

SEER：基于自动Patch增强与替换的鲁棒性时间序列预测模型研究报告

摘要 (Abstract)

本报告针对现实世界时间序列数据中普遍存在的低质量问题（如缺失值、分布偏移、异常值和白噪声）进行了深入研究。现有基于Patch的方法通常利用所有Patch进行建模，未能有效过滤包含低质量信息的Patch，从而导致预测性能下降。本研究介绍了一种名为 **SEER** 的新型Transformer框架，通过“增强嵌入模块”和“可学习的Patch替换模块”来解决上述问题。实验结果表明，SEER在多种低质量数据场景下表现出了卓越的鲁棒性，并在多个基准数据集上取得了最先进（SOTA）的预测精度。

1. 引言与背景 (Introduction & Background)

1.1 研究背景

时间序列预测在经济、交通、医疗和能源等领域至关重要。近年来，基于Patch（分块）的方法（如PatchTST）通过将时间序列划分为具有语义意义的片段，显著提高了捕捉长程依赖的能力。

1.2 问题陈述

然而，现实世界的的数据收集过程面临诸多挑战，导致数据质量下降：

- 缺失值 (Missing Values)**：传感器故障或传输中断导致。
- 分布偏移 (Distribution Shift)**：数据生成机制随时间演变。
- 异常值 (Anomalies)**：系统故障或突发事件引入。
- 白噪声 (White Noise)**：传感器采集过程中不可避免的噪声。

这些因素导致部分Patch包含无效或负面信息，如果模型不加筛选地使用这些Patch，会导致性能恶化。

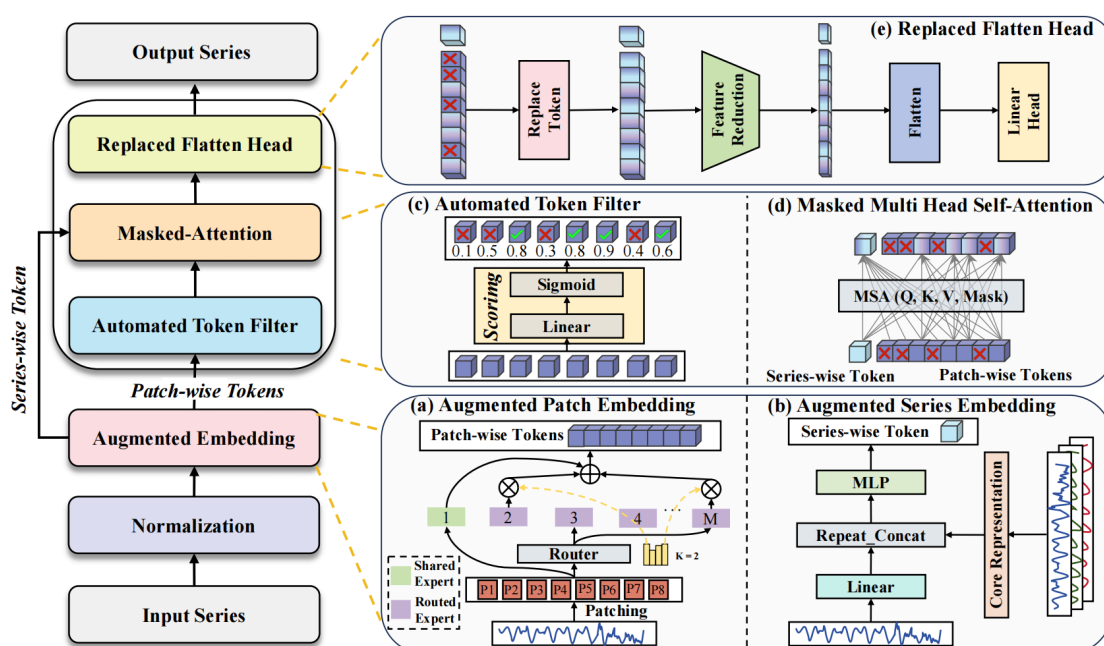
1.3 本文贡献

本研究提出了SEER框架，核心贡献包括：

1. 设计了**增强嵌入模块 (Augmented Embedding Module)**，利用混合专家 (MoE) 架构增强Patch表示。
2. 提出了可学习的**Patch替换模块 (Learnable Patch Replacement Module)**，动态剔除负面Patch并利用全局优化的序列级Token填补语义空白。

