



FluNexus: 用于甲型流感病毒抗原预测与可视化的多功能网络平台

李幸一¹, 周春艳¹, 吴涵¹, 肖可昕¹, 郝军¹, 赵董旻¹, 邓国华², 李玥³, 辜嘉⁴, 蔡伟刚⁵,
朱军楠⁶, 彭佳杰¹, 李敏⁷, 刘艳³, 尚学群¹, 陈化兰², 孔晖