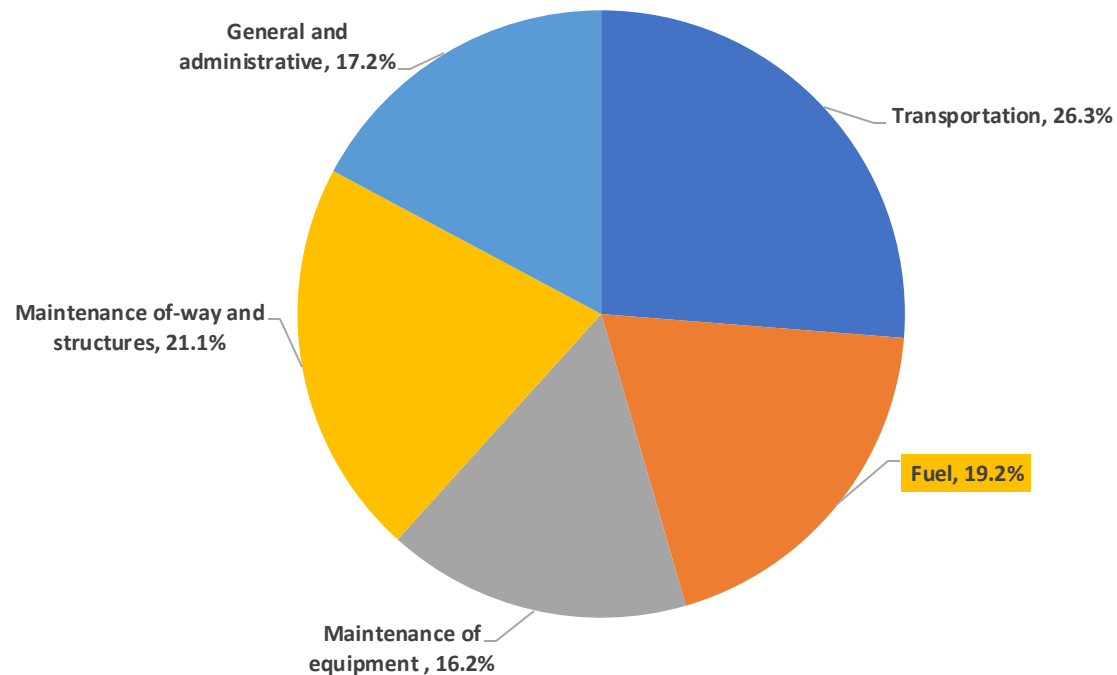
A 10-year Snapshot of Rail in Canada		2014	2023	%Δ
Tonnes originated	(thousands)	290,105	343,185	18.3%
Revenue tonne-kilometres	(billions)	423	445	5.2%
Carloads originated	(thousands)	4,332	5,592	29.1%
Intermodal carloads originated	(thousands)	1,072	1,912	78.4%
Freight revenue per tonne-km	(cents)	3.14	4.16	32.5%
RTK per litre of fuel consumed	-	201	228	13.4%
Total passengers carried	(thousands)	80,366	52,242	-35.0%
Operating revenues	(millions)	14,641	20,932	43.0%
Operating income	(millions)	3,070	6,988	127.6%
Total investments	(millions)	1,808	2,935	62.3%
Employees		33,323	37,401	12.2%
Women in rail:				
• In total	-		15%	
• Leadership Team			32%	
• Board of Directors			31%	
Freight track operated		43,942	42,597	-3.1%
Intercity passenger	(kilometres)	12,585	12,244	-2.7%
Commuter & tourist		4,990	3,940	-21%
Freight cars in service	(thousands)	58.6	52.9	-9.7%
Locomotives in service		2,700	4,252	57.5%

- سهم بازار: CN و CPKC بیش از 80% از حمل و نقل باری ریلی در کانادا را به خود اختصاص داده‌اند. مابقی در اختیار حدود 50 شرکت کلاس دو (شورت لاین ها)
- حمل و نقل کانتینری به سرعت در حال رشد است (۳۴ درصد کل بارگیری)
- قطارهای سنگین: در یک دهه گذشته گرایش شرکت های ریلی به سمت قطارهای طولی تر و سنگین تر بوده است
- متوسط سیر بار: 1300 کیلومتر
- بهبود ایمنی: بین سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۳، نرخ حوادث از ۱/۸۶ به ۱/۶۹ حادثه در هر میلیارد تن مایل ناخالص کاهش یافته است (۱۰٪ کاهش)
- بهره وری سوخت: بطور میانگین شرکت های ریلی باری قادرند یک تن کالا را به مسافت ۲۲۸ کیلومتر با تنها مصرف یک لیتر سوخت جابه‌جا کنند (ایران 103 تن-نفر در کیلومتر)
- معیشت کارکنان: با 37,400 کارمند، متوسط حقوق در صنعت ریلی تقریباً ۵۰٪ بیشتر از میانگین حقوق سطح کشوری است
- نقش زنان: زنان با حضور مجموع 15 درصدی بیش از 30 درصد از مناصب مدیریت ارشد و هیئت مدیره ها را بر عهده دارند
- بهره وری منابع: طی یک دهه، رشد درآمد خالص عملیاتی سه برابر رشد درآمد ناخالص بوده است (مدیریت بهینه تر هزینه ها - نقش تکنولوژی)
- نرخ سرمایه گذاری مجدد: سالانه بالغ بر 14% از درآمد عملیاتی (بالای 20% برای شرکت های کلاس یک)
- درآمد مالیاتی دولت: صنعت ریلی سالانه بیش از ۲/۵ میلیارد دلار مالیات به دولت پرداخت می کند

## Investment, 2023



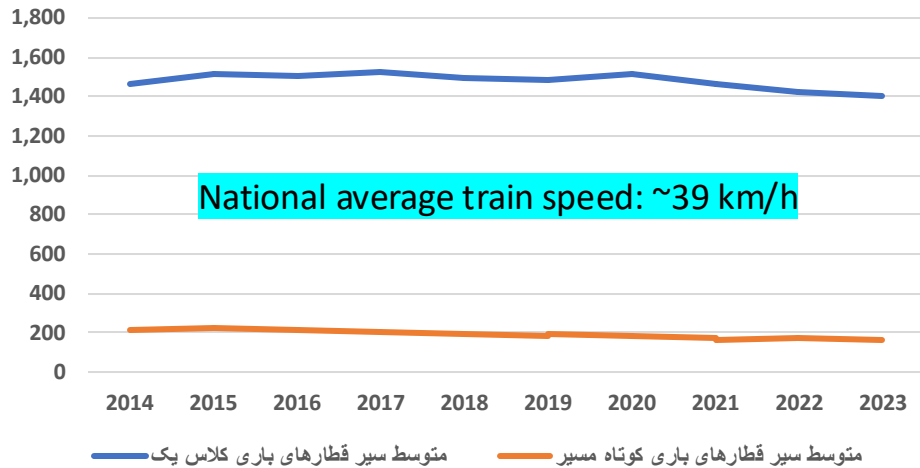
## Expenses (\$ millions)



با حدود 3 میلیارد دلار سرمایه گذاری سالانه، بالغ بر 15 درصد از درآمد کل و 40% از سود ناخالص عملیاتی مجددا وارد چرخه صنعت می شود

