

## (یادداشت پژوهشی)

# مانیتورینگ سایش چرخهای قطار به منظور کنترل و برنامه‌ریزی عملیات نگهداری و تعمیرات

مسعود انصاری، کارشناس، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
امین اوحدی، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
محمدعلی رضوانی، استادیار، دانشکده مهندسی راه آهن، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
E-mail: m\_ansari@mail.iust.ac.ir

## چکیده

سایش چرخ همواره یکی از مشکلات گریز ناپذیر صنعت ریلی بوده است. جدا از روشهایی که باید برای کاهش سایش اعمال شوند، برنامه ریزی برای تراش، تعویض و خرید بموقع چرخها از اهمیت خاصی برخوردار است. در این مقاله روشی برای تعیین پیش بینی رفتار سایشی چرخ ارایه می شود که از طریق آن می‌توان مدیریتی بهینه بر سیستم تعمیراتی چرخ حاکم کرد و زمان رسیدن چرخ به حد تراش از قبل پیش بینی شده و نسبت به انجام عملیاتی مانند پروفیل تراشی و یا تعویض چرخ از قبل آمادگی داشت. به علاوه مقطع زمانی‌یی که وسیله نقلیه ریلی یادشده در حالتی که بوژی پدکی در اختیار نیست را می‌توان تعیین کرد. با استفاده از همین روش، نرم افزاری تهیه شده است که تمامی این موارد را به صورت همزمان انجام داده و موارد مقتضی را با سرعت و دقت بسیار به صورت خروجی در اختیار قرار می دهد.

واژه‌های کلیدی: سایش، چرخ قطار، رفتار سایشی، نگهداری، تعمیرات.

## ۱. مقدمه

[۳،۴]، [۵،۶]، و ... اشاره کرد. به علاوه همواره کارشناسان این صنعت سعی در شبیه سازی مسأله سایش چرخ به روشهای مختلف داشته‌اند [۷،۸،۹] تا بتوانند از آن طریق سایش چرخ را به نحو مطلوبی کنترل کنند. این شبیه‌سازی‌ها یا به صورت نظری بوده و یا با استفاده از نرم افزارهای مرتبط صورت می‌گیرند [۱۰،۱۱] و بنابراین محدودیت‌های خاصی

مسأله سایش چرخ همواره یکی از مشکلات موجود در صنعت ریلی بوده است، زیرا سایش در موارد مختلفی مانند راحتی مسافر، دینامیک وسیله نقلیه، خروج از خط و ... نقش بسیار مهم و غیر قابل انکاری دارد و از گذشته مهندسان این صنعت سعی در ارایه راهکارهایی برای کاهش سایش داشته‌اند که از آن جمله می‌توان به عملیات روانکاری [۱،۲]، تعیین پروفیل بهینه چرخ

### ۳. مانتورینگ وضعیت سایش چرخ

نمودارهای ضخامت فلنج - کیلومتر از کارکرد برای هر چرخ، روند تغییرات سایشی چرخ را نشان می‌دهند و در ضمن می‌توان از آنها جهت تعیین خطاهای اندازه‌گیری احتمالی استفاده کرد. نمونه‌ای از این نمودارها در شکل ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱. اطلاعات اندازه‌گیری شده برای چرخ ۱ واگن ۷

قطار ۱۱۸ متروی تهران

تاریخ اندازه‌گیری	کیلومتر از کارکرد (Km)	ضخامت فلنج (mm)
۸۱/۱۱/۰۹	۷۴۰۵۴	۲۸
۸۲/۰۲/۲۲	۹۵۱۱۸	۲۷
۸۲/۰۷/۰۷	۱۲۹۴۸۲	۲۶
۸۲/۱۲/۰۶	۱۴۹۸۲۶	۲۵/۵
۸۳/۰۳/۰۵	۱۷۳۴۵۰	۲۵/۱
۸۳/۰۵/۲۶	۱۹۵۹۹۰	۲۵

با مشتق‌گیری از نمودار ضخامت فلنج - کیلومتر از کارکرد، نرخ سایش چرخ در ضخامت فلنج‌های مختلف نمایان می‌شود که خود تصویری مفید از روند سایش چرخ ارائه می‌کند، یعنی مشخص می‌شود که نرخ سایش در حال افزایش است یا کاهش شکل ۳ نرخ سایش چرخ ۴ واگن ۱ قطار ۲۰۴ متروی تهران در ضخامت فلنج‌های مختلف را نشان می‌دهد.

### ۴. تحلیل داده‌ها

هدف از تحلیل داده‌ها، به دست آوردن نرخ سایش چرخ و تعیین رفتار سایشی چرخ است. برای تعیین نرخ سایش کلی چرخ، دو روش مختلف ارائه می‌شود که عبارتند از:

#### الف) روش میانگین‌گیری

در این روش ابتدا در هر مقطع، نرخ سایش با استفاده از رابطه ۱ تعیین می‌شود:

$$W_i = \frac{d_1 - d_2}{l_2 - l_1} \quad (1)$$

که در آن:  $W_i$  نرخ سایش چرخ در مقطع  $i$  ام،  $d_1, l_1$  ضخامت فلنج و کیلومتر از کارکرد در اندازه‌گیری اول،  $d_2, l_2$  ضخامت

دربردارند. این محدودیت‌ها قابل تعمیم نیستند و نتایج را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین نمی‌توان صرفاً از شبیه‌سازی برای بررسی وضعیت سایش چرخ بهره برد. برای دستیابی به این مهم، با توجه به اینکه در صنعت ریلی همواره بازدیدهای دوره‌ای برای چرخها وجود دارد و چرخ برای رسیدن به حد تراش مورد بررسی قرار می‌گیرد، یکی از بهترین روشهای کنترل سایش، بررسی رفتار چرخ در مدت بهره‌برداری است. به این معنی که با کنترل منظم وضعیت سایش چرخها و تهیه بانک اطلاعاتی هدفمند و با تحلیل دقیق داده‌ها می‌توان رفتار سایشی چرخ را پیش‌بینی کرده و تصمیم‌گیری‌های مقتضی به عمل آورد. به این منظور، چنین ایده‌ای در مورد چرخهای مورد استفاده در ناوگان موجود در خط ۲ متروی تهران مطرح شد تا رفتار چرخهای ناوگان در طی یک چرخه زمانی مشخص شود. به این منظور نخست برای هر یک از چرخها، با توجه به اطلاعات قدیم و جدید، یک بانک اطلاعاتی تهیه شد و سپس با پردازش اطلاعات به دست آمده، نهایتاً نرم‌افزاری تهیه شد تا بتوان وضعیت هر یک از چرخها و روند سایش آنها را پیش‌بینی کرد.

