

VÍCTOR MARTÍNEZ,

a globális vasúti állapotfelügyeletért és digitalizációért felelős központ vezetője,
SKF Española S.A., Madrid, Spanyolország

DANIEL DE ANDRADE,

a vasúti állapotfelügyeletért és digitalizációért felelős központ technológiai igazgatója,
SKF Española S.A., Madrid, Spanyolország

SKF vasútipálya-felügyelet**Összefoglaló**

A tömegközlekedés egyre fontosabb szerepet tölt be a világ nagyvárosaiban, ezért elengedhetetlen a vasúti pályák megfelelő állapotának fenntartása. A vágányok kifogástalan állapota fokozza az utasok kényelmét, valamint meghosszabbítja a kerekek és a csapágyak élettartamát. Az SKF kifejlesztett egy technológiát, amely a rezgésdiagnosztika alkalmazásával biztosítja a vasúti pályák állapotfelügyeletét.

Az SKF által kifejlesztett új technológia a vasúti pálya állapotfelügyeletére ugyanazt a fedélzeti IMx rendszert alkalmazza, mint a forgóvázak forgóalkatrészei esetében, biztosítva ezzel a problémák gyorsabb észlelését, valamint lehetővé téve a vasút-üzemeltetők számára a vágánykarbantartási tevékenységek tervezésének és kivitelezésének optimalizálását.

A nagyvárosokban tapasztalható népességnövekedés, valamint a hagyományos fosszilis üzemanyaggal közlekedő járművek okozta forgalom és levegőszennyezés miatt egyre többen használják a tömegközlekedési eszközöket. Az elmúlt években a metró és az elővárosi vonatok iránti kereslet a világ számos városában meghaladta az előrejelzéseket. Az utaslétszám növekedése a vasút-üzemeltető társaságok számára mindennapi nyomást jelent arra nézve, hogy a költségeket ellenőrzés alatt tartva folyamatosan növeljék a járművek megbízhatóságát és rendelkezésre állását.

Az infrastruktúra karbantartására alkalmazott stratégia fontos szerepet játszik az utasok és a vasút-üzemeltetők részéről is egyre megengedhetlenebbnek tartott szolgáltatáskimaradások és menetrendváltozások kiküszöbölése szempontjából. A vágányok megfelelő állapotát biztosító karbantartást és felújítást általában a szemrevételezéssel történő vizsgálatok és az ütemezett karbantartás összehangolásával végzik. Ez egy a

régóta alkalmazott, ám igen költséges megoldás. A pályabehatók csak akkor léphetnek a vasúti sínekre, amikor a vonatok nem közlekednek. Emellett a pályafenntartásra kijelölt járművek is lassúak és drágák. Ebből következik, hogy a vasúti pálya állapotfenntartása is lassú folyamat.

A helyzet javítása érdekében az SKF kifejlesztett egy olyan technológiát, amely a rezgésdiagnosztikához alkalmazott konszolidált megoldásokat és know-how-t alkalmazza, és lehetővé teszi a vasút-üzemeltetők számára a vasúti pálya állapotfelügyeletét a vonatok normál működése során. Az SKF az elmúlt években végezte a technológiával kapcsolatos kutatásokat – a helyszíni hitelesítési tesztek kifejezetten a spanyolországi Transport Metropolitan

de Barcelona (TMB) infrastruktúráján, valamint világszerte több metróhálózaton is elvégezték. A technológia a szerelvényekre szerelt rezgésérzékelőkkel felügyeli a kerekek sínen történő áthaladása során keletkezett rezgést. A vasúti pálya hibáinak észlelése mellett ez a megoldás lehetőséget biztosít az üzemeltetők számára a pálya minőségének fenntartásához szükséges jövőbeni karbantartási igények és célok előrejelzésére.

Ez az SKF technológia más előnyökkel is jár. A vasúti pálya megfelelő állapotának biztosításával, valamint a vonat működése során fellépő zaj csökkentésével fokozható az utasok kényelme és az általános utazási élmény. Emellett összefüggés mutatható ki a sínek állapota, valamint a kerekek és csapágyak várható élettartama kö-



1a. ábra: Az IMx-Rail megoldást testreszabott készletben szállítjuk, amely egyszerűen felszerelhető a forgóvázra.