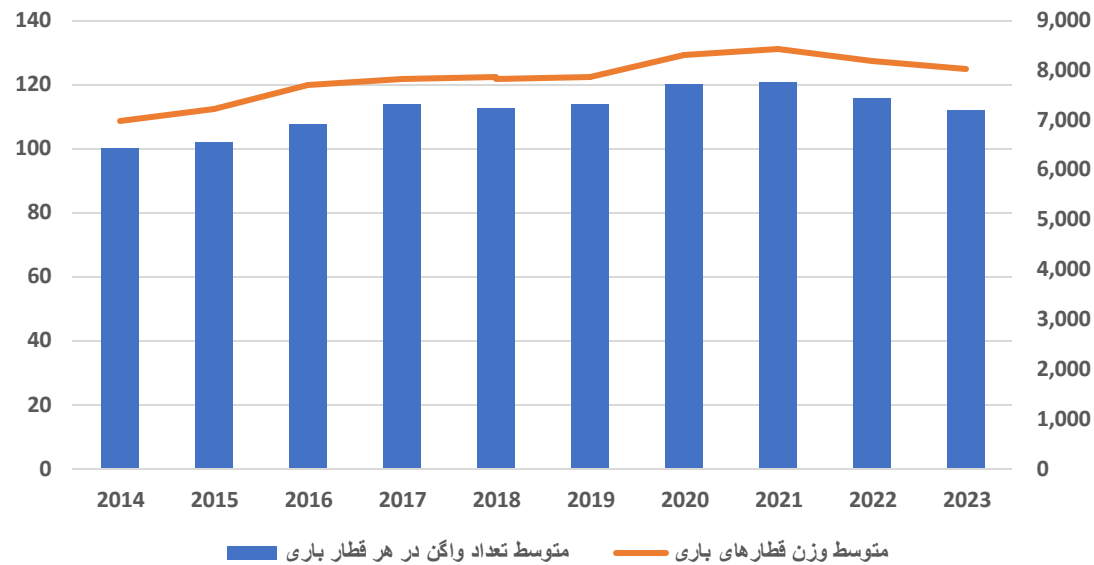
نرخ بازگشت سرمایه گذاری برای شرکت های کلاس یک بالای 15%