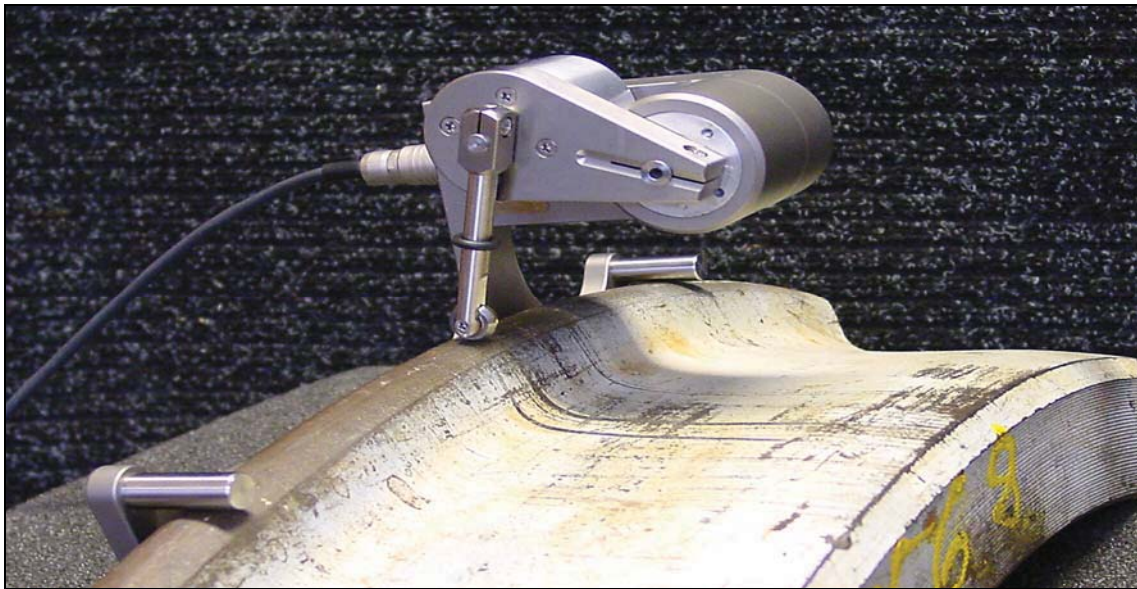
### ۲. ایجاد بانک اطلاعاتی

ابتدا برای هر چرخ با توجه به موقعیت مکانی آن در ناوگان، بانک اطلاعاتی تهیه شد و در آن، ضخامت فلنج چرخ که در بازدیدهای دوره‌ای اندازه‌گیری شده است و کیلومتر از کارکرد مربوطه و تاریخ اندازه‌گیری‌ها نیز ثبت شد. بانک اطلاعاتی براساس مجموعه اطلاعات به دست آمده از خط ۲ متروی تهران تهیه شد که شامل بیش از ۱۵۰۰ چرخ بود. این بانک اطلاعاتی شامل اندازه‌گیری‌های گذشته موجود در مجموعه متروی تهران در طی ۲ سال و توسط شابلونهای اندازه‌گیری و اندازه‌گیری‌های جدیدی بود که توسط دستگاه پروفیل‌نگار چرخ (Miniprof) در مدت ۶ ماه و به صورت هفتگی به دست آمد. شکل ۱ چرخ قطار و دستگاه Miniprof را نشان می‌دهد. لازم به یادآوری است که خط ۲ متروی تهران از نوع بدون بالاست و پروفیل ریل در آن UIC 54 و سرعت طراحی این خط ۸۰ Km/h است. در ضمن چرخهای ناوگان موجود در این خط از نوع منوبلوک و پروفیل آنها S1002 است. جدول ۱ نمونه‌ای از اطلاعات اندازه‌گیری ضخامت فلنج چرخ را نشان می‌دهد.