1b. ábra: A forgóvázra szerelt IMx-Rail

zött. Ezt az összefüggést támasztja alá az a tény is, hogy a hibás pályaszakaszokon történő áthaladáskor a kerekek felütései közvetlen hatást gyakorolnak a vasúti kerékpárok csapágyaira. A vágányok megfelelő állapotának felügyeletével és fenntartásával a vasút-üzemeltetők meghosszabbíthatják a kerekek és csapágyak üzemi élettartamát, valamint elősegítik a vonatok egyenletes és zökkenőmentes haladását is.

Az idő értékes erőforrás, ezért az SKF által nemrég piacra bocsátott – a vasúti pálya állapotfelügyeletére szolgáló – új IMx-Rail (1a. ábra) egyszerűen és gyorsan felszerelhető a szerelvényekre (1b. ábra). Az IMx-Rail az SKF állapotfelügyeleti megoldásokra kifejlesztett, jól bevált IMx termékportfóliójának legújabb tagja. Az érzékelőket és az elektronikát is magában foglaló önálló megoldás az üzemeltetés során összegyűjtött adatok feldolgozására és továbbítására szolgál; integrálható a vasút-üzemeltetők IT rendszereibe; elhelyezhető a vasúti kocsi belsejében, vagy felszerelhető kívülrre, a forgóvázhoz. És bár elődeit eredetileg a gördülőállomány (kerekek, ágytokcsapágyak, hajtómű és vontatómotor) felügyeletére tervezték, az IMx-Rail ezen felül a

vasúti pálya állapotfelügyeletére is alkalmazható. Az IMx-Rail sikerének titka, hogy egyszerűen felszerelhető a meglévő vasúti szerelvényekre, megbízható, és könnyen beilleszthető a vevő folyamataiba.

A teljes metróvonal pályafelügyeletéhez csak egy IMx-Rail egységre és két rezgésérzékelőre van szükség. A mindennapi működés során az egység méri és rögzíti a gyorsulás- és rezgésjeleket, majd feldolgozza ezeket az adatokat, és az összes információt vezeték nélkül továbbítja egy back-office modul gyűjtőhelyére, ahol a jelenásban szereplő információk elin-

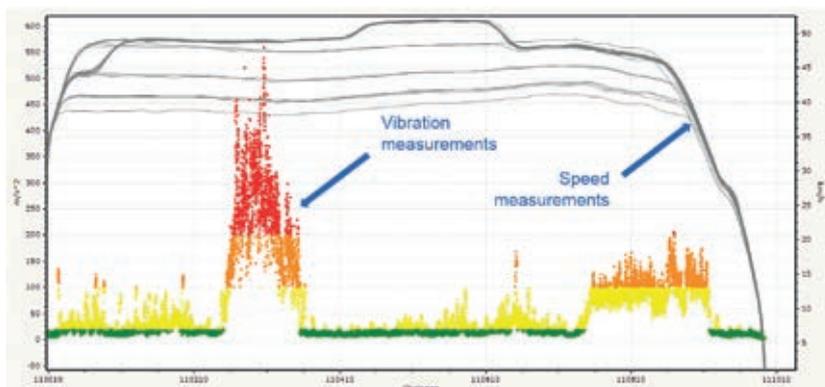
díthatják a szükséges műveleteket.

Miután az adatok megérkeznek a szerverre, az SKF @ptitude Observer szoftver további adatfeldolgozást végez, és a rezgésmérések értékeit hozzárendeli ahhoz a konkrét pályaszakaszhoz, ahol az adott érték mérésére sor került. A mérések helyének beazonosításához használt – SKF által kifejlesztett – algoritmus egy szabadalmi eljárás alatt álló technológia, amelynél a bemenet biztosításához nincs szükség a vonat saját rendszerével történő összekapcsolódásra. Ez gyors telepítést biztosít, és megakadályozza a vasúti szerelvény biztonság szempontjából kritikus rendszereivel való esetleges interferenciát is. A szoftver a vasút-üzemeltető által használt helymeghatározó rendszernek megfelelően (láncban vagy kilométerben kifejezve) azonosítja a vágányhibák helyét, és alagútban történő közlekedés esetén is pontosan működik.