متوسط سیر قطارهای باری

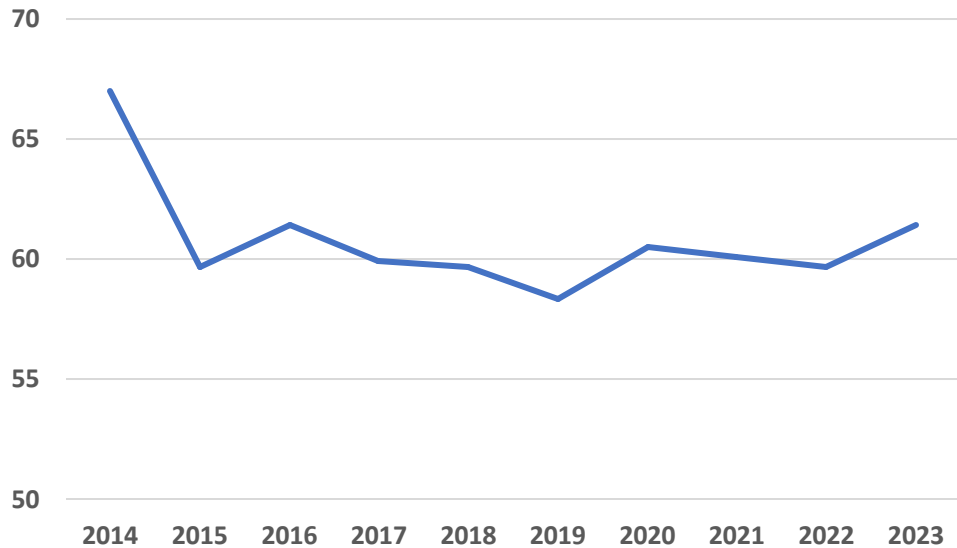


National average train speed: ~39 km/h

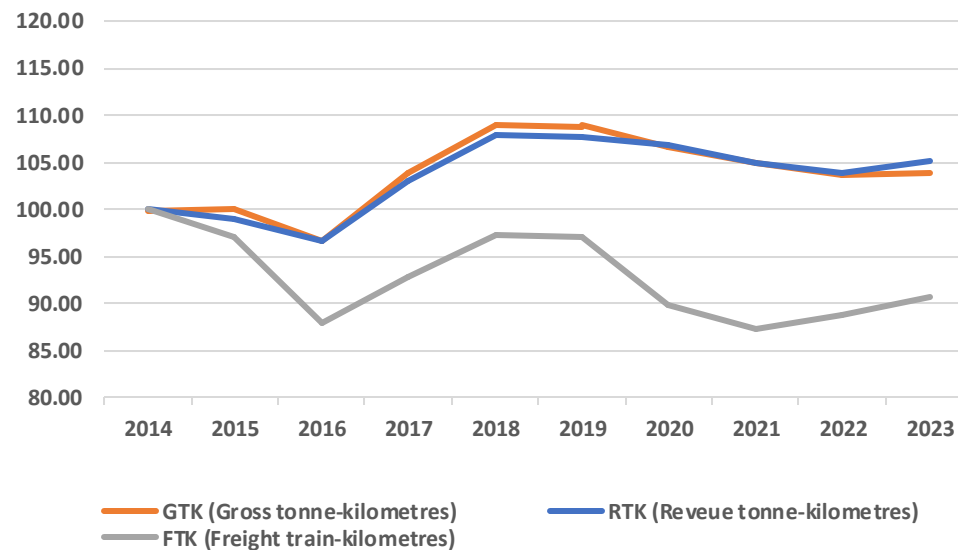
ساختار اعزام قطارهای باری



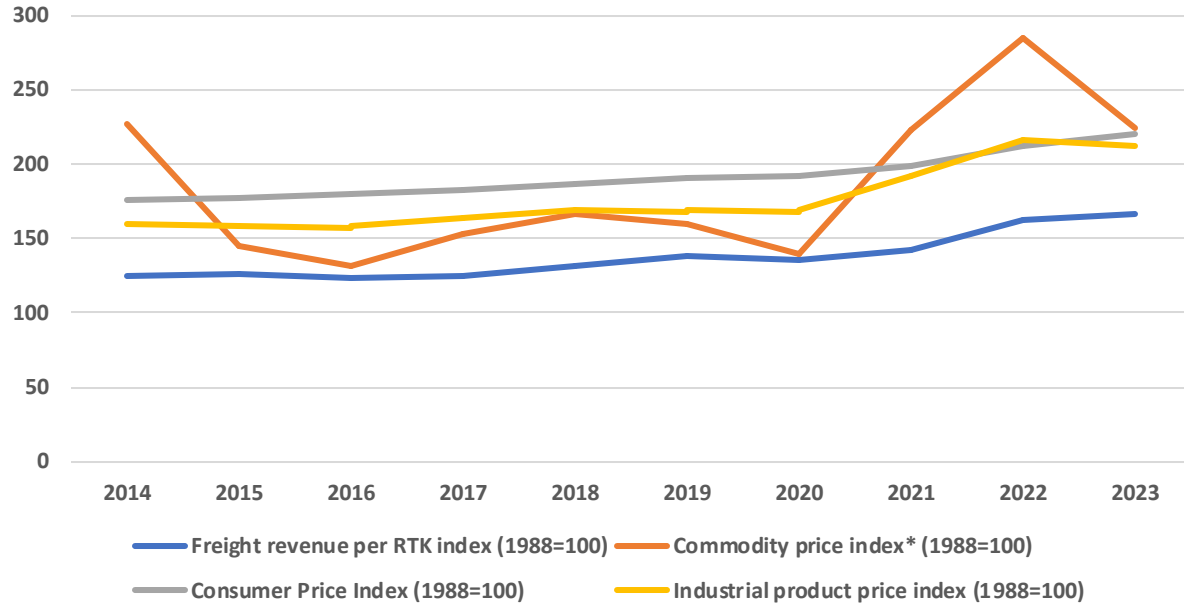
متوسط تناژ بارگیری واگن



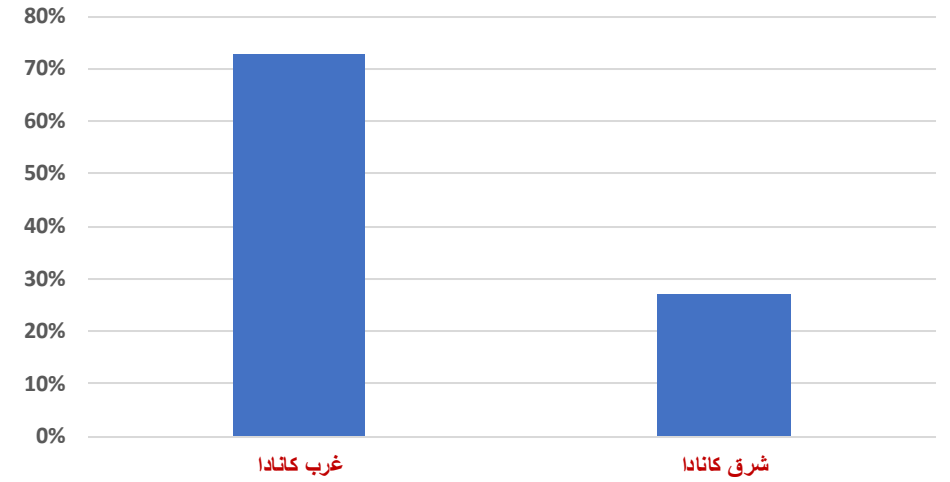
RTK, GTK, FTK



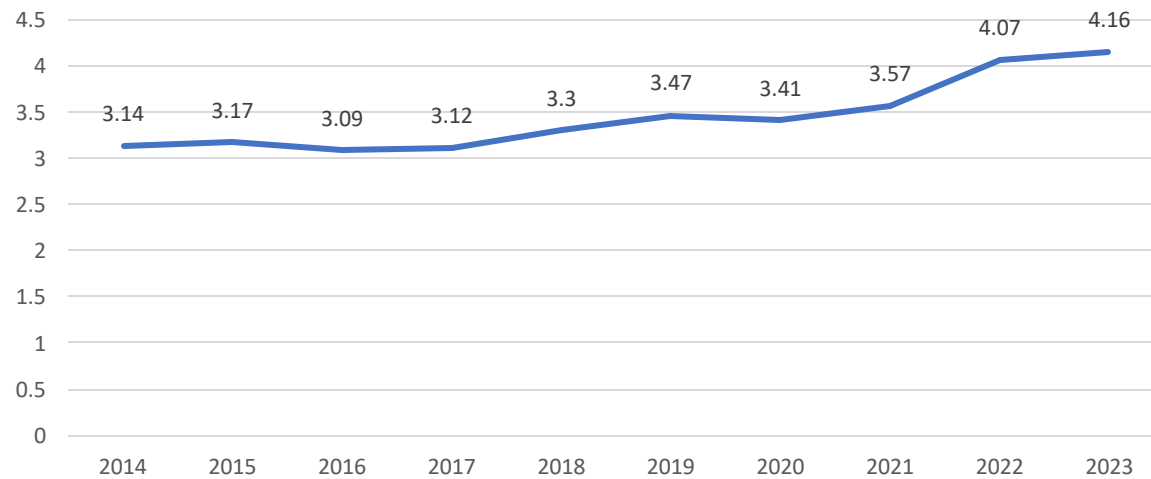
مقایسه روند تغییرات تعرفه ریلی



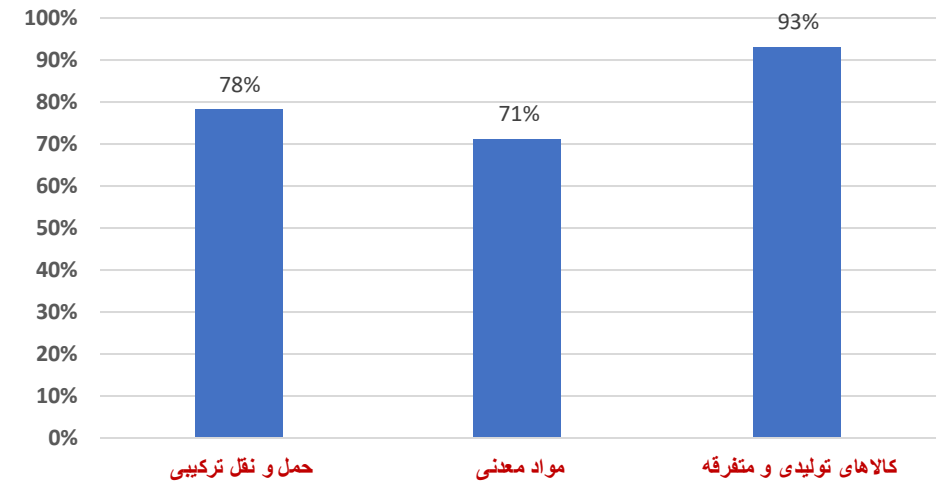
توزیع منطقه ای حمل ریلی



Freight Tariff Price

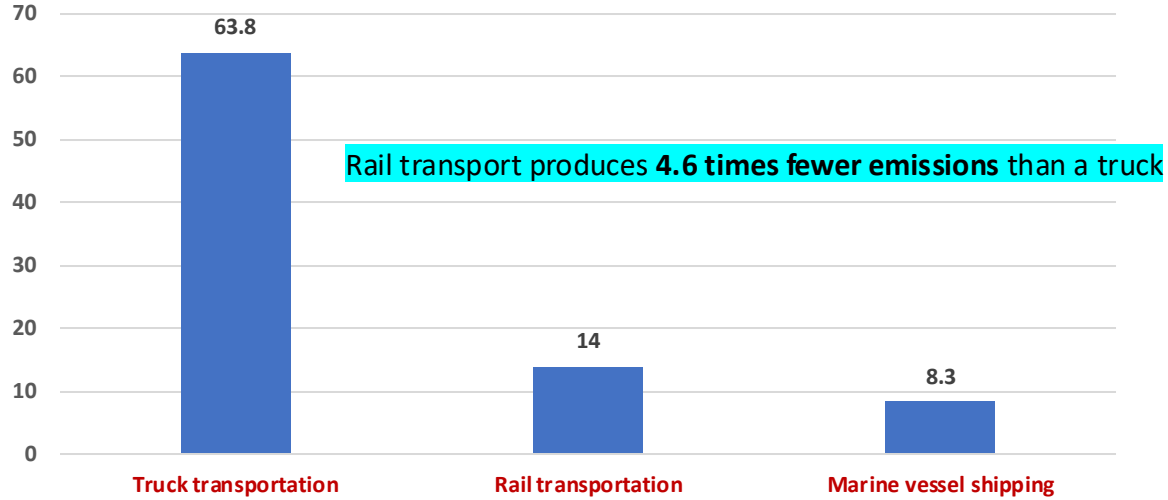


پیشترین رشد در گروه های کالای یک دهه اخیر

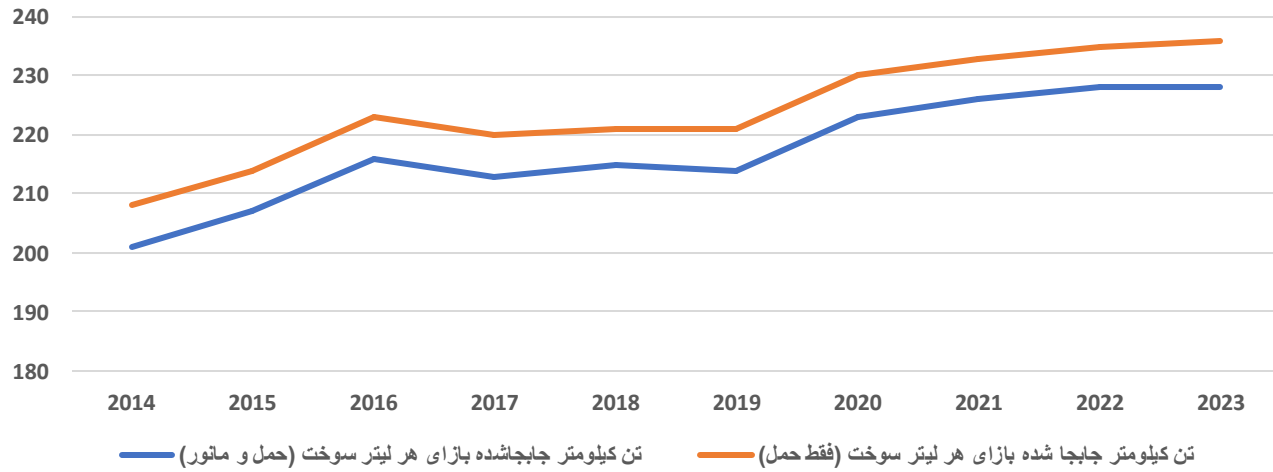