2. 方法论 (Methodology)

SEER框架旨在通过双尺度（Patch级和Series级）表示增强以及动态替换机制来提高算法的准确性和鲁棒性。



2.1 增强嵌入模块 (Augmented Embedding Module)

该模块旨在解决非鲁棒时间序列中表示能力不足的问题。

- **增强Patch嵌入 (Augmented Patch Embedding):** 并没有使用单一的线性投影，而是采用了 **混合专家 (Mixture-of-Experts, MoE)** 架构。通过路由机制 (Routing Mechanism) 自适应地聚合具有相似模式的Patch，构建多个异构线性表示空间，从而丰富Patch的语义特征。
- **增强序列嵌入 (Augmented Series Embedding):** 利用通道自适应感知机制 (Channel-adaptive perception mechanism) 来捕获时间序列的全局时序模式，生成序列级Token (Series-wise Token) 作为后续替换的“原型”。

2.2 可学习的Patch替换模块 (Learnable Patch Replacement Module)

这是SEER提升鲁棒性的核心，包含三个阶段：

1. 自动Token过滤 (Automated Token Filter)：

- 通过一个评分机制 (Scoring Mechanism) 评估每个Patch的质量。
- 动态识别并剔除含有噪声或无信息的负面Patch。
- 公式化表示为利用Sigmoid函数生成分数，并根据阈值 τ 生成保留或过滤的掩码。

2. 掩码多头自注意力 (Masked Multi Head Self-Attention)：

- 在保留的Patch Token和全局Series Token之间建立依赖关系。
- 利用掩码机制隔离已被过滤的Token，仅让“好”的Token与全局Token进行交互，从而优化全局表示。

3. 替换Flatten头 (Replaced Flatten Head)：

- 使用经过全局优化的Series Token来**替换**掉第一步中被过滤掉的Patch Token。
- 这填补了过滤操作留下的语义空白，最后通过自适应降维投影压缩关键信息并进行预测。

3. 实验设置 (Experimental Settings)

3.1 数据集

实验在9个知名的预测基准数据集上进行，涵盖多个领域：

- ETT (4个子集)
- Weather, Exchange, Electricity, Solar, Traffic

3.2 基线模型 (Baselines)

对比了10个基线模型，包括2025年的最新SOTA模型：

- **2025 SOTA:** DUET, TimeKAN, xPatch, TimePro, Amplifier
- **经典/近期SOTA:** iTransformer, PatchTST, TimesNet, DLinear

3.3 评估指标

采用 均方误差 (MSE) 和 平均绝对误差 (MAE) 作为评估指标。

4. 结果与分析 (Results & Analysis)

4.1 主实验结果

- SEER在绝大多数情况下表现优异。在45个MSE设置中获得了33个第一，在35个MAE设置中获得了42个第一。
- 与第二好的基线模型（DUET）相比，SEER的MSE平均降低了4.2%，MAE平均降低了3.5%。
- 即便在数据质量较低的数据集（如Exchange和ETT）上，SEER依然保持了良好的性能，验证了替换模块的有效性。