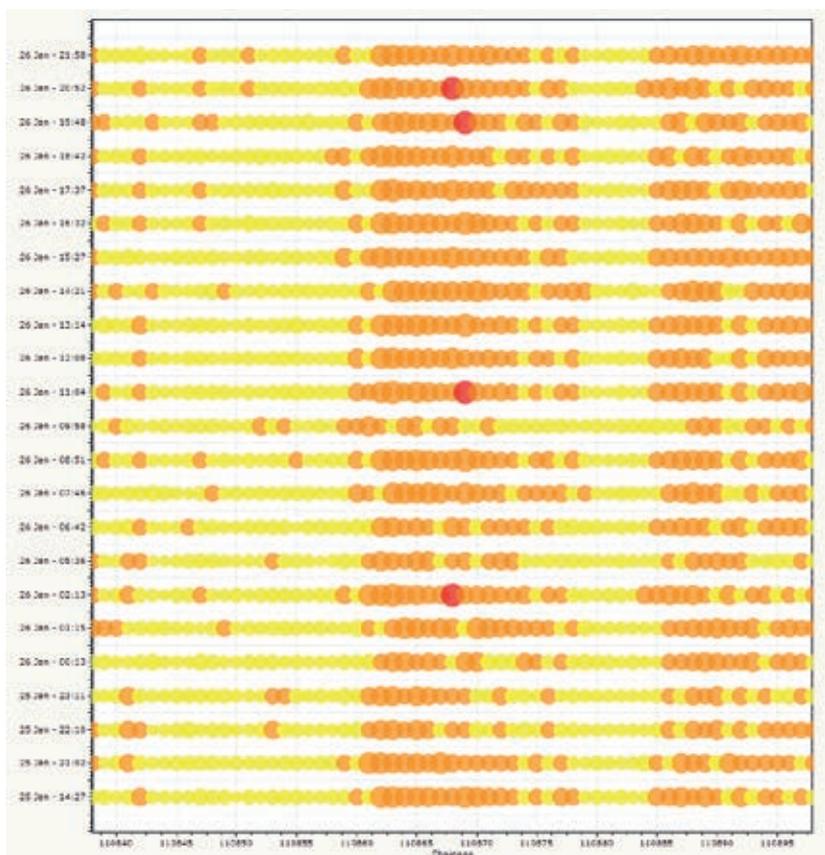
Az SKF @ptitude Observer szoftverben számos különböző eszköz áll rendelkezésre a feldolgozott adatok kijelzésére annak érdekében, hogy a felhasználó a számára legértékesebb információkat jeleníthesse meg. Az elemzés első lépéseként a vasútvonalak állapotát összefoglaló táblázat (2. ábra) látható,

