التحول الرقمي في النقل بالسكك الحديدية – الجزء الأول

1-مقدمة

إنّ التفكير بإنشاء أنظمة نقل سككية ذكية، صديقة للبيئة، وسهلة الاستخدام هو أساس تطوير نظام النقل حول العالم. كما يعدُّ الفهم الكامل لمفهوم التحول الرقمي أمراً مهماً للغاية في تطوير النقل بالسكك الحديدية ودعمه للاقتصاد العالمي اليوم. تتطلب الرقمنة –كعملية مستمرة نحو التقارب بين العالم المادي والافتراضي– إنشاء أنظمة ذات صلة بالسيبرانية المادية. كما أدى الابتكار والتغيير في مختلف قطاعات الاقتصاد إلى تشكيل تقنيات وحلول مبتكرة ساهمت في تسريع التحول الرقمي في قطاع السكك الحديدية في السنوات الأخيرة، وأصبحت المنتجات والخدمات الجديدة جزءاً لا يتجزأ من عمليات شركات السكك الحديدية وأداء المديرين وإنشاء البنية التحتية لهذه الصناعة في السنوات الأخيرة، كما طوّرت شركات السكك الحديدية في بلدان مختلفة برامج الرقمنة الخاصة بها وسرعت من هذه العملية.

الشكل (1)

2-التكنولوجيا والابتكارات الجديدة في صناعة النقل بالسكك الحديدية

باختصار، نذكر بعض التقنيات والابتكارات التي يستخدمها حالياً أسطول النقل بالسكك الحديدية في مختلف دول العالم:

- انترنت الأشياء.
- النقل بالسكك الحديدية الأكثر كفاءة والأقل تكلفة، والتي تستخدم شبكات من أجهزة الاستشعار والكاميرات الرقمية وأنظمة الاتصالات لزيادة سعة النظام وزيادة سلامة الركاب وراحتهم مع تقليل التكاليف والمخاطر.
- الذكاء الاصطناعي، حيث تستخدم صناعة النقل بالسكك الحديدية هذه القدرة الرقمية في تطبيق تحليل أنواع مختلفة من البيانات.
- النقل بالسكك الحديدية متوافق مع البيئة وبدون انبعاث غازات الاحتباس الحراري.
- نظام ركاب متصل متكامل يوفر جميع الخدمات التي يحتاجها المسافر من خلال موقع إلكتروني وتطبيق سهل الاستخدام، مثل شراء التذاكر وجدولة القطارات والعربات الشخصية الخاصة.
- منصات التنقل كخدمة متقدمة **MaaS**، وقد أتاح ذلك للركاب الحصول على اتصال صوتي وفيديو مستمر بأعلى جودة ممكنة في جميع أنحاء خطوط السكك الحديدية من خلال أنظمة رقمية جديدة.
- نظام **PMAAS**، خدمات رقمية لصيانة وإصلاح عربات الشحن والقاطرات، يقوم هذا النظام بمعالجة البيانات الرقمية في صيانة البنية التحتية للقطارات والمستودعات بناءً على ملايين البيانات التي تم الحصول عليها وباستخدام مستشعرات المكونات الهامة للقطار، ويحلل عيوب القطار المحتملة ويستند إلى النظام التنبؤي للذكاء الاصطناعي وتتم الصيانة فقط إذا كان الأمر ضرورياً.
- نظام **GOA4**، أتمتة وتكامل أنظمة التحكم في القطار.

3-اتجاهات الابتكار في صناعة النقل بالسكك الحديدية

سنشاهد قريباً مجال التحول الرقمي في صناعة النقل بالسكك الحديدية:

1- قطارات ذاتية القيادة

2- إنترنت القطارات

3- الذكاء الاصطناعي

4- إزالة الكربون

5- وصلات السكك الحديدية

6- نظام السكك الحديدية عالية السرعة

7- أتمتة السكك الحديدية

8- البيانات الضخمة وتحليل البيانات

9- الواقع المعزز والافتراضي

سوف نشرح أحد هذه الاتجاهات، وهو تقنية نظام التحكم الآلي في القطار (القطارات ذاتية القيادة):

4-تكنولوجيا نظام القطار ذاتي القيادة

لفهم أهمية القطارات ذاتية القيادة، سنلقي نظرة على تقرير StartUs-Insights 2022 الأخير، والذي حلل بيانات /1633/ شركة من أفضل الشركات الناشئة العالمية في صناعة النقل بالسكك الحديدية. يوضح هذا التقرير الابتكار القائم على البيانات والذي يحسن اتخاذ القرار الاستراتيجي من خلال تقديم نظرة عامة على التقنيات الناشئة والشركات الناشئة في صناعة السكك الحديدية. تم تحقيق هذا العمل من خلال منصة تحليل البيانات الخاصة بجمع StartUs Insights استناداً إلى البيانات الضخمة واستخدام الذكاء الاصطناعي، والتي تغطي في المجموع بيانات أكثر من مليوني شركة ناشئة وقائمة في جميع أنحاء العالم. توفر هذه المنصة نظرة عامة شاملة على التقنيات الناشئة في مجال معين، الشكل (2).