| Models | | SEER (ours) | | DUET (2025) | | TimeKAN (2025) | | xPatch (2025) | | TimePro (2025) | | Amplifier (2025) | | Fredformer (2024) | | iTransformer (2024) | | PatchTST (2023) | | TimesNet (2023) | | DLinear (2023) | |
|-----------------------|-----|----------------|--------------|----------------|--------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|-------------------|-------|---------------------|-------|----------------------|-------|------------------------|-------|--------------------|--------------|--------------------|-------|-------------------|-------|
| Metrics | | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae |
| ETTh1 | 96 | 0.365 | 0.384 | 0.377 | 0.393 | <u>0.374</u> | 0.391 | 0.378 | <u>0.390</u> | 0.375 | 0.398 | 0.376 | 0.393 | 0.378 | 0.395 | 0.386 | 0.405 | 0.414 | 0.419 | 0.384 | 0.402 | 0.397 | 0.412 |
| | 192 | 0.414 | 0.416 | 0.429 | 0.425 | <u>0.421</u> | 0.421 | 0.433 | <u>0.420</u> | 0.427 | 0.429 | 0.442 | 0.430 | 0.435 | 0.424 | 0.441 | 0.436 | 0.460 | 0.445 | 0.436 | 0.429 | 0.446 | 0.441 |
| | 336 | 0.449 | 0.437 | 0.471 | 0.446 | <u>0.464</u> | <u>0.440</u> | 0.484 | 0.445 | 0.472 | 0.450 | 0.478 | 0.446 | 0.485 | 0.447 | 0.487 | 0.458 | 0.501 | 0.466 | 0.491 | 0.469 | 0.489 | 0.467 |
| | 720 | 0.451 | 0.457 | 0.496 | 0.480 | <u>0.466</u> | <u>0.462</u> | 0.480 | <u>0.462</u> | 0.476 | 0.474 | 0.501 | 0.479 | 0.496 | 0.472 | 0.503 | 0.491 | 0.500 | 0.488 | 0.521 | 0.500 | 0.513 | 0.510 |
| | avg | 0.420 | 0.424 | 0.443 | 0.436 | <u>0.431</u> | <u>0.429</u> | 0.444 | 0.429 | 0.438 | 0.438 | 0.449 | 0.437 | 0.448 | 0.435 | 0.454 | 0.448 | 0.469 | 0.455 | 0.458 | 0.450 | 0.461 | 0.458 |
| ETTh2 | 96 | 0.282 | 0.330 | 0.296 | 0.345 | 0.293 | 0.343 | <u>0.287</u> | <u>0.332</u> | 0.293 | 0.345 | 0.298 | 0.347 | 0.291 | 0.342 | 0.297 | 0.349 | 0.302 | 0.348 | 0.340 | 0.374 | 0.340 | 0.394 |
| | 192 | 0.358 | 0.377 | 0.368 | 0.389 | 0.375 | 0.396 | <u>0.360</u> | <u>0.382</u> | 0.367 | 0.394 | 0.378 | 0.401 | 0.372 | 0.390 | 0.380 | 0.400 | 0.388 | 0.400 | 0.402 | 0.414 | 0.482 | 0.479 |
| | 336 | 0.401 | 0.413 | 0.411 | 0.422 | 0.429 | 0.441 | 0.417 | <u>0.421</u> | 0.419 | 0.431 | 0.428 | 0.437 | 0.419 | 0.431 | 0.428 | 0.432 | 0.426 | 0.433 | 0.452 | 0.452 | 0.591 | 0.541 |
| | 720 | 0.388 | 0.418 | 0.412 | 0.434 | 0.466 | 0.468 | <u>0.412</u> | <u>0.433</u> | 0.427 | 0.445 | 0.452 | 0.460 | 0.431 | 0.450 | 0.427 | 0.445 | 0.431 | 0.446 | 0.462 | 0.468 | 0.839 | 0.661 |