Bound 1				Bound 2			
Station of departure	Number of exceptions	Vibration amplitude	Station of arrival	Station of departure	Number of exceptions	Vibration amplitude	Station of arrival
Sant Antoni	3	Green	Universitat	Badalona	0	Green	Pep Ventura
Universitat	3	Yellow	Passaig de Gibrice	Pep Ventura	0	Green	Gorc
Sagrada Família	3	Yellow	Encants	Gorc	0	Green	Sant Roc
Paral·lel	1	Green	Sant Antoni	Sant Roc	0	Green	Ataque-S. Adrià
Tetuan	1	Green	Monumental	Ataque-S. Adrià	0	Green	Veneda
Passaig de Gibrice	0	Green	Tetuan	Veneda	0	Green	La Pau
Monumental	0	Green	Sagrada Família	La Pau	0	Yellow	Sant Martí
Encants	0	Green	Ciut	Sant Martí	0	Green	Bac de Roda
Ciut	0	Yellow	Bac de Roda	Bac de Roda	0	Green	Ciut
Bac de Roda	0	Yellow	Sant Martí	Ciut	0	Green	Encants
Sant Martí	0	Yellow	La Pau	Encants	0	Yellow	Sagrada Família
La Pau	0	Yellow	Veneda	Sagrada Família	0	Yellow	Monumental
Veneda	0	Yellow	Ataque-S. Adrià	Monumental	0	Orange	Tetuan
Ataque-S. Adrià	0	Orange	Sant Roc	Tetuan	0	Green	Passaig de Gibrice
Sant Roc	0	Green	Gorc	Passaig de Gibrice	0	Yellow	Universitat
Gorc	0	Green	Pep Ventura	Universitat	0	Green	Sant Antoni
Pep Ventura	0	Green	Badalona	Sant Antoni	0	Green	Paral·lel
				Paral·lel	0	Green	Centre Siding
				Centre Siding	0	Green	Paral·lel 1

2. ábra: A metróvonal felhasználóbarát megjelenítése, amely lehetővé teszi a felhasználók számára az állomások közötti pályaszakasz állapotának megismerését.



3. ábra: A szerelvény sebessége és a pályaszakasz állapotkiértékelésének megjelenítése az állomások között, menetekre levetítve



4. ábra: A buborékdiagram lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy nyomon kövessék a pálya állapotának az idő múlásával bekövetkező változásait

amely lehetővé teszi azon pályaszakaszok beazonosítását, ahol az adatokat rögzítették. A szakasz színe a vágányok összesített állapotát jelzi az előre meghatározott küszöbértékek alapján. Ez lehetővé teszi a felhasználó számára a karbantartás szempontjából prioritást igénylő, legrosszabb állapotban lévő pályaszakaszok gyors beazonosítását. Amikor a felhasználó egy pályaszak-

szakhoz ér, a szoftver megmutatja az adott szakasz szórásdiagramját, részletesen megjelenítve a vágányok állapotát (3. ábra). A diagram segítségével a felhasználó összehasonlíthatja a rezgési amplitúdót a pálya különböző részein. A szoftver további értékes adatokat is szolgáltat, például a mérések elvégzésének idejét és a pontos sebességet a teljes pályaszakaszon.

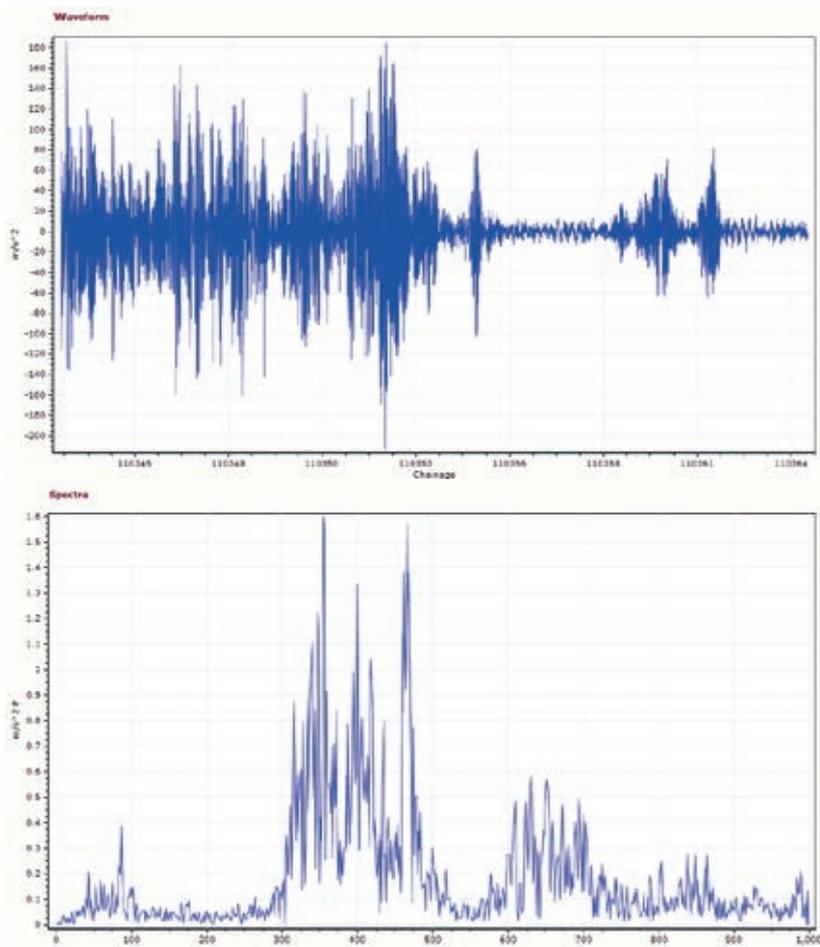
A szórásdiagram egy meghatározott területére kattintva a szoftver megjelenít egy buborékdiagramot, amely bemutatja az adott pályaszakaszhoz tartozó időtényezőket (4. ábra). A diagramon a buborékok minden sora a szerelvény egy adott útjához kapcsolódik; a buborékok mérete és színe jelzi a rezgésmérések amplitúdóját. Ennek a diagramnak a felhasználásával a felhasználó összehasonlíthatja a rezgés amplitúdóját a vonat különböző útjai során, valamint nyomon követheti a hiba alakulását az idő múlásával.