# Canada's rail-related energy and environmental metrics

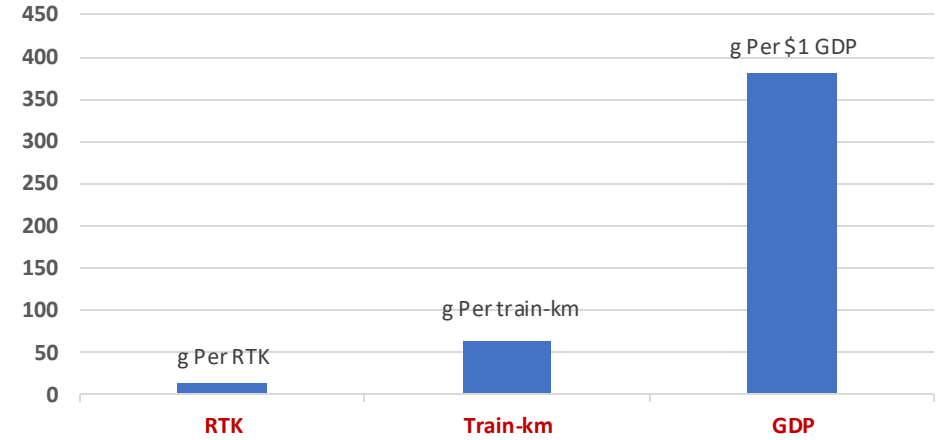
Modes' Emission Factors  
(g CO2e/tonne-km)



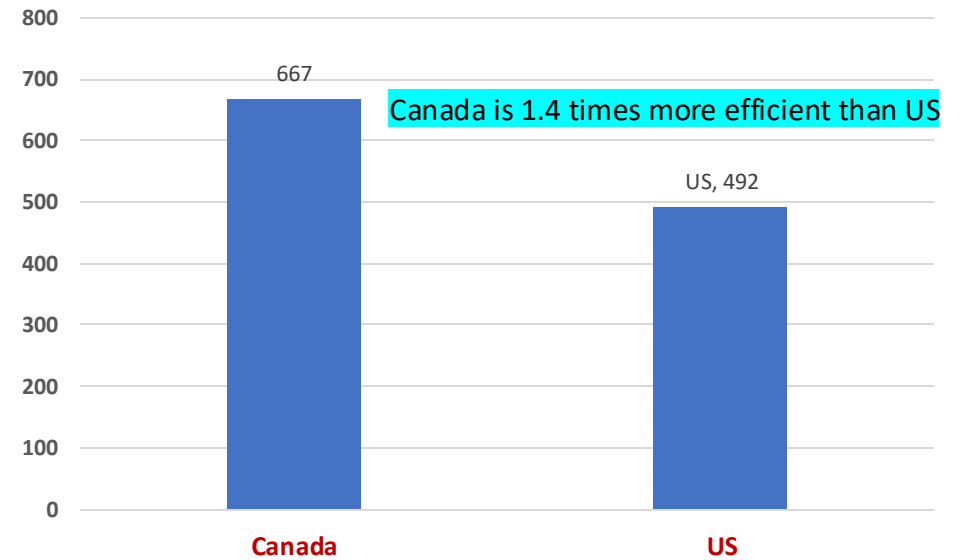
بهره وری سوخت



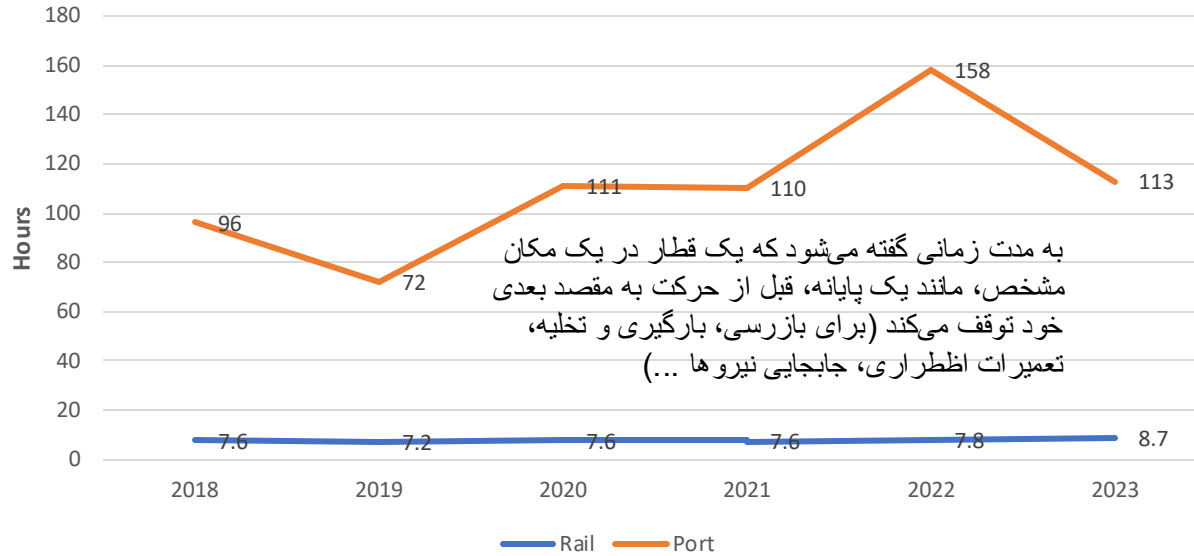
Rail-related GHG Emissions Intensity



System-wide train efficiency metric  
(Tonne-mile/gallon)



## Average network Dwell Time for a railcar



به مدت زمانی گفته می‌شود که یک قطار در یک مکان مشخص، مانند یک پایانه، قبل از حرکت به مقصد بعدی خود توقف می‌کند (برای بازرسی، بارگیری و تخلیه، تعمیرات اضطراری، جابجایی نیروها ...)