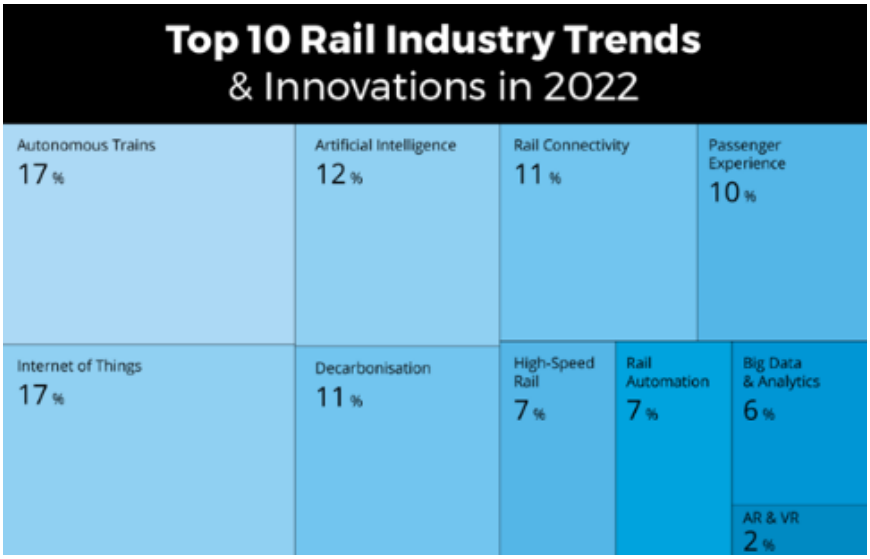
الشكل (2): خريطة للشركات الناشئة في صناعة النقل بالسكك الحديدية

في الشكل (3) نرى أهم /10/ اتجاهات وابتكارات في صناعة النقل بالسكك الحديدية في جميع أنحاء العالم. بالإضافة إلى ذلك، يظهر الشكل /20/ شركة ناشئة تعمل في هذا المجال.

الشكل (3): عشرة اتجاهات وابتكارات جديدة في صناعة النقل بالسكك الحديدية 2022

يُظهر الشكل (3) تأثير أهم /10/ اتجاهات في صناعة السكك الحديدية في عام 2022. حيث تعمل الشركات الناشئة والشركات الكبيرة على تطوير أنظمة قطارات جديدة ذاتية القيادة تزيد من كفاءة وموثوقية

وأمن النقل بالسكك الحديدية. تعتمد هذه الأنظمة بشكل كبير على تطوير إنترنت الأشياء (IOT) والذكاء الاصطناعي (AI) وتقنيات الاتصال. بالإضافة إلى ذلك، تقود مبادرات الإنتاج الخالية من الانبعاثات الكربونية.



الشكل (4) عشرة اتجاهات وابتكارات في صناعة النقل بالسكك الحديدية

من خلال التدقيق في الشكل (4)، والذي يستند إلى دراسة عالمية موثوقة، ندرك أهمية مسألة القطارات ذاتية القيادة؛ تعد هذه القطارات المزودة بتقنية الاستشعار المتقدمة والنقل الفوري للبيانات حلاً فعالاً لتحسين الدقة والموثوقية وتحسين السعة في صناعة السكك الحديدية. ستعمل الترقيات في تقنية الإشارات ونظام التحكم التلقائي في القطار (ATC) على تقليل الأخطاء الفنية وتحسين تدفق معلومات المرور وتعزيز ثقة الركاب في النقل بالسكك الحديدية. على سبيل المثال، يتحكم نظام الأتمتة من الدرجة 4 (GoA4) بشكل ذاتي في حالات الطوارئ واكتشاف العوائق، فضلاً عن سرعة القطار والمكابح والأبواب.

في عام 2020، بدأت شركة OTIV البلجيكية الناشئة بتطوير نظام متقدم لمساعدة السائق (ADAS) وتقنيات جديدة للقطارات ذاتية القيادة بالكامل (FSD). تستخدم هذه الشركة الناشئة الذكاء الاصطناعي والتعلم العميق ورؤية الكمبيوتر وأجهزة الاستشعار لتطوير نظام OTIV للسكك الحديدية الخفيفة بدون انبعاثات كربونية بحيث تكون صديقة للبيئة تماماً، وتكييف القاطرات مع البيئة الحضرية. تعمل أنظمة

ADAS و FSD المجهزة بتقنيات اكتشاف الأجسام وتجنب الاصطدام على زيادة سلامة وكفاءة النقل بالسكك الحديدية.

يمكن أن تقوم عملية تشغيل القطار الأوتوماتيكي أو ما يسمى بـ ATO بعدة أدوار: تبسيط مهمة السائق من خلال التحكم في السرعة والتوقف الدقيق والتقيد بالجداول الزمنية، تحسين سرعة القطار، كما تقلل من استهلاك الطاقة، وتقلل من تكاليف صيانة القطار والممتلكات (عن طريق تقليل السرعة وتقليل الفرملة على طول الرحلة).