Amikor a felhasználó kiválasztja az egyik buborékot, a szoftver megjeleníti a képernyőn az adott méréssel kapcsolatos hullámdiagramot és spektrumot (5. ábra). Ezeknek a diagramoknak az elemzésével ellenőrizhető, hogy a hiba kizárólag az adott helyen fordul elő, vagy végighúzódik a pályaszakasz mentén.

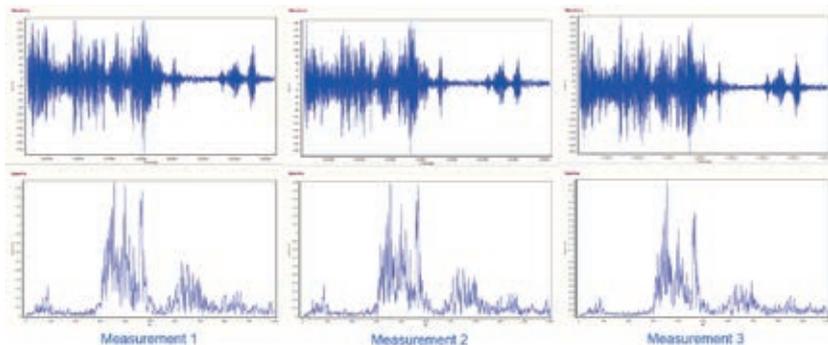
A vonat különböző útjai során az azonos pályaszakaszokon végzett mérések összehasonlításával ellenőrizhető az elemzés megbízhatósága (6. ábra), így kiküszöbölhetők a téves észlelések. Az azonos pályaszakaszokon végzett különböző méréseknél megfigyelt hasonló rezgésjelekből látható, hogy a mért rezgéseket ténylegesen a sín, illetve a sín és a kerék közötti kölcsönhatás okozza, nem pedig más véletlenszerű vagy külső forrás, például egy felpattanó kő, amely hozzáütődik a forgóvához.

Miután az elemző azonosította a rendellenességet, az @ptitude Observer szoftvereszközök segítségével elkészíthető a hibajelentés. Ez a jelentés tartalmazza a vasúti pálya rendellenességeivel kapcsolatos összes információt.

Az azonos pályaszakaszokon mért jel többszöri megismétlődése – a szerelvény különböző útjai során – igazolja a mérés megbízhatóságát. Az SKF @ptitude Observer beépített felhasználóbarát felülettel rendelkezik, amelyet a vasút-üzemeltető jelentéskészítő alkalmaz-



5. ábra: A mérésekhez kapcsolódó hullámdiagram és spektrum lehetővé teszi a felhasználók számára a pályaszakaszon észlelt rendellenességek kiterjedésének számszerűsítését.