### سرعت بازرگانی:

### شرکت CN:

- متوسط عملکرد هر واگن باری در شرکت CN حدود 7 میلیون تن کیلومتر در سال است.
- سرعت بازرگانی حدود 14 کیلومتر در ساعت است در حالی که متوسط سرعت در شبکه 39 کیلومتر است.
- متوسط سیر روزانه واگن‌ها بالای 330 کیلومتر
- نسبت سرعت بازرگانی به میانگین سرعت شبکه: 34%

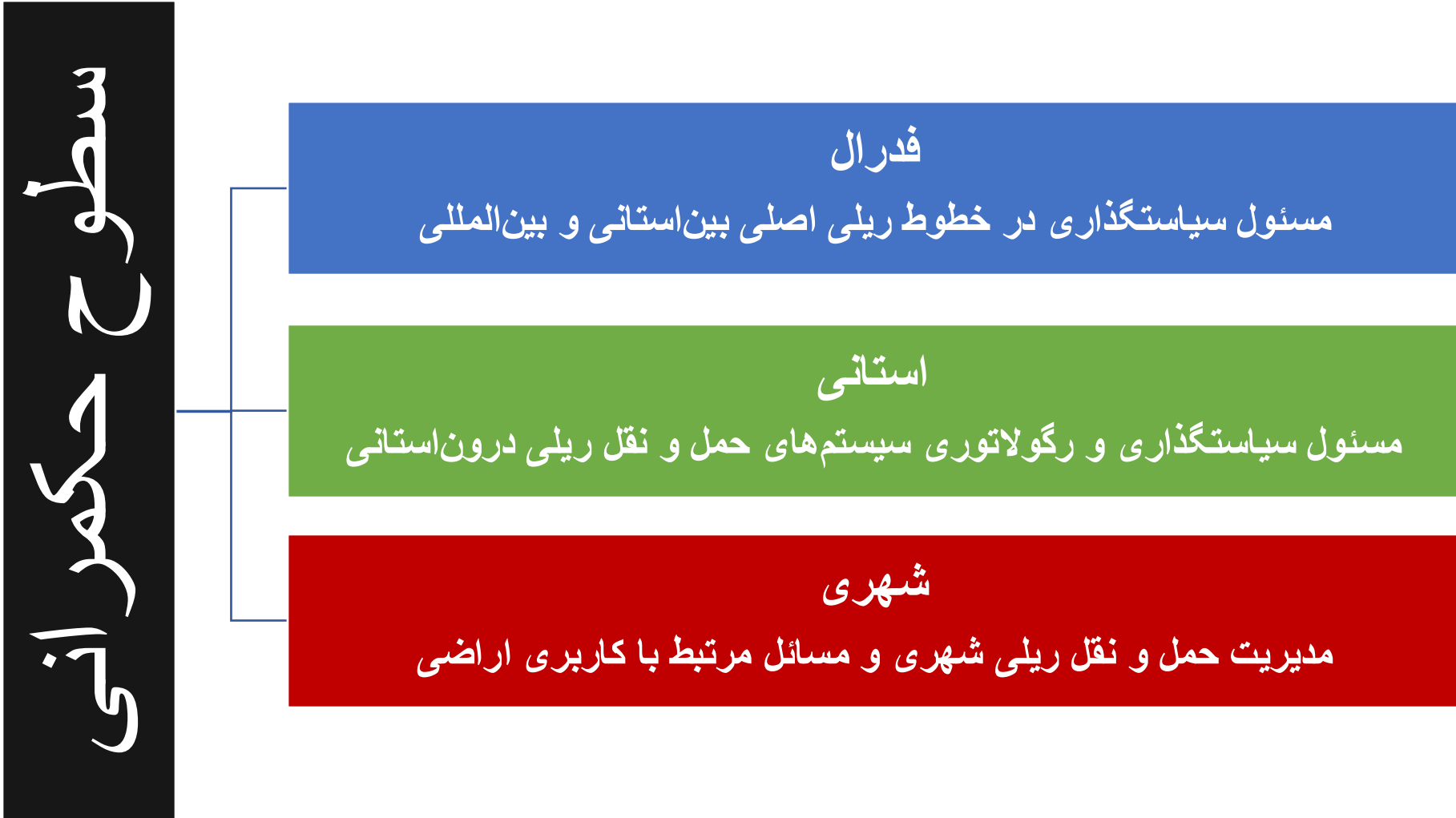
### ایران:

- متوسط عملکرد واگن‌ها حدود 1 تا 1.2 میلیون تن کیلومتر در سال (یک هفتم کانادا)
- سرعت بازرگانی در شبکه ریلی ایران حدود 3-4 کیلومتر در ساعت
- سیر روزانه حدود 50 کیلومتر (در قانون دسترسی پیش بینی 300 کیلومتر سیر روزانه شده بود)

## عوامل کلیدی در افزایش کارایی عملیاتی

- **مدرن‌سازی زیرساخت‌ها:** برخورداری از یک شبکه ریلی که به شکلی بهینه گسترده شده و پشتیبانی توسط سیستم‌های پیشرفته سیگنالینگ
- **کارایی پایانه‌ها:** عملیات بهینه پایانه‌ها، شامل فرآیندهای سریع مانور، بارگیری و تخلیه، برای کاهش زمان توقف قطار
- **پیشرفت‌های تکنولوژیک و دیجیتالی‌سازی:** استفاده از ابزارهای دیجیتال، شبیه‌سازی‌ها، هوش مصنوعی و فناوری‌های پیشرفته مرتبط با بهینه‌سازی زمان بندی قطارها، شناسایی گلوگاه‌های احتمالی، ساده‌سازی عملیات، بهره‌گیری از تحلیل برخط داده‌ها و مدیریت تأخیرهای پیش‌بینی نشده
- **تنظیمات جدول زمانی:** استفاده از نرم افزارهای مدرن برای تنظیم بهینه زمانبندی حرکت و توقف قطارها به منظور کاهش توقف‌های غیرضروری و بهبود جریان کلی ترافیک i.e., Wabtec's Precision Dispatch System, Application Programming Interfaces (API)

# ساختار صنعت



# طرح ها و ابتکارات ریلی در راستای استراتژی ملی زنجیره تأمین ترسیم می شود

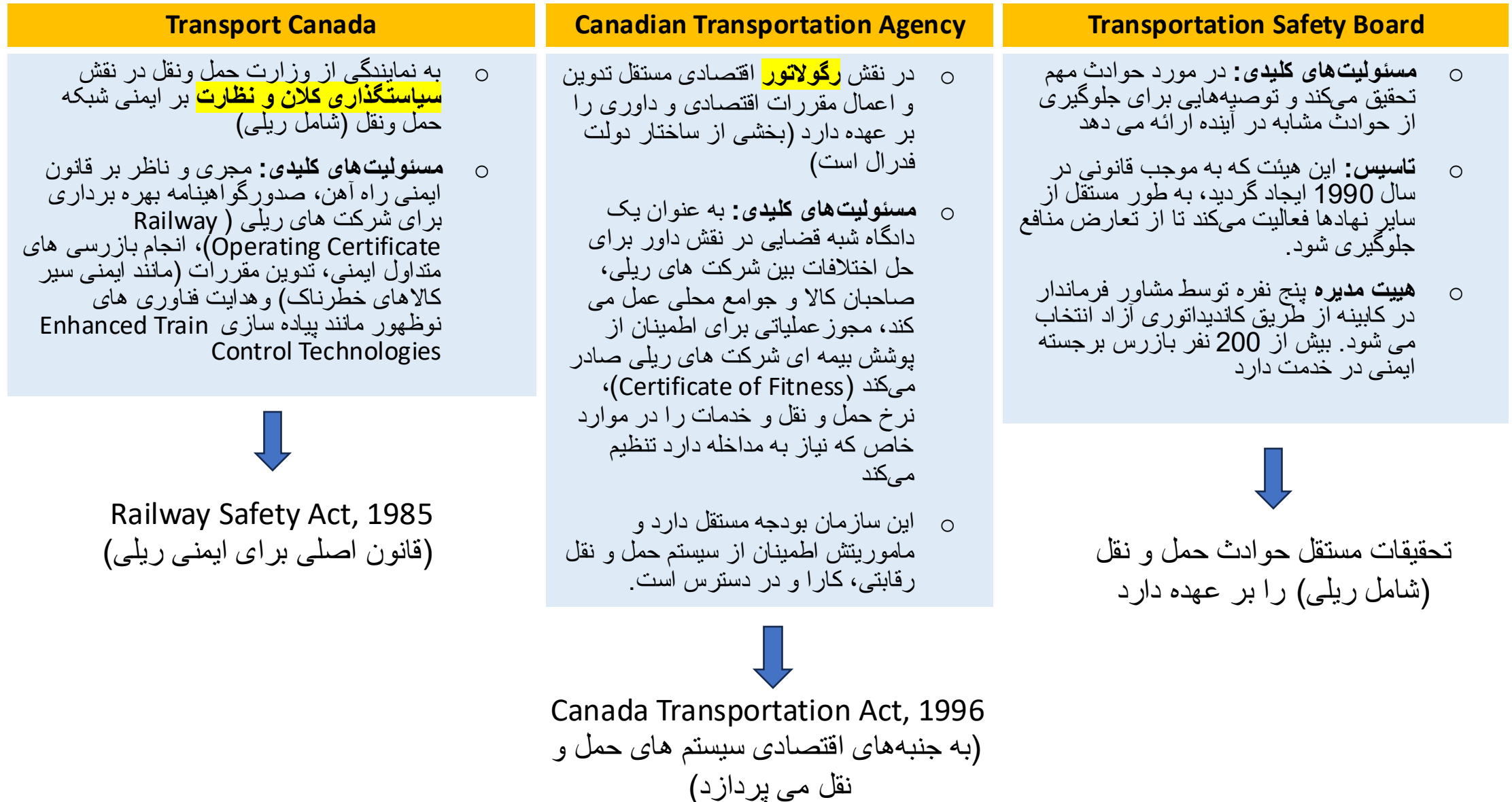
## Linear Supply Chain Infographics Template