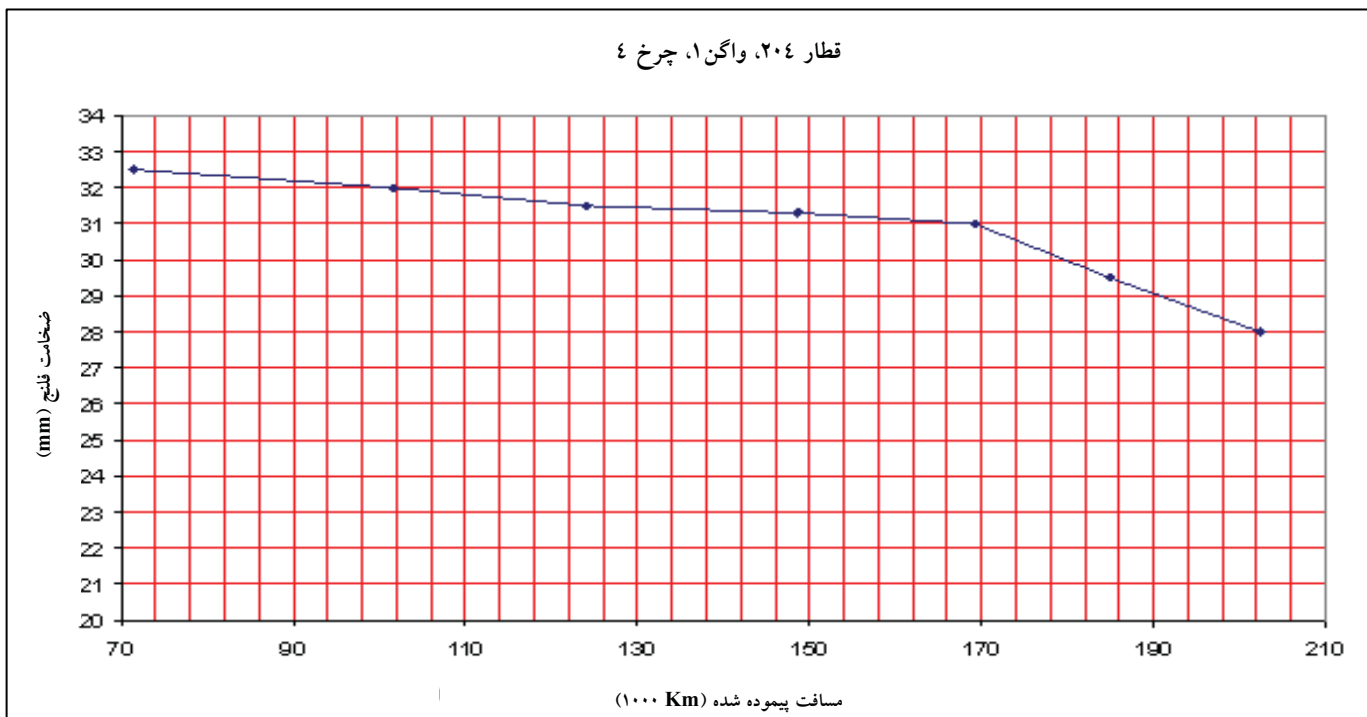
که در آن  $W_i$  نرخ سایش کلی چرخ و  $n$  تعداد دفعات اندازه‌گیری ضخامت فلنج چرخ است. یادآوری می‌شود در این فرآیند خطاهای اندازه‌گیری باید از محاسبات حذف شوند. برای چرخ ۷ واگن ۱ قطار ۱۱۴ متروی تهران اطلاعات اندازه‌گیری شده در جدول ۲ آمده است.

فلنج و کیلومترژ کارکرد در اندازه‌گیری بعدی هستند. سپس با استفاده از رابطه ۲ نرخ سایش کلی چرخ تعیین می‌شود.

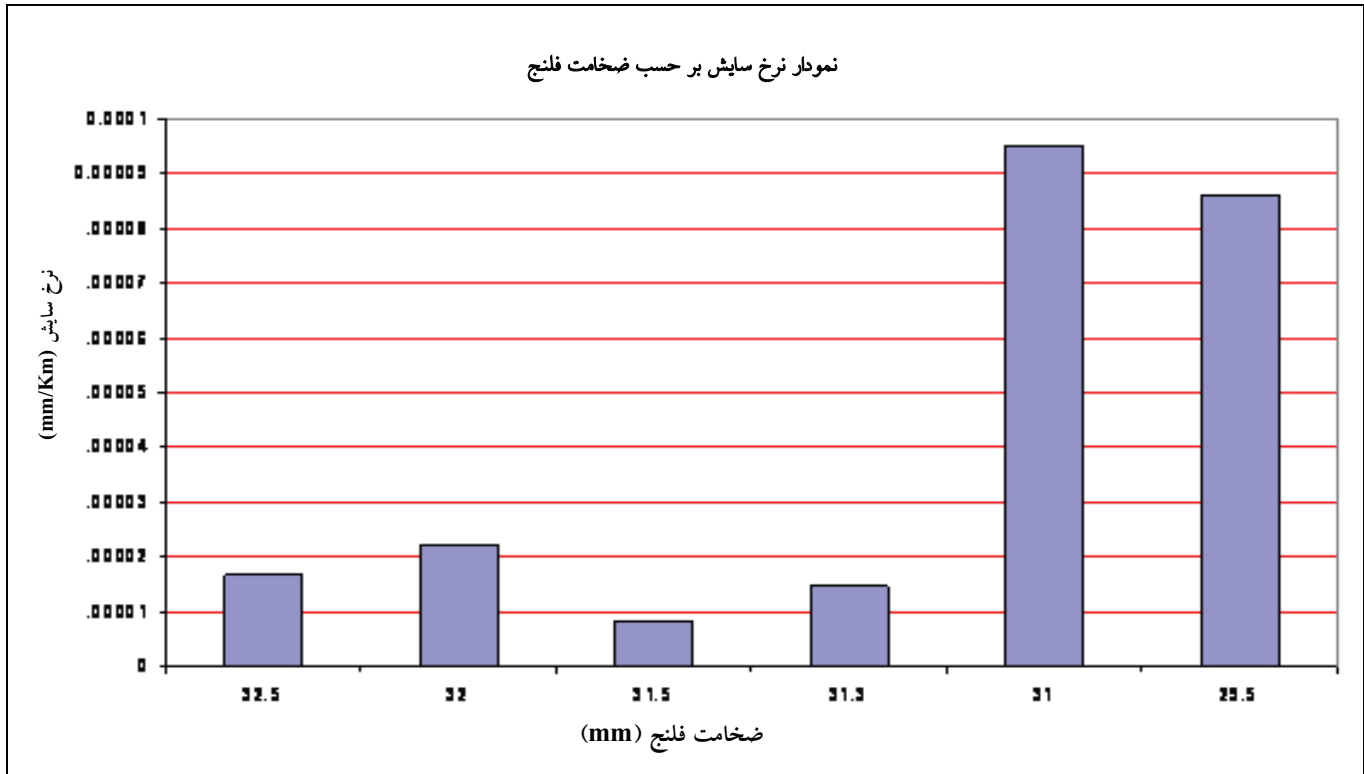
$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} W_i}{n-1} \quad (2)$$



