

# شتابدهی سخت‌افزاری پیش‌بینی عمر باقی‌مانده مفید دستگاه‌های دوار با استفاده از شبکه عصبی ترنسفرمر بر بستر FPGA

رضا آدینه پور

استاد راهنما: جناب آقای دکتر مرتضی صاحب‌الزمانی  
دانشکده مهندسی کامپیوتر / دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
adinepour@aut.ac.ir



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
( پلی تکنیک تهران )

۱۶ اردیبهشت ۱۴۰۳



دانشکده مهندسی کامپیوتر

## فهرست

مقدمه

۱

مفاهیم اولیه

۲

- اولین زمان پیش‌بینی (FPT) و زمان پایان عمر (EOL)
- عمر باقی‌مانده مفید
- ساختار ترنسفرمر

مبانی

۳

- متن ساده

## قسمت ۱

# مقدمه

## چرا بلبرینگ؟

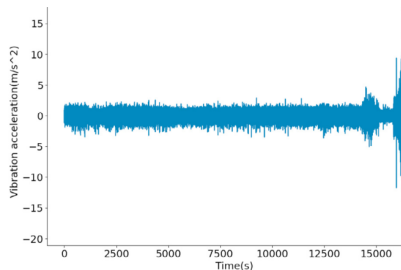
❶ یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین قطعه صنعتی است و در تمام ابزارهای صنعتی حضور گسترده دارد

• خودروها

• توربین‌ها

• ژنراتورها

❷ به دلیل بار زیاد، زودتر از قطعات دیگر تخریب می‌شوند



## قسمت ۲

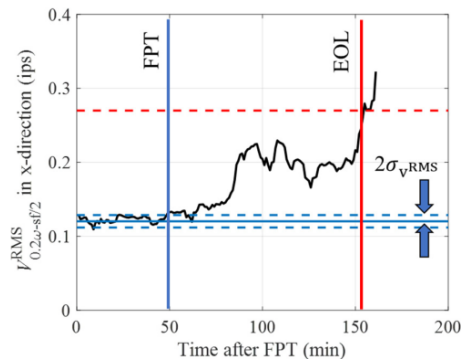
# مفاهیم اولیه

## اولین زمان پیش‌بینی (FPT) و زمان پایان عمر (EOL)

❶ FPT: اولین زمانی که علائم خرابی در سیگنال ظاهر می‌شود

- معمولاً سیستم داغ می‌شود و به لرزش می‌افتد
- نویز سیستم زیاد می‌شود

❷ EOL: پایان عمر سیستم



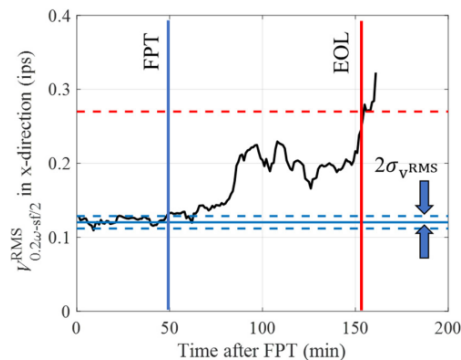
شکل ۲: بازه زمانی عمر سیستم

## اولین زمان پیش‌بینی (FPT) و زمان پایان عمر (EOL)

۱ FPT: اولین زمانی که علائم خرابی در سیگنال ظاهر می‌شود

- معمولاً سیستم داغ می‌شود و به لرزش می‌افتد
- نویز سیستم زیاد می‌شود

۲ EOL: پایان عمر سیستم



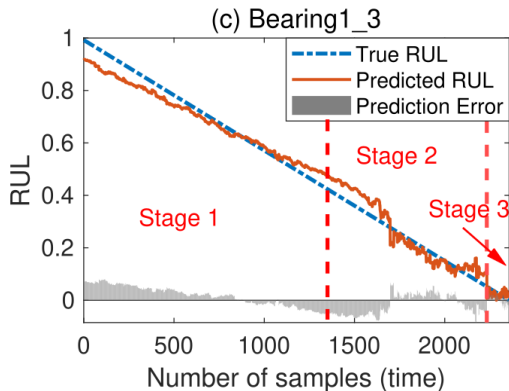
شکل ۲: بازه زمانی عمر سیستم

$$V_{0.2\omega - \frac{sf}{2}}^{RMS} = \sqrt{\sum_{f=0.2\omega}^{\frac{sf}{2}} \frac{|V(f)|^2}{2}}, sf = 25.6 KHz \quad (1)$$

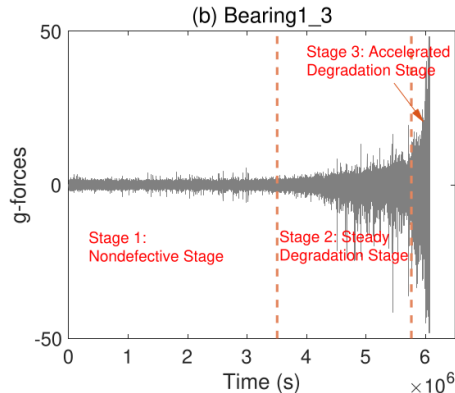
$$RUL(t) = T_{EOF} - T_{FPT} \quad (2)$$

## عمر باقی مانده مفید

فرایند تخریب و عمر باقی مانده مفید یک سیستم  $\equiv$  تابعی خطی با شیب ۴۵-



(ب) تابع تخریب RUL



(آ) سیگنال ارتعاشات بلبرینگ



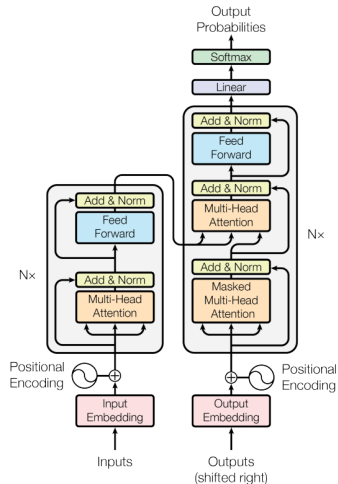
## ساختار ترنسفرمر

## ۱ Encoder

- Multi-Head Attention
- Feed Forward

## ۲ Decoder

- Multi-Head Attention
- Feed Forward
- Linear
- Softmax



## قسمت ۳

# مبانی

این یک نمونه بسیار ساده از اسلاید است که با بیمار و زی‌پرشین ساخته شده است. از فونت آزاد XB Roya برای این اسلاید استفاده شده است. این فونت در اینترنت موجود است و باید روی کامپیوتر شما نصب شده باشد یا در فولدر قابل دسترس برای زی‌لاتک باشد. تنظیمات اندکی در بخش آغازین برای اصلاح لیست‌ها و عنوان اسلایدها اضافه شده است. همچنین نحوه شماره‌گذاری تصاویر و جدول‌ها تنظیم شده است. بسیاری از تم‌های استاندارد بیمار با این الگو قابل استفاده است. استفاده از پانویس توصیه نمی‌شود. سفارش می‌شود که جدول فهرست مطالب به شکل دستی باشد. این اسلاید با بسیاری از تم‌های بیمار کار میکند اگرچه ممکن است اشکالاتی وجود داشته باشد.