- اکثر ابتکارات ریلی از استراتژی های فرادستی زنجیره تامین نشات می گیرند، نه فقط از اهداف خاص بخش ریلی
- برای مقابله با چالش های ظرفیت، قابلیت اطمینان و تاب آوری، ریل بایستی با استراتژی ملی زنجیره تامین همسو باشد.
- گزارش نهایی گروه کاری ملی زنجیره تامین در سال 2022 منتشر گردید. تاکید بر رویکرد ملی از جمله یکپارچگی داده ها، همکاری بین بخشی، و تنظیم مقررات بروز شده در تمام شیوه های حمل و نقل.
- ایجاد مراکز داده های دیجیتال برای کنترل بر خط و برنامه ریزی یکپارچه برای همه مدهای حمل و نقل.
- تاسیس دفتر زنجیره تامین در وزارت حمل و نقل برای هماهنگی حکمرانی و همسویی پروژه های زیربنایی با اولویت های ملی.

# نهادهای اصلی: سیاستگذاری - رگولاتوری - ایمنی

نقش دولت فدرال برای اطمینان از وجود یک سیستم قدرتمند سیاستگذاری، رگولاتوری و نظارتی بین سه سازمان تخصصی تقسیم شده است:



## نمونه ای از نقش رگولاتور: تبادل بین شبکه ای (Interswitching)

اینترسوییچینگ به فرآیند انتقال محموله‌های بار بین دو شرکت راه‌آهن در یک نقطه تبادل مشترک گفته می‌شود و این امکان را به صاحبان کالا می‌دهد تا برای حمل یک محموله از بیش از یک شرکت ریلی استفاده کنند. (افزایش قدرت چانه زنی صاحبان کالا)

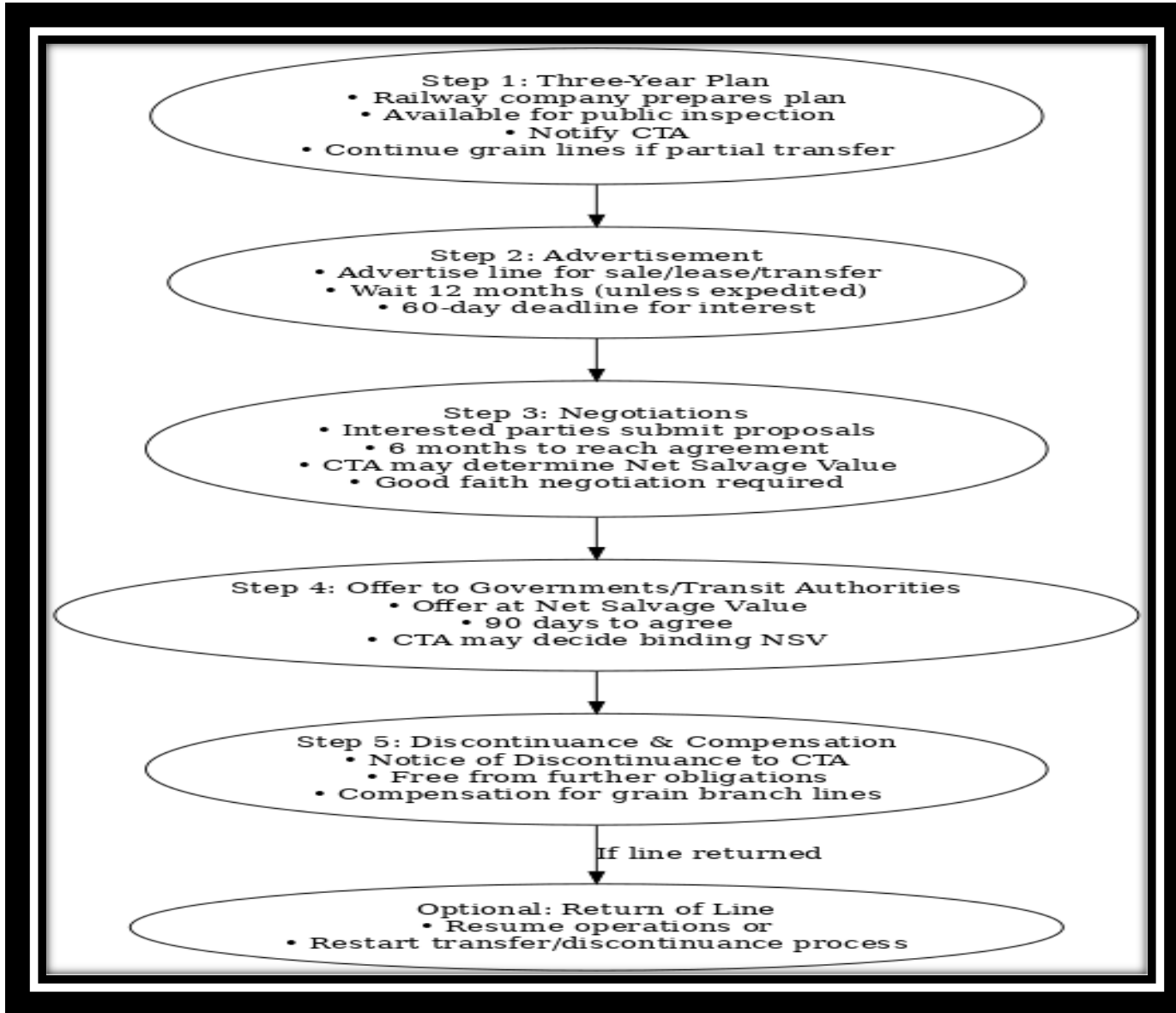
### چارچوب نظارتی:

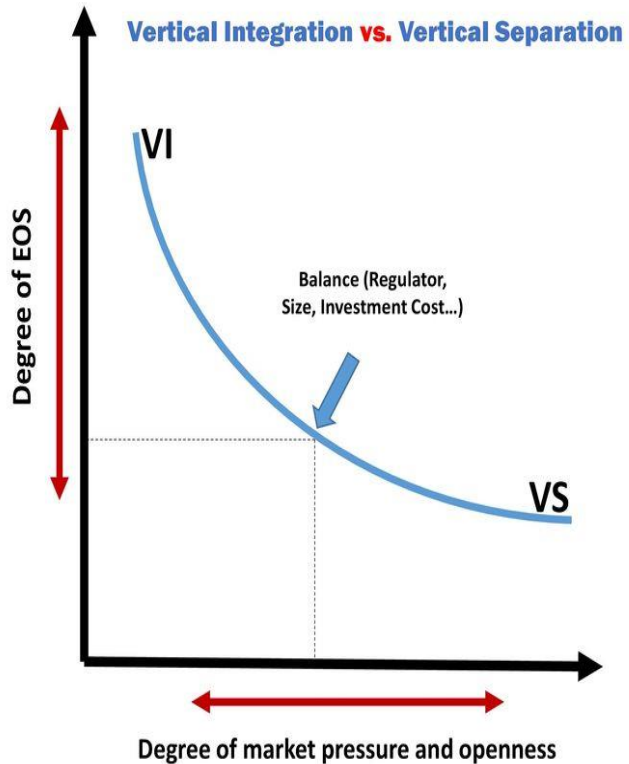
- آژانس حمل‌ونقل کانادا (Canadian Transportation Agency - CTA) بر این فرآیند نظارت دارد تا دسترسی عادلانه به شبکه‌های ریلی را تضمین کرده و رقابت را برای صاحبان کالا افزایش دهد.
- تا شعاع ۳۰ کیلومتری: برای صاحبان کالایی اعمال می‌شود که محل بارگیری یا تخلیه آن‌ها در شعاع ۳۰ کیلومتری یک نقطه تبادل قرار دارد. اخیراً دولت فدرال طرحی آزمایشی را در سه استان آلبرتا، ساسکاچوان و مانیتوبا آغاز کرده که این شعاع را به 160 کیلومتر افزایش داده است.

### مرجع رسیدگی به اختلافات:

- صاحبان کالا در صورت داشتن اختلاف با شرکت راه‌آهن می‌توانند برای حل و فصل موضوع از CTA کمک بگیرند.

**توصیه سیاستی:** در ایران، در صورت واگذاری عملیات حمل و نقل محورهای ریلی به بخش غیر دولتی این می‌تواند مکانیزم مناسبی برای جلوگیری از انحصار و ایجاد تعادل در بازار بین صاحبان کالا و شرکت های ریلی باشد.





## National Transportation Policy

1. رقابت نیروهای بازار، هم در درون و هم میان شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل، عوامل اصلی در ارائه خدمات حمل‌ونقل کارآمد و مؤثر هستند؛

2. تنظیم‌گری و مداخله راهبردی دولت برای دستیابی به اهداف اقتصادی، ایمنی، امنیتی، زیست‌محیطی یا اجتماعی به کار گرفته می‌شود، صرفاً در مواردی که رقابت و نیروهای بازار به تنهایی نمی‌توانند به طور رضایت‌بخش این اهداف را محقق کنند. این مداخله نباید به گونه‌ای باشد که یک شیوه حمل‌ونقل خاص را به طور ناعادلانه ای برتر سازد یا مزایای ذاتی آن را کاهش دهد؛

3. نرخ‌ها و شرایط آن نباید مانعی برای جابه‌جایی بار در داخل کانادا یا برای صادرات کالا از کانادا ایجاد کنند؛

4. نظام حمل‌ونقل باید بدون ایجاد مانع برای جابه‌جایی تمامی افراد در دسترس باشد؛

5. نظام حمل‌ونقل باید بدون موانع برای افراد دارای معلولیت در دسترس باشد؛

6. دولت‌ها و بخش خصوصی باید برای ایجاد یک نظام حمل‌ونقل یکپارچه با یکدیگر همکاری کنند.

- از سال 1995 با انتقال مالکیت شرکت CN از دولت فدرال به سهامی عام همچون شرکت CPKC، عملاً دو شرکت کلاس یک ریلی کانادا از مداخلات مستقیم دولت خارج هستند.

- آنها مالک بالغ بر 50,000 کیلومتر از شبکه ریلی در کانادا و آمریکا هستند.

- با آغاز خصوصی سازی برخی از خطوط کم ترافیک و کم بازده خارج از شبکه اصلی به شرکت های کوتاه مسیر ( Shortline Railways ) واگذار گردیده است.

- هم اکنون حدود 20% از مجموع ترافیک ریلی کانادا روی شبکه شرکت های کوتاه مسیر است (First/Last miles). این ها وظیفه فیدری به شبکه اصلی و اتصال صنایع و مراکز تولیدی و کشاورزی به بازار مصرف از طریق شرکت های کلاس یک یا سایر مدها را بر عهده دارند.

- مسیرهایی که ترافیک مناسبی ندارند معمولاً به مسیرهای پیاده روی (Trail) تبدیل می شوند تا برای توسعه های آتی شبکه حفظ می شوند.

- راه آهن های مسافری تماماً در مالکیت دولت های فدرال، استانی و محلی هستند.

- حمل و نقل ریلی در کانادا از ساختار یکپارچه عمودی ( Vertical Integration ) بهره گرفته است.

# رویکرد فناوری محور

## بازرسی‌های مبتنی بر داده های برخط

- ماشین آلات مکانیزه ی تصویربرداری
- حسگرهای کنار خط
- بکارگیری هوش مصنوعی در تصویربرداری: تصاویر با وضوح بالا برای شناسایی عیوب در ناوگان ریلی در حال عبور

## نوسازی ناوگان

- در سال ۲۰۲۰، با اضافه کردن ۴۶ لوکوموتیو با استانداردهای آلاینده‌ی سخت گیرانه تر و خارج کردن ۱۴۹ لوکوموتیو قدیمی‌تر.
- فناوری های Anti-Idling: بیش از ۸۲٪ از کل ناوگان (بیش از 3000 لوکوموتیو) به این فناوری مجهز شده‌اند تا مصرف سوخت غیرضروری را کاهش دهند.
- شروع توسعه لوکوموتیوهای هیدروژنی (شرکت CP آزمایش نمونه های اولیه را پشت سر گذاشته است)
- آزمایش لوکوموتیوهای هایبرید توسط شرکت CN برای استفاده در عملیات مانور و خطوط فرعی

## کاهش آلاینده ها

- صنعت ریلی کانادا با بهبود کارایی لوکوموتیوها و افزایش بهره وری در شبکه ریلی به طور چشمگیری در کاهش آلاینده‌ها و افزایش کارایی زیست محیطی پیشرفت کرده است.
- از سال ۲۰۰۵، شدت انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۲۵/۱٪ بهبود یافته است
- به عنوان نمونه، مونوکسید کربن (-۵/۲٪)، اکسیدهای نیتروژن (-۴۴/۱٪)، هیدروکربن‌ها (-۵۱/۱٪)، ذرات معلق (-۵۸/۳٪) و دی‌اکسید گوگرد (-۹۹/۰٪)

# Enhanced Train Control

## 1. Core Components

- Onboard Systems: Installed in locomotives to monitor train speed, location, and operational status.
- Wayside Equipment: Sensors and signals along the track that communicate with trains.
- Centralized Control: A control center that receives real-time data and can intervene if necessary.