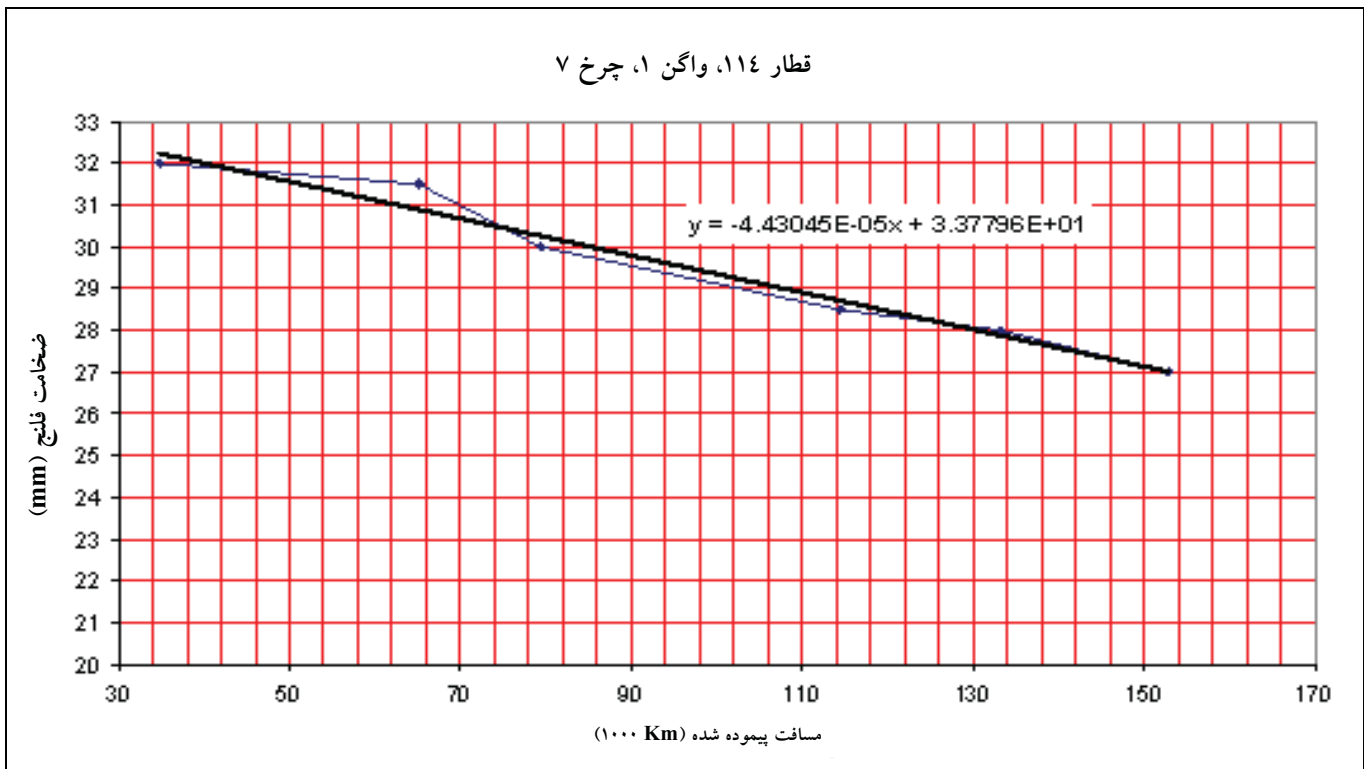
شکل ۱. چرخ قطار و دستگاه ثبت پروفیل (Miniprof)



شکل ۲. نمودار ضخامت فلنج - کیلومترژ کارکرد برای چرخ ۴ واگن ۱ قطار ۲۰۴ متروی تهران



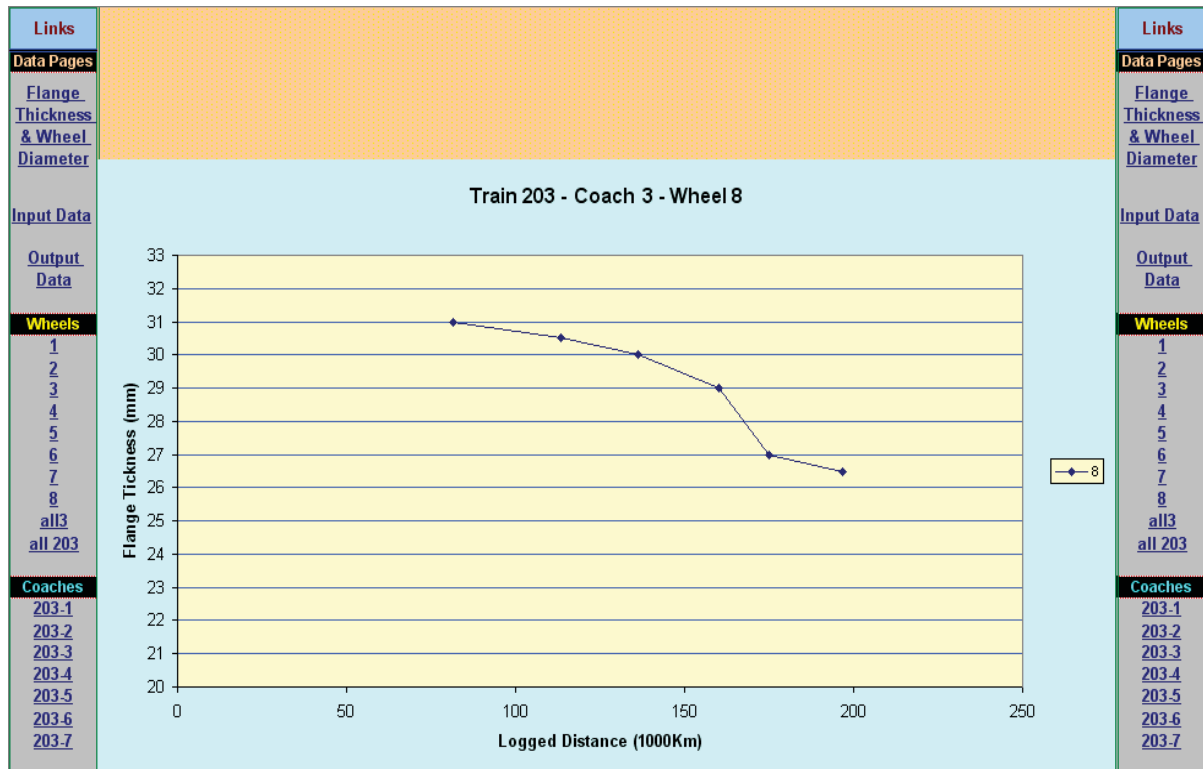
شکل ۳. تغییرات نرخ سایش چرخ ۴ واگن ۱ قطار ۲۰۴ متروی تهران در ضخامت فلنج‌های مختلف