6. ábra: Az azonos pályaszakaszon mért jel többszöri megismétlődése – a szerelvény különböző útjai során – igazolja a mérés megbízhatóságát.

zasként használhat. A felhasználói felület (UI) műszaki ismeretek nélkül is egyszerűen használható és értelmezhető. A felületen különböző képernyőket láthatunk, amelyek az adatokat összefoglaló formában jelenítik meg, illetve tartalmaz olyan eszközöket és képernyőket is, amelyek segítségével a felhasználó

megtekintheti a részleteket. A felhasználói felület tartalmazza azokat az eszközöket, amelyek segítségével a diagramok és az infopanelek egyszerűen frissíthetők a vágányhiba kijavítása után.

A felhasználói felület kezdőképernyőjén egy térkép látható, amely a vasútvonalak állapotát szemlélteti

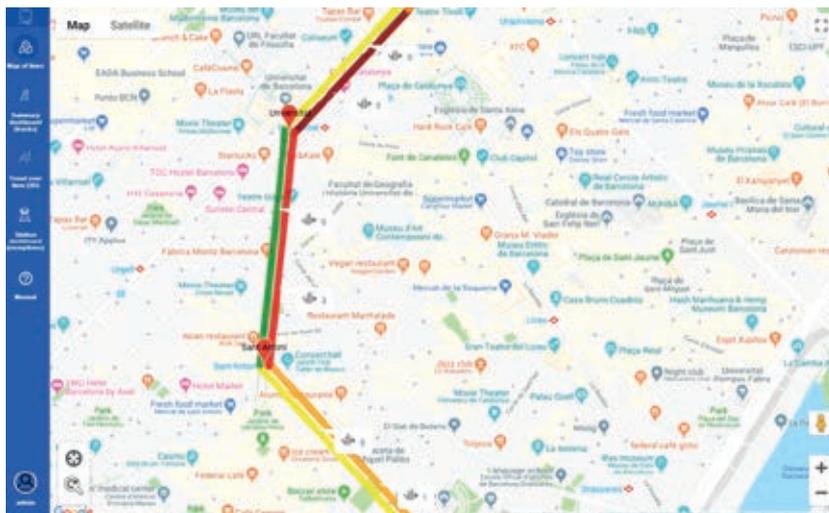
(7. ábra). A térkép részletei több szinten jeleníthetők meg. A legmagasabb szinten a felhasználó a pálya egyes szakaszait tekintheti meg két állomás között, két egyenes vonallal ábrázolva. A vonalak színe az adott pályaszakasz állapotát jelzi az egyes körzeteken belül. Ezen a szinten a térkép megjegyzéseket is tartalmaz, amelyekben az elemző által jelentett rendellenességek száma látható a pálya egyes szakaszain.

Az elemző által jelentett rendellenességekkel kapcsolatos összes információ elérhető a vasút-üzemeltető számára. Ez magában foglalja például a hibaészlelés láncban vagy kilométerben kifejezett helyét, a mérés dátumát, a jelentésben szereplő rendellenesség súlyosságát, valamint azt, hogy melyik oldali vágányról van szó, és még sok más (8. ábra).

A jelentési folyamat során az elemző a hibajelentéshez csatolni tudja a vágányhiba észleléséhez használt diagramokat (9. ábra). Ezek a diagramok a felhasználói felületen keresztül elérhetők a vasút-üzemeltető számára, lehetővé téve, hogy mélyebb ismereteket szerezzen a hiba jellegéről.

A felhasználói felület az elemzést készítő munkahelyétől eltérő helyszínről is elérhető a helyi hálózaton vagy akár az interneten keresztül. Ez rendkívül rugalmassá teszi az alkalmazást, mivel az üzemeltetők távolról is hozzáférnek az elemző jelentésében foglalt információkhoz.