| | avg | 0.357 | 0.385 | 0.372 | 0.397 | 0.391 | 0.412 | <u>0.369</u> | <u>0.392</u> | 0.377 | 0.403 | 0.389 | 0.411 | 0.378 | 0.403 | 0.383 | 0.407 | 0.387 | 0.407 | 0.414 | 0.427 | 0.563 | 0.519 |
| ETTm1 | 96 | 0.308 | 0.338 | 0.324 | 0.354 | 0.327 | 0.365 | <u>0.316</u> | <u>0.343</u> | 0.326 | 0.364 | 0.318 | 0.356 | 0.326 | 0.361 | 0.334 | 0.368 | 0.329 | 0.367 | 0.338 | 0.375 | 0.346 | 0.374 |
| | 192 | 0.362 | 0.369 | 0.369 | 0.379 | 0.363 | 0.387 | 0.369 | 0.369 | 0.367 | 0.383 | 0.362 | 0.381 | 0.363 | 0.384 | 0.377 | 0.391 | 0.367 | 0.385 | 0.374 | 0.387 | 0.382 | 0.391 |
| | 336 | 0.394 | 0.389 | 0.404 | 0.402 | 0.389 | 0.407 | 0.401 | <u>0.392</u> | 0.402 | 0.409 | 0.393 | 0.404 | 0.395 | 0.406 | 0.426 | 0.420 | 0.399 | 0.410 | 0.410 | 0.411 | 0.415 | 0.415 |
| | 720 | 0.458 | <u>0.432</u> | 0.463 | 0.437 | 0.457 | 0.445 | 0.461 | 0.429 | 0.469 | 0.446 | 0.460 | 0.442 | <u>0.456</u> | 0.441 | 0.491 | 0.459 | 0.454 | 0.439 | 0.478 | 0.450 | 0.473 | 0.451 |
| | avg | 0.381 | 0.382 | 0.390 | 0.393 | 0.384 | 0.401 | 0.387 | <u>0.383</u> | 0.391 | 0.400 | <u>0.383</u> | 0.396 | 0.385 | 0.398 | 0.407 | 0.410 | 0.387 | 0.400 | 0.400 | 0.406 | 0.404 | 0.408 |
| ETTm2 | 96 | 0.171 | 0.250 | 0.174 | 0.255 | 0.178 | 0.262 | 0.174 | <u>0.252</u> | 0.178 | 0.260 | 0.178 | 0.261 | 0.177 | 0.258 | 0.180 | 0.264 | 0.175 | 0.259 | 0.187 | 0.267 | 0.193 | 0.293 |
| | 192 | 0.238 | 0.294 | 0.243 | 0.302 | 0.244 | 0.308 | 0.240 | <u>0.297</u> | 0.242 | 0.303 | 0.243 | 0.303 | 0.243 | 0.301 | 0.250 | 0.309 | 0.241 | 0.302 | 0.249 | 0.309 | 0.284 | 0.361 |
| | 336 | 0.296 | 0.331 | 0.304 | 0.341 | 0.305 | 0.346 | 0.302 | <u>0.335</u> | 0.303 | 0.342 | 0.305 | 0.344 | 0.302 | 0.340 | 0.311 | 0.348 | 0.305 | 0.343 | 0.321 | 0.351 | 0.382 | 0.429 |
| | 720 | <u>0.396</u> | 0.390 | 0.399 | 0.397 | 0.402 | 0.404 | 0.403 | <u>0.393</u> | 0.400 | 0.399 | 0.393 | 0.397 | 0.404 | 0.398 | 0.412 | 0.407 | 0.402 | 0.400 | 0.408 | 0.403 | 0.558 | 0.525 |
| | avg | 0.275 | 0.316 | 0.280 | 0.324 | 0.282 | 0.330 | <u>0.280</u> | <u>0.319</u> | 0.281 | 0.326 | <u>0.280</u> | 0.326 | 0.281 | 0.324 | 0.288 | 0.332 | 0.281 | 0.326 | 0.291 | 0.333 | 0.354 | 0.402 |
| Weather | 96 | 0.162 | 0.198 | 0.163 | 0.202 | 0.164 | 0.210 | 0.166 | <u>0.202</u> | 0.166 | 0.207 | 0.165 | 0.210 | 0.163 | 0.207 | 0.174 | 0.214 | 0.177 | 0.218 | 0.172 | 0.220 | 0.195 | 0.252 |