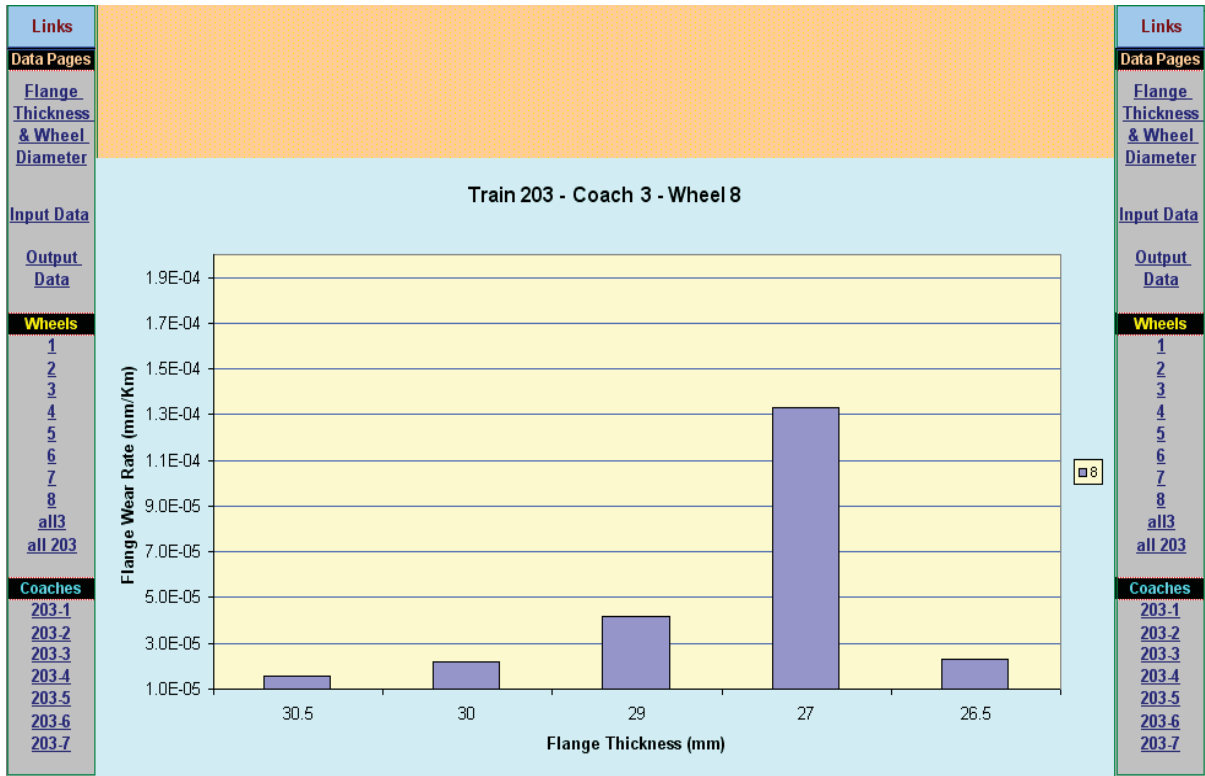
شکل ۴. نمودار ضخامت فلنج- کیلومتر کارکرد و تابع سایشی چرخ ۷ واگن ۱ قطار ۱۱۴ متروی تهران

Links	Date	Kilometer	Flange Thickness (mm)								Wheel Diameter (mm)								Links	
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8		
Data Pages	81/11/29	124072	24	26	26	28	25	29	27	26									Data Pages	
Flange Thickness & Wheel Diameter	82/4/7	153217	24.5	24	27	28	25	29	27	26									Flange Thickness & Wheel Diameter	
	82/8/21	184233	24	25.5	26	27.5	25	29	25.5	25.5										Input Data
	82/9/10	192000	25	24	27.5	26	29	25	26	26										
	82/11/20	207133	25	24	28	26	30	26	26	26										
	83/2/25	229133	24	24.5	26	28	25	29	26	26										
83/5/24	249573	30	26	29	29	31	29	30	27									Output Data		
83/9/28	265305	29	27.5	29.5	29.5	30	29	30.5	26.5									Output Data		
84/1/16	289982	29	29	29	28	30	29	30	27									Output Data		
Wheels																			Wheels	
1																			1	
2																			2	
3																			3	
4																			4	
5																			5	
6																			6	
7																			7	
8																			8	
all1																			all1	
all 107																			all 107	
Coaches																			Coaches	
107.1																			107.1	
107.2																			107.2	
107.3																			107.3	
107.4																			107.4	
107.5																			107.5	
107.6																			107.6	
107.7																			107.7	