A kifejlesztett szoftver számos hasznos funkciót tartalmaz, így a Metro Barcelona vállalatához hasonló üzemeltetők számára csúcstechnológiás eszközt biztosít a vasúti infrastruktúra karbantartásához. „Mindig keressük a jobb megoldásokat a biztonságos, megbízható és költséghatékony hálózat biztosítására” – mondta Fernando Vaquero Granados, a TMB gördülőállományért felelős mérnöke. „A Multilog IMx-Rail rendszerhez



7. ábra: A teljes metróvonal intuitív megjelenítése az állomások közötti pályaszakaszok állapotának bemutatására.

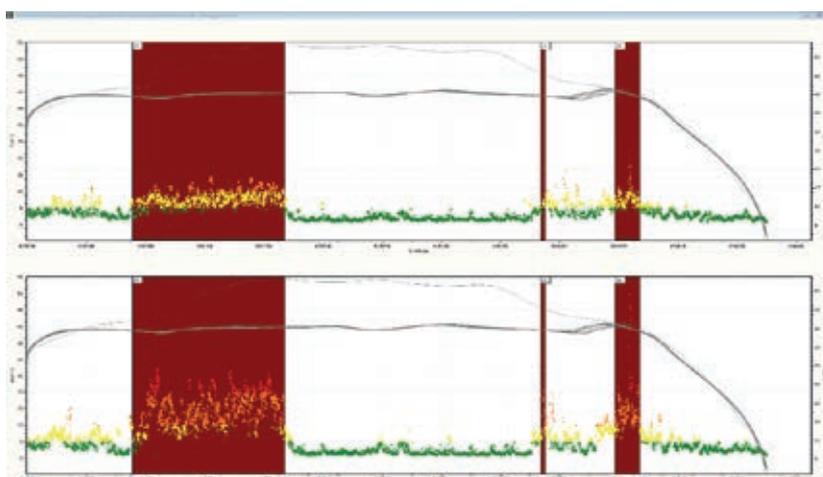
hasonló technológiák segítségével gyorsabban beazonosíthatjuk a problémákat, valamint hatékonyabban üzemeltethetjük a vizsgálatokat és a karbantartási tevékenységeinket.”

A pályaszakaszok SKF vasúti-pálya-felügyeleti rendszerrel történő ellenőrzése segítséget nyújt az üzemeltetők számára a vágánykarbantartási tevékenység hatékonyabb rangsorolásához és ütemezéséhez, és garantálja, hogy a vasúti pálya állapota biztosítja az utasok kényelmét, valamint a kerekek és csapágyak hosszú élettartamát.

@ptitude az SKF Csoport bejegyzett védjegye

Line	From	To	Round				
L2 (Purple line)	Artigas-St. Adrià	Sant Sad	Round 1				
ID	Date	Change	Rel	Analyst Severity	Confirmed	Action	Charts
19	2016, Jan. 26 10:12	missing data	missing data	missing data	Confirmed	Not set, please confirm	
Line	From	To	Round				
L2 (Purple line)	Ribafig de D'Alco	Talarn	Round 1				
ID	Date	Change	Rel	Analyst Severity	Confirmed	Action	Charts
18	2016, Jan. 24 03:35	missing data	missing data	missing data	Confirmed	Not set, please confirm	
Line	From	To	Round				
L2 (Purple line)	Sagrada Família	Eixants	Round 1				
ID	Date	Change	Rel	Analyst Severity	Confirmed	Action	Charts
16	2016, Dec. 07 00:36	104342-104342	Both	4	Confirmed	Not set, please confirm	Select chart
15	2016, Dec. 07 00:33	104381-104381	Both	4	Confirmed	Not set, please confirm	Select chart
14	2016, Dec. 07 00:44	104331-104334	Both	4	Confirmed	Not set, please confirm	Select chart

8. ábra: Intuitív felhasználói felület, amely tartalmazza az észlelt rendellenességeket és a kapcsolódó javítótevékenységre vonatkozó javaslatokat



9. ábra: Adatgrafikon, amely alapján a rendszer összeállítja a felhasználói felületen keresztül elérhető hibajelentést.