| | 192 | 0.211 | 0.242 | 0.218 | 0.252 | 0.209 | 0.250 | 0.210 | 0.242 | 0.216 | 0.254 | 0.212 | 0.253 | 0.224 | 0.258 | 0.221 | 0.254 | 0.225 | 0.259 | 0.219 | 0.261 | 0.237 | 0.295 |
| | 336 | 0.268 | 0.284 | 0.274 | 0.294 | 0.264 | 0.290 | 0.267 | 0.284 | 0.273 | 0.296 | 0.267 | 0.293 | 0.278 | 0.298 | 0.278 | 0.296 | 0.278 | 0.297 | 0.280 | 0.306 | 0.282 | 0.331 |
| | 720 | 0.344 | 0.336 | 0.349 | 0.343 | 0.343 | 0.342 | 0.344 | 0.335 | 0.351 | 0.346 | 0.344 | 0.342 | 0.357 | 0.350 | 0.358 | 0.349 | 0.354 | 0.348 | 0.365 | 0.359 | 0.345 | 0.382 |
| | avg | 0.246 | 0.265 | 0.251 | 0.273 | 0.245 | 0.273 | 0.247 | <u>0.266</u> | 0.251 | 0.276 | 0.247 | 0.275 | 0.256 | 0.278 | 0.258 | 0.278 | 0.259 | 0.281 | 0.259 | 0.287 | 0.265 | 0.315 |
| Solar | 96 | 0.185 | 0.201 | 0.200 | 0.207 | 0.228 | 0.254 | 0.234 | 0.245 | 0.196 | 0.237 | 0.186 | 0.232 | 0.189 | 0.236 | 0.203 | 0.237 | 0.234 | 0.286 | 0.250 | 0.292 | 0.290 | 0.378 |
| | 192 | 0.220 | 0.222 | 0.228 | 0.233 | 0.241 | 0.284 | 0.265 | 0.262 | 0.231 | 0.263 | 0.231 | 0.264 | 0.227 | 0.259 | 0.233 | 0.261 | 0.267 | 0.310 | 0.296 | 0.318 | 0.320 | 0.398 |
| | 336 | <u>0.237</u> | 0.239 | 0.262 | <u>0.244</u> | 0.273 | 0.292 | 0.301 | 0.280 | 0.250 | 0.281 | 0.234 | 0.263 | 0.243 | 0.286 | 0.248 | 0.273 | 0.290 | 0.315 | 0.319 | 0.330 | 0.353 | 0.415 |
| | 720 | <u>0.245</u> | 0.241 | 0.258 | <u>0.249</u> | 0.279 | 0.297 | 0.308 | 0.284 | 0.253 | 0.285 | 0.238 | 0.265 | 0.250 | 0.285 | 0.249 | 0.275 | 0.289 | 0.317 | 0.338 | 0.337 | 0.357 | 0.413 |
| | avg | 0.222 | 0.226 | 0.237 | <u>0.233</u> | 0.232 | 0.266 | 0.277 | 0.268 | 0.232 | 0.266 | <u>0.222</u> | 0.256 | 0.227 | 0.267 | 0.233 | 0.262 | 0.270 | 0.307 | 0.301 | 0.319 | 0.330 | 0.401 |
| Exchange | 96 | 0.080 | 0.198 | 0.086 | 0.205 | 0.083 | 0.202 | <u>0.081</u> | 0.198 | 0.085 | 0.204 | 0.089 | 0.207 | 0.084 | 0.202 | 0.086 | 0.206 | 0.088 | 0.205 | 0.107 | 0.234 | 0.088 | 0.218 |
| | 192 | 0.169 | 0.291 | 0.182 | 0.305 | 0.179 | 0.301 | 0.175 | 0.296 | 0.178 | 0.299 | 0.175 | 0.299 | 0.171 | 0.292 | 0.177 | 0.299 | 0.176 | 0.299 | 0.226 | 0.344 | 0.176 | 0.315 |
| | 336 | 0.319 | 0.408 | 0.310 | 0.403 | 0.331 | 0.417 | 0.342 | 0.422 | 0.328 | 0.414 | 0.356 | 0.433 | 0.316 | 0.406 | 0.331 | 0.417 | 0.301 | 0.397 | 0.367 | 0.448 | 0.313 | 0.427 |