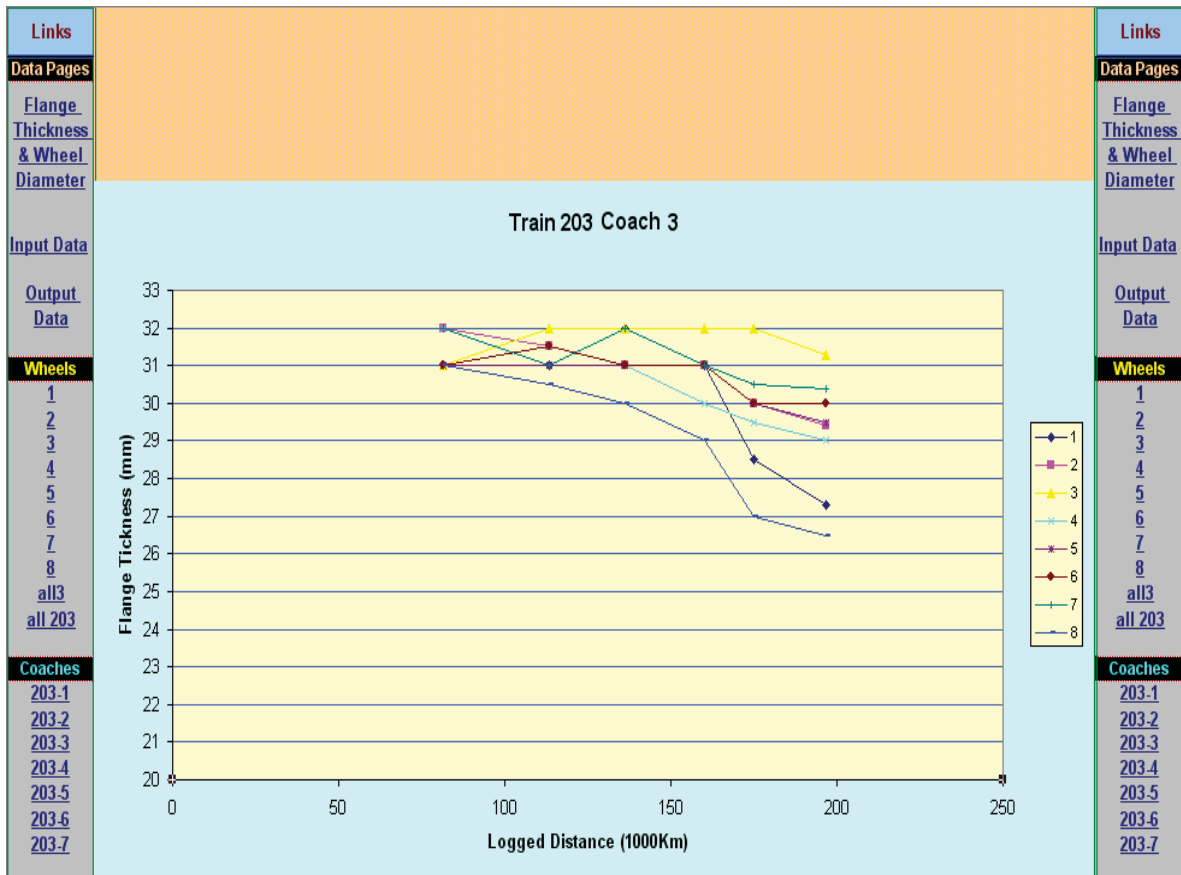
شکل ۵. بخش ورودی اطلاعات در نرم افزار جامع تعمیر و نگهداری چرخ قطار



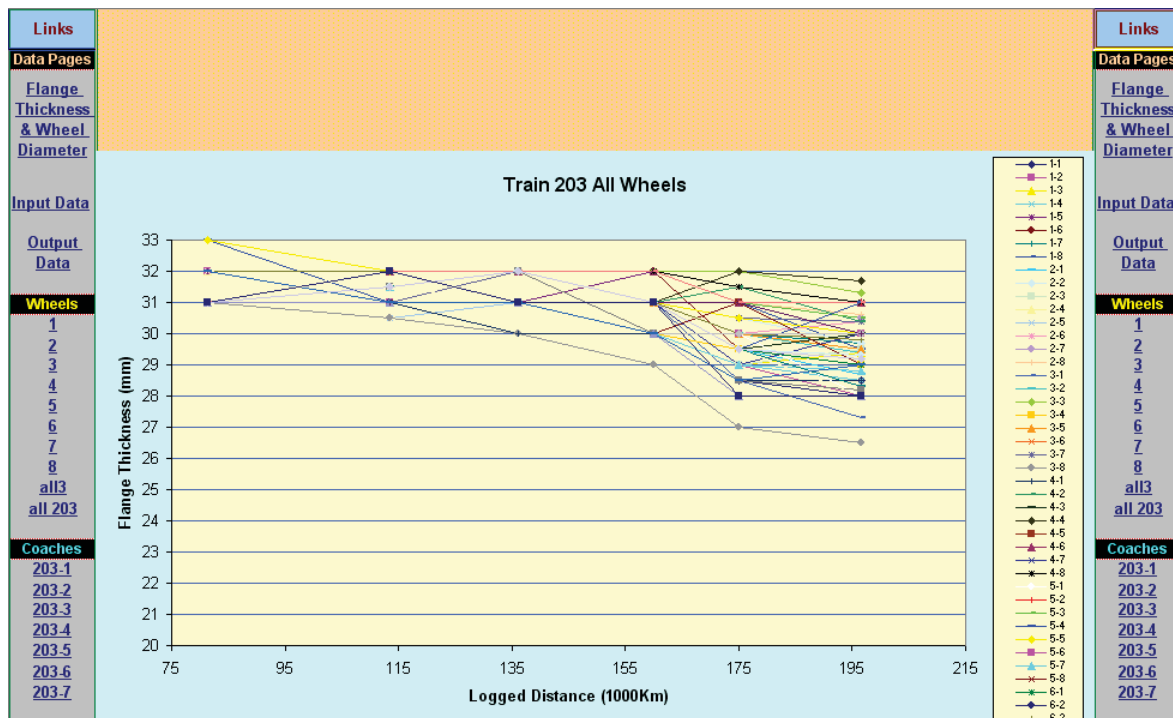
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

- شکل ۶. الف) نمودار ضخامت فلنج - کیلومتر از کارکرد برای چرخ ۸ واگن ۳ قطار ۲۰۳ متروی تهران  
 ب) تغییرات نرخ سایش چرخ ۸ واگن ۳ قطار ۲۰۳ متروی تهران  
 ج) نمودارهای ضخامت فلنج - کیلومتر از کارکرد چرخهای تمام واگن ۸ قطار ۲۰۳ متروی تهران  
 د) نمودارهای ضخامت فلنج - کیلومتر از کارکرد تمام چرخهای قطار ۲۰۳ متروی تهران