## 2. Key Functions

- Monitoring: Continuously tracks train position, speed, and route.
- Alerts: Warns operators of potential hazards (e.g., overspeed, misaligned switches).
- Automatic Enforcement: If the operator doesn't respond, the system can automatically apply brakes, stop the train and prevent unauthorized movements

## 3. Technology Layers (Based on CaRRL Framework)

Level	Functionality	Example
Level 1	Crew assist (alerts only)	Warns of overspeed or signal violations
Level 2	Assist + enforcement	Automatically brakes if limits exceeded
Level 3	Full enforcement + wayside integration	Prevents entry into occupied tracks
Level 4	Full automation (moving block)	Dynamic train spacing and routing

## 4. Communication Backbone

Uses GPS, radio, and wireless networks to share data between train, trackside, and control centers. Requires secure and reliable spectrum for uninterrupted communication.

## Enhanced Train Control

ETC systems are being developed to enhance the capabilities of the Train Operators to reduce human error and improve the safety of passenger and freight railway operations in Canada.

## Benefits:

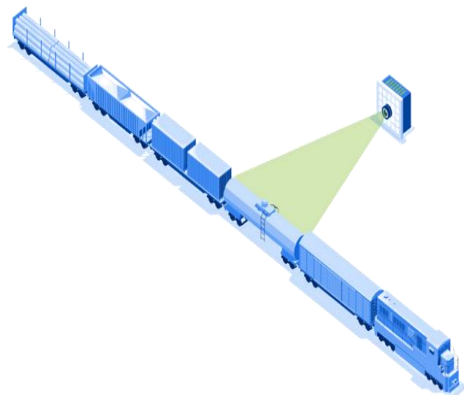
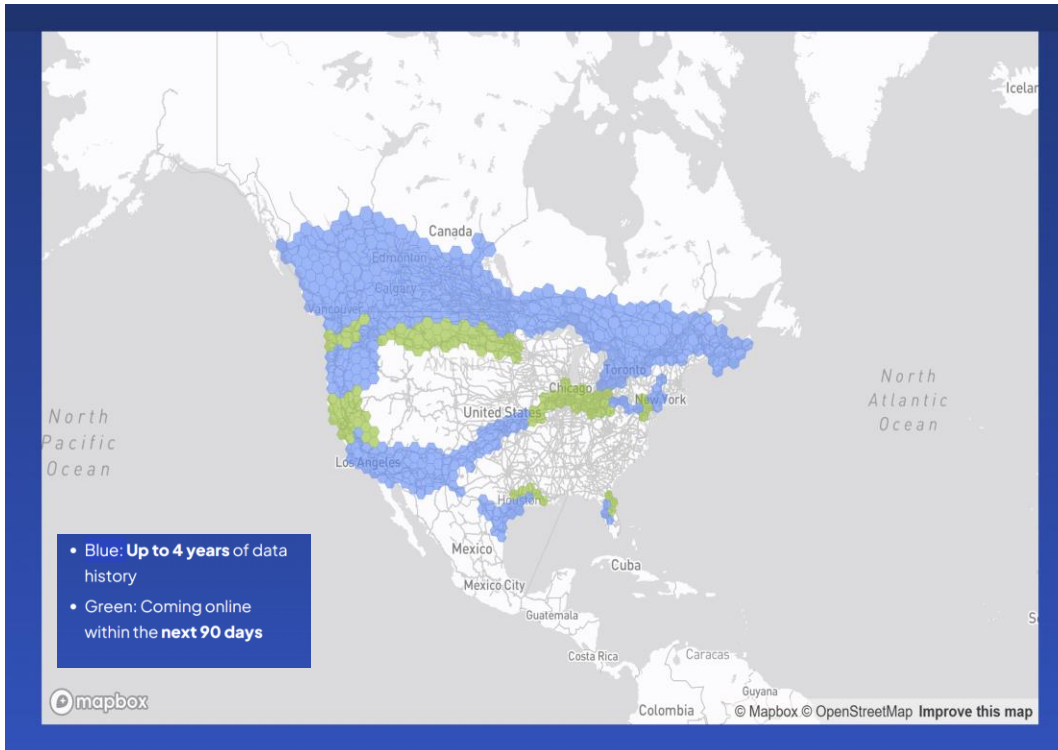
- Reduces risk of collisions and derailments.
- Enhances situational awareness for operators.
- Enables more efficient train scheduling and routing.
- Supports interoperability across different railway operators.

# RailState Visibility Platform - Real Time Data Generation

شرکت خصوصی RailState توسعه دهنده پلتفرم RailState Visibility Platform است. قراردادهای در حال اجرا با Transport Canada و شرکت های حمل و نقل ریلی و دولت های استانی دارد.

## معماری پلتفرم:

- استفاده از فناوری دوربین و حسگرهای خودکار: دوربینها در طول شبانه روز از تمامی قطارهای عبوری، واگن به واگن، عکس میگیرند و همزمان تصاویر پانورامایی از قطار تهیه می شود
- با کمک هوش مصنوعی نوع قطار و واگن ها و محمولات آنها تشخیص داده می شوند
- انتقال و پردازش دادهها به صورت برخط به Cloud مشتریان منتقل می شود
- حسگرها در بیش از 200 نقطه در شبکه ریلی کانادا نصب شده اند و همچنان در حال توسعه است
- تولید گزارشات مختلف



در پنج سال گذشته، بیش از ۴/۵ میلیارد تصویر از قطارها پردازش شده است تا الگوریتمهای یادگیری ماشین آموزش داده شده و بهبود یابد.



### Train Data

- Train type
- Train operator
- Count of cars and containers
- Composition (detailed list) of cars in order
- Estimated cubic capacity
- Estimated liquid capacity
- Estimated gross weight
- Estimated tare weight
- Estimated load limit
- Estimated length



### Railcar Data

- Railcar type
- Car ID number
- Car location in consist
- AAR car code
- Equipment owner
- Cubic capacity
- Liquid capacity
- Gross weight
- Tare weight
- Load Limit
- Length



### Movement Data

- Location of sighting
- Train direction
- Train speed
- Detection time
- Detection duration
- Travel time between locations
- Train trip history
- Car movement history
- Car cycle time



### Container Data

- Container count
- Container type (20ft, 40ft, 53ft)
- Container ID number
- Container position on car





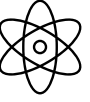






### HAZMAT Data

- HAZMAT UN placard number
- Hazard Class
- Empty placard holders



### Locomotive Data

- Locomotive number
- Locomotive EPA emissions tier
- Locomotive owner

1.  **تدوین یک چارچوب حکمرانی چندسطحی و شفاف:** سازمان حمل و نقل ریلی + مدیریت شبکه زیربنایی + ترابری ریلی + رگولاتور
2.  **کاهش تصدی گری دولت:** تقویت نقش بخش غیر دولتی در مدیریت عملیات
3.  **اهمیت اقتصاد مقیاس:** حرکت به سمت یکپارچگی بیشتر در عملیات حمل و نقل ریلی با تاکید بر حفظ رقابت در بازار
4.  **افزایش سرعت بازرگانی:** تمرکز بالا بر افزایش بهره وری از طریق بهبود فرایندها و فناوری های مرتبط
5.  **بهینه سازی شبکه:** سرمایه گذاری مستمر در زیرساخت های اولویت دار و حذف گلوگاه ها (بازنگری در نسبت 30-70)
6.  **بازمهندسی کسب و کارهای ریلی:** مدیریت یکپارچه و بهینه داده ها برای مدیریت هوشمند حمل و نقل کالا
7.  **اهمیت ورود ایده های نو:** توسعه سرمایه انسانی و آموزش نیروی کار متخصص و ماهر
8.  **اهمیت تکنولوژی:** ارتقای استانداردهای ایمنی برای تضمین حمل و نقل ایمن و قابل اعتماد
9.  **اهمیت آینده پژوهی:** آمادگی برای مواجهه و بهره گیری از کلان روندها و تکنولوژی های نوظهور



Thank You!

از توجه شما متشکرم  
Q&A