| | 720 | 0.681 | 0.621 | <u>0.693</u> | <u>0.624</u> | <u>0.693</u> | <u>0.624</u> | 0.843 | 0.692 | 0.817 | 0.679 | 0.888 | 0.711 | 0.850 | 0.693 | 0.847 | 0.691 | 0.901 | 0.714 | 0.964 | 0.746 | 0.839 | 0.695 |
| | avg | 0.312 | 0.380 | 0.318 | 0.384 | 0.322 | 0.386 | 0.360 | 0.402 | 0.352 | 0.399 | 0.377 | 0.412 | 0.355 | 0.398 | 0.360 | 0.403 | 0.367 | 0.404 | 0.416 | 0.443 | 0.354 | 0.414 |
| Electricity | 96 | 0.142 | 0.225 | 0.145 | <u>0.233</u> | 0.174 | 0.266 | 0.160 | 0.244 | 0.139 | 0.234 | 0.149 | 0.245 | 0.148 | 0.242 | 0.148 | 0.240 | 0.195 | 0.285 | 0.168 | 0.272 | 0.210 | 0.302 |
| | 192 | <u>0.158</u> | 0.240 | 0.163 | <u>0.248</u> | 0.182 | 0.273 | 0.169 | 0.253 | 0.156 | 0.249 | 0.165 | 0.260 | 0.165 | 0.257 | 0.162 | 0.253 | 0.199 | 0.289 | 0.184 | 0.289 | 0.210 | 0.305 |
| | 336 | 0.174 | 0.258 | 0.175 | <u>0.262</u> | 0.197 | 0.286 | 0.185 | 0.268 | 0.172 | 0.267 | 0.176 | 0.271 | 0.180 | 0.274 | 0.178 | 0.269 | 0.215 | 0.305 | 0.198 | 0.300 | 0.223 | 0.319 |
| | 720 | 0.199 | 0.279 | <u>0.204</u> | <u>0.291</u> | 0.236 | 0.320 | 0.221 | 0.300 | 0.209 | 0.299 | 0.204 | 0.296 | 0.218 | 0.305 | 0.225 | 0.317 | 0.256 | 0.337 | 0.220 | 0.320 | 0.258 | 0.350 |
| | avg | 0.168 | 0.250 | 0.172 | <u>0.258</u> | 0.197 | 0.286 | 0.184 | 0.266 | <u>0.169</u> | 0.262 | 0.174 | 0.268 | 0.178 | 0.270 | 0.178 | 0.270 | 0.216 | 0.304 | 0.193 | 0.295 | 0.225 | 0.319 |
| Traffic | 96 | 0.392 | 0.236 | 0.407 | 0.252 | 0.423 | 0.286 | 0.475 | 0.279 | 0.426 | 0.292 | 0.450 | 0.295 | 0.403 | 0.274 | 0.395 | 0.268 | 0.544 | 0.359 | 0.593 | 0.321 | 0.650 | 0.396 |
| | 192 | 0.417 | 0.240 | 0.431 | 0.262 | 0.442 | 0.295 | 0.486 | 0.277 | 0.439 | 0.298 | 0.489 | 0.311 | 0.429 | 0.289 | 0.417 | 0.276 | 0.540 | 0.354 | 0.617 | 0.336 | 0.598 | 0.370 |
| | 336 | 0.430 | 0.247 | 0.456 | 0.269 | 0.473 | 0.335 | 0.500 | 0.280 | 0.449 | 0.307 | 0.484 | 0.321 | 0.441 | 0.295 | 0.433 | 0.283 | 0.551 | 0.358 | 0.629 | 0.336 | 0.605 | 0.373 |
| | 720 | 0.450 | 0.259 | 0.509 | <u>0.292</u> | 0.481 | 0.357 | 0.537 | 0.295 | 0.475 | 0.309 | 0.517 | 0.333 | <u>0.463</u> | 0.300 | 0.467 | 0.302 | 0.586 | 0.375 | 0.640 | 0.350 | 0.645 | 0.394 |
| | avg | 0.422 | 0.245 | 0.451 | <u>0.269</u> | 0.455 | 0.318 | 0.500 | 0.283 | 0.447 | 0.302 | 0.485 | 0.315 | 0.434 | 0.289 | <u>0.428</u> | 0.282 | 0.555 | 0.362 | 0.620 | 0.336 | 0.625 | 0.383 |
| 1 st Count | 33 | 42 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 6 | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