Links	Output Data										Links																																								
Data Pages	Latest Wheel Flange Wear Rate (mm/Km)										Data Pages																																								
Flange Thickness & Wheel Diameter	1	2	3	4	5	6	7	8	Coach	Train	Flange Thickness & Wheel Diameter																																								
Input Data	Previous Wheel Flange Wear Rate (mm/Km)										Input Data																																								
Output Data	1	2	3	4	5	6	7	8	Coach	Train	Output Data																																								
Wheels	Average Wheel Flange Wear Rate (mm/Km)										Wheels																																								
1	1	2	3	4	5	6	7	8	Coach	Train	1																																								
2	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">Reprofiling Kilometer</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Minimum</th> <th colspan="3">Maximum</th> <th>Average</th> </tr> <tr> <th>Coach</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Train</th> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> </table>										Reprofiling Kilometer								1	2	3	4	5	6	7	8	Minimum				Maximum			Average	Coach								Train								2
Reprofiling Kilometer																																																			
1											2	3	4	5	6	7	8																																		
Minimum											Maximum			Average																																					
Coach																																																			
Train																																																			
3	3	4	5	6	7	8	Coach	Train	3																																										
4	Average Wheel Flange Wear Rate (mm/Km)										4																																								
5	Reprofiling Kilometer										5																																								
6	Minimum										6																																								
7	Maximum										7																																								
8	Average										8																																								
all1	Coach										all1																																								
all 203	Train										all 203																																								
Coaches	Left Side Wear Rate		Right Side Wear Rate		Difference (mm/Km)		Turning Kilometer			Coaches																																									
203-1										203-1																																									
203-2										203-2																																									
203-3										203-3																																									
203-4										203-4																																									
203-5										203-5																																									
203-6										203-6																																									
203-7										203-7																																									
	Maximum Operated Distance (Km)																																																		

شکل ۷. قسمتی از خروجی های نرم افزار جامع تعمیر و نگهداری چرخ قطار



## ۵. نرم افزار جامع تعمیر و نگهداری چرخ قطار

از آنجا که تحلیل داده‌ها و پیش بینی وضعیت سایش از اهمیت خاصی برخوردار است، نرم افزاری تهیه شد تا اطلاعات حاصل را بتوان به سرعت پردازش و روند عملیات تعمیراتی را سریعاً کنترل کرد. در این نرم افزار بخشهای مختلفی به صورت زیر در نظر گرفته شده است.

### الف) ورودی‌ها

برای تشکیل بانک اطلاعاتی، ورودی‌های نرم افزار شامل نتایج اندازه‌گیری ضخامت فلنج چرخ به همراه کیلومترهای کارکرد و تاریخ اندازه‌گیری است. همچنین برای تعیین وضعیت چرخ حین رسیدن به حد تراش قطر چرخ نیز ثبت می‌شود. شکل ۵ نمایی از بخش ورودی (Input) نرم افزار را نشان می‌دهد. البته بسته به نوع خروجی مورد نظر، ورودی‌های دیگر نیز در نظر گرفته می‌شوند.

### ب) مانیتورینگ وضعیت سایش و نمودارهای آن

در این نرم افزار به محض ورود اطلاعات هر چرخ، نمودار ضخامت فلنج - کیلومترهای کارکرد و همچنین نمودارهایی که بیانگر روند تغییرات نرخ سایش هر چرخ است ترسیم می‌شوند. در این شرایط علاوه بر این که اپراتور از وضعیت سایش چرخ فوراً یک تصویر کلی و کامل به دست می‌آورد، در صورت وجود خطای اندازه‌گیری می‌تواند به اندازه‌گیری مجدد دستور دهد. شکل ۶ نمونه‌هایی از نمودارهای یاد شده را نشان می‌دهد.

### ج) خروجی‌های نرم افزار

پس از ورود اطلاعات علاوه بر مانیتورینگ وضعیت سایش موارد زیر نیز قابل دسترس‌اند:

- ۱- نرخ سایش هر چرخ در آخرین اندازه‌گیری
- ۲- نرخ سایش هر چرخ در اندازه‌گیری قبلی
- ۳- نرخ سایش کلی چرخ
- ۴- نرخ سایش کلی چرخ‌های هر واگن
- ۵- نرخ سایش کلی چرخ‌های هر قطار
- ۶- کیلومترهای که باید نسبت به تراش یا تعویض چرخ اقدام شود (در صورت ثبت تاریخ و مشخص بودن

برای این چرخ نرخ سایش در مقاطع مختلف به صورت زیر است:

$$W_1 = \frac{32 - 31.5}{65112 - 34808} = 1.64995 \times 10^{-5}$$

$$W_2 = \frac{31.5 - 30}{79375 - 65112} = 1.05167 \times 10^{-4}$$

$$W_3 = \frac{30 - 28.5}{114417 - 79375} = 4.28058 \times 10^{-5} \quad (۳)$$

$$W_4 = \frac{28.5 - 28}{133149 - 114417} = 2.66923 \times 10^{-5}$$

$$W_5 = \frac{28 - 27}{152715 - 133149} = 5.11091 \times 10^{-5}$$

و نرخ سایش کلی عبارتست از:

$$\text{mm/Km } W_i = 4.84548 \times 10^{-5} \quad (۴)$$

### ب) روش حداقل مربعات

در این مرحله با استفاده از روش حداقل مربعات بهترین خط عبوری از داده‌ها (نمودار ضخامت فلنج بر حسب مسافت پیموده شده) تعیین می‌شود [۱۲، ۱۳]. ضریب زاویه خط به دست آمده، نرخ سایش کلی چرخ است. در شکل ۴ تابع سایشی چرخ ۷ واگن ۱ قطار ۱۱۴ متروی تهران آمده است. بنابراین بر طبق این محاسبات نرخ سایش کلی چرخ ۷ واگن ۱ قطار ۱۱۴ متروی تهران  $W_i = 4.43045 \times 10^{-5}$  است. با توجه به این که حد مجاز ضخامت فلنج چرخ برای انواع چرخ‌های قطار معلوم است [۱۴]، می‌توان ابتدا با استفاده از روشهای یاد شده، تابع سایشی چرخ را به دست آورد و سپس از طریق آن تعیین کرد که ضخامت فلنج چرخ بدون تغییر شرایط بهره برداری در چه کیلومترهای به حد تراش خواهد رسید. به عنوان مثال برای چرخ ۷ واگن ۱ قطار ۱۱۴ متروی تهران با استفاده از دو روش یاد شده کیلومترهای که ضخامت فلنج چرخ به ۲۲mm (حد تراش) می‌رسد به صورت زیر است:

$$\text{روش اول} \leftarrow 255904 \text{ Km}$$

$$\text{روش دوم} \leftarrow 265878 \text{ Km}$$

همان طور که مشاهده می‌شود اختلاف میان دو روش کمتر از ۴٪ است. البته با احتساب یک ضریب مناسب می‌توان نقش این اختلاف را کم‌رنگ کرد، به گونه‌ای که همواره پیشگویی زودتر از موعد رسیدن ضخامت فلنج چرخ به حد تراش باشد نه دیرتر از آن.