5- مستويات الأتمتة في نظام ATO

يلخص الاتحاد الدولي للنقل العام (UITP) أتمتة النقل بالسكك الحديدية من خلال معايير IEC 62267 في خمس مستويات:

الجدول (1) مستويات الأتمتة في النقل بالسكك الحديدية

مستويات الأتمتة	أنواع العمليات للقطارات	القطار في وضع الحركة	إيقاف القطار	إغلاق الأبواب	العملية في أوقات الأزمة
GOA0–TOS	عملية مراقبة القطار	من قبل السائق	من قبل السائق	من قبل السائق	من قبل السائق
GOA1 – NTO	عمليات القطارات غير المستقلة (ATP مع سائق)	من قبل السائق	من قبل السائق	من قبل السائق	من قبل السائق
GOA2 – STO	تشغيل القطار شبه التلقائي (ATP و ATO مع السائق)	تلقائي	تلقائي	من قبل السائق	من قبل السائق
GOA3 – DTO	تشغيل قطار بدون سائق	تلقائي	تلقائي	مشغل القطار	مشغل القطار
GOA4 – UTO	تشغيل القطار بدون حراسة	تلقائي	تلقائي	تلقائي	تلقائي

6- كيف تعمل تقنية ATO

النظام الوظيفي لـ ATO يجب أن يعطي أوامر للأنظمة الفرعية للمركبة، وخاصة وحدة القيادة، من أجل توفير خدمات آمنة ومريحة للركاب في النهاية. هذه الأوامر هي كما يلي:

1- التحكم في تسارع القطار وتباطؤه والتوقف عند المحطة.
2- التحكم في سرعة القطار لتوفير التسارع وفرض القيود اللازمة عند السرعات العالية.
3- تقليل وقت مغادرة القطار إلى الحد الأدنى أو تعديل وقت المغادرة ومطابقته مع الوقت الذي يتطلبه مركز التحكم في العمليات.
4- تجنب الكبح والسرعة غير الضروريين، وكذلك تجنب البدء بالتسارع المفرط، وذلك لتهيئة الظروف التي توفر أفضل قيادة ممكنة.
5- قيادة نظام التوجيه ومزامنة أبواب القطار التي يجب فتحها وإغلاقها في وقت واحد والإشارة الصوتية والمرئية لإبلاغ الركاب بموعد التوقف في المحطات.
6- التوقف في المحطات المجدولة.
7- الوظائف الفرعية الأخرى (مثل معلومات تعريف القطار، والتحكم في PSD، ووقت إرسال القطار، ومراقبة معلمات صحة القطار، والبدء التلقائي للمسار، واختيار المسار، وما إلى ذلك).

7- قطارات ذاتية القيادة في دبي

يعد مترو دبي متقدماً، ويمكن تسميته بأحدث مترو في العالم، يوفر مترو الأنفاق هذا أكثر وسائل الراحة لركابه وهو أطول طريق تحت الأرض في العالم. تعتبر محطات القطارات والقطارات في دبي فخمة للغاية وتعتبر حتى واحدة من مناطق الجذب السياحي. مترو دبي يتحرك بشكل آلي بالكامل وبدون وجود سائق على مسارات محددة.

في الواقع، إذا أردنا رسم صورة لمستقبل أنظمة النقل بالسكك الحديدية في العالم، فعلينا أن نقبل بلا شك أن التقنيات الجديدة، وخاصة التقنيات الرقمية والاتصالات، ستلعب الدور الرئيسي في رسم هذا المنظور. من المثير للاهتمام معرفة أن مشغل الاتصالات المتنقلة في دولة الإمارات العربية المتحدة، بالتعاون مع

موتورولا، التي تعد واحدة من أكبر الشركات المصنعة لمعدات الاتصالات، قد أتاح استخدام شبكة WiMAX للهاتف المحمول في مترو دبي، وفي هذا الطريق، يمكن لجميع الركاب بالإضافة إلى محطات المترو على طريق القطار أيضاً القدرة على الوصول إلى شبكة WIFI لإجراء مكالمات هاتفية. ومع إطلاق شبكة WiMAX في مترو دبي، سيكون الوصول إلى الإنترنت اللاسلكي عالي السرعة ممكناً أيضاً.

المراجع:

1. https://rdfco.ir/
2. Automatic Train Operation: History and Open Questions, January 2020 at Conference: 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems. DOI:10.5220/0009418002600267
3. https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-rail-industry-trends-innovations-2021-beyond/#:~:text=Rail%20transportation%20is%20undergoing%20significant,automatic%20train%20control%20(ATC).
4. https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/automatic-train-control-market
5. https://www.sgtrains.com/technology-signalling.html

6. https://www.khaleejtimes.com/transport/video-this-is-how-dubai-metros-driverless-trains-run-like-clockwor

إعداد: الدكتور المهندس محمد فادي نقرش

– دكتوراة في الهندسة المدنية.

– مدير فرع دمشق للخطوط الحديدية السورية.

– محاضر في جامعة دمشق.