- **结果：** 如下图表所示，SEER在所有四种低质量数据条件下均表现出最小的性能下降，优于DLinear、TimesNet等增强了鲁棒性插件的模型。
- 特别是在分布偏移场景下，SEER表现出了极强的泛化能力。

| Models | Missing Values | | Distribution Shift | | Anomalies | | White Noise | |
|--------------|----------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Metrics | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae |
| DLinear | 0.170 | 0.264 | 0.179 | 0.273 | 0.182 | 0.277 | 0.166 | 0.259 |
| DUET | 0.166 | 0.256 | 0.164 | 0.259 | 0.179 | 0.264 | 0.172 | 0.256 |
| TimesNet | 0.198 | 0.284 | 0.202 | 0.285 | 0.208 | 0.292 | 0.198 | 0.283 |
| iTransformer | 0.181 | 0.273 | 0.187 | 0.279 | 0.188 | 0.278 | 0.180 | 0.273 |
| SEER | 0.165 | 0.250 | 0.167 | 0.254 | 0.173 | 0.259 | 0.163 | 0.252 |

4.3 消融实验 (Ablation Studies)

对SEER的各个组件进行了移除测试，以验证其贡献：

- **w/o MoE:** 性能在复杂数据集（如ETTh2）上下降，证明MoE对增强复杂模式表示的重要性。
- **w/o Token Filter:** 性能显著下降，证明过滤噪声Token对维持精度至关重要。
- **w/o Replace Token:** 如果不使用全局优化的Token进行替换，性能大幅下降，证明了“填补语义空白”步骤的必要性。

| Datasets | ETTh2 | | ETTm2 | | Weather | | Solar | |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Metrics | mse | mae | mse | mae | mse | mae | mse | mae |
| w/o Mixture-of-Experts | 0.361 | 0.390 | 0.280 | 0.322 | 0.249 | 0.267 | 0.228 | 0.232 |
| w/o Token Filter | 0.366 | 0.390 | 0.288 | 0.326 | 0.250 | 0.269 | 0.228 | 0.231 |
| w/o Feature Reduction | 0.368 | 0.392 | 0.277 | 0.318 | 0.248 | 0.267 | 0.226 | 0.229 |
| w/o Replace Token | 0.365 | 0.389 | 0.278 | 0.318 | 0.249 | 0.268 | 0.227 | 0.228 |
| SEER | 0.357 | 0.385 | 0.275 | 0.316 | 0.246 | 0.265 | 0.222 | 0.226 |

4.4 参数敏感性分析 (Parameter Sensitivity Analysis)

为了验证关键超参数对模型性能的影响，研究针对以下四个方面进行了敏感性分析：

1. 专家数量 (Number of Experts):

- **观察：** 在 ETTh2 数据集上，随着 MoE 中专家数量的增加，模型性能呈现提升趋势。

- **结论：** 专家数量的增加有助于模型捕捉更复杂的模式，这对于像 ETTh2 这种非平稳数据集尤为重要。

2. Patch 长度 (Patch Length):

- **观察：** 大多数数据集在 Patch 长度设置为 **16 或 24** 时达到最佳性能。
- **结论：** Patch 长度过小或过大都会导致性能下降，适中的长度最有利于特征提取。

3. 缩放比例 (Scaling Ratio):

- **观察：** 在特征降维（Feature Reduction）模块，缩放比例设置为 **0.5 或 0.75**，效果最佳。
- **结论：** 这表明特征压缩不仅能减少模型参数，还能一定程度通过压缩信息来提升预测性能。

4. 评分阈值 (Score Threshold):

- **观察：** 在自动 Token 过滤器模块中，当评分阈值设置为**非零值**，大多数数据集的表现最好。
- **结论：** 这一结果证实了适度丢弃那些具有负面影响的 Token（即噪声或无效信息）确实能增强模型的整体表现。

5. 结论 (Conclusion)

SEER框架通过引入MoE增强的嵌入层和创新的“过滤-交互-替换”机制，成功解决了低质量时间序列数据对预测模型的干扰。该模型不仅在标准基准测试中达到了SOTA水平，更在面对缺失、噪声和漂移数据时展现了卓越的鲁棒性，为高可靠性的时间序列预测提供了新的解决方案。

10244511415 沈天恩