5. Matsumotoa, A., Satoa, Y., Ohnoa, H., Tomeokab, M., Matsumotob, K., Oginob, T. Tanimotoc, M., Okad, Y. and Okanoc, M. (2005) "Improvement of bogie curving performance by using friction modifier to rail/wheel interface verification by full-scale rolling stand test", *Wear*, Vol. 258, pp.1201–1208.
6. Zakharov, S. M. and Zharov, I. A. (2005) "Criteria of bogie performance and wheel/rail wear prediction based on wayside measurements", *Wear*, Vol. 258, pp.1135–1141.
7. Telliskivi, T. and Olofsson, U. (2004) "Wheel–rail wear simulation", *Wear*, Vol. 257, pp.1145-1153.
8. Magel, E., Kalousek, J. and Caldwell, R. (2005) "A numerical simulation of wheel wear", *Wear*, Vol. 258, pp.1245–1254.
9. Braghin, F., Lewis, R., Dwyer-Joyce, R. S. and Bruni, S. (2006) "A mathematical model to predict railway wheel profile evolution due to wear", *Wear*, Vol. 260, pp. 890-895.
10. Sladkowski, A. Sitarz, M. (2005) "Analysis of wheel–rail interaction using FE software", *Wear*, Vol. 258, pp.1217–1223.
11. Jendel, T. (2002) "Prediction of wheel profile wear—comparisons with field measurements", *Wear*, Vol. 253, pp.89–99.
۱۲. بابلیان، اسماعیل و مالک نژاد، خسرو (۱۳۷۷) "محاسبات عددی"، تهران: انتشارات دانشگاه علم و صنعت.
۱۳. دوست کفگی، یوسف ابراهیم (۱۳۸۱) "محاسبات عددی" تهران: انتشارات بهمن برنا.
14. UIC Code 510-2 (2004) "Trailing stock, conditions concerning the use of wheels of various diameters with running gear of different types".

- کیلومتر از کارکرد روزانه هر قطار می‌توان این مورد را بهنگام اعلام کرد)
- ۷- زمانی که مجموعه تراش دهنده یا تعویض کننده چرخ باید برای عملیات آمادگی داشته باشند.
- ۸- کیلومتر از آن، سمت بهره برداری از قطار معکوس شود (تغییر جبهه قطار)
- ۹- مدیریت تجهیز انبار برای اطمینان از موجودی در زمان نیازمندی
- ۱۰- خروجیهای اضافی دیگر بسته به نیاز مجموعه قابل دسترس است که در صورت نیاز به ورودی خاص محل ورود اطلاعات خاص هم در نظر گرفته شده است.

## ۶. سپاسگزاری

از دانشکده مهندسی راه آهن دانشگاه علم و صنعت برای استفاده از پروفیل نگار Miniproff و از همکاری مدیریت شرکت متروی تهران و حومه و تمامی کارکنانی که به نحوی ما را در اندازه گیری و دستیابی به اطلاعات سایش چرخ‌ها یاری کردند، سپاسگزاری می‌شود.

## ۷. مراجع

1. Tomeokaa, M., Kabea, N., Tanimoto, M., Miyauchi, E and Nakata, M. (2002) "Friction control between wheel and rail by means of on-board lubrication", *Wear*, Vol. 253, pp.124–129
2. Lu, X., Cotter, J. and Eadie, D.T. (2005) "Laboratory study of the tribological properties of friction modifier thin films for friction control at the wheel/rail interface", *Wear*, Vol. 259, 1262-1269
3. R. Enblom, R. and Berg, M. (2005) "Simulation of railway wheel profile development due to wear-influence of disc braking and contact environment", *Wear*, Vol. 258, 1055–1063.
4. Shevtsov, I. Y., Markine, V. L. and Esveld, C. (2005) "Optimal design of wheel profile for railway vehicles", *Wear*, Vol. 258, pp.1022–1030

## Research Note:

### Application of Wheel Wear Monitoring in Planning Train Maintenance

*M. Ansari, B.Sc. Graduate, Department of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*A. Owhadi, Assistant Professor, Department of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*M.A. Rezvani, Assistant Professor, Department of Railway Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.*

*E-mail: m\_ansari@ mail.iust.ac.ir*

#### ABSTRACT

Wheel wear is a common problem in railway industry. Determination of the train wheel wear trend is very important in this industry, especially in subway system. That's why; it is possible to have better maintenance planning by determining wheel wear trend. Comparison of obtained wear shows whether the wear condition will be acceptable or not, and will help to correct the direction characteristic and another parameters which are effective in wear. Life prediction is also important, so in different cases, such as wheel/rail, there are different criteria and methods for predicting the life of the components, being worn. In this paper, a method is proposed in order to determine and predict the wheel wear trend.. Determining this trend needs a complete databank of system wear condition. Therefore, in different logged distances, the wheel thickness of flange in the second line of Tehran subway was measured by gauge and by miniprof during thirty months. These information were imported to the prepared software, capable of fast and reliable processing of data. Our output data is flange wear rates in different periods and situations. By using these data, it will be possible to have better management on wheel maintenance and predict logged distance in which the wheels should be re-profiled and replaced. The period that the fleet will not be available for service can also be estimated. Meanwhile, the accuracy of results might be proved by comparing them with field measurements. Therefore, the wheel stock management parameters, wheel re-profiling and replacing timetable are obtained.

**Keywords:** Wear, train wheel, wear trend, maintenance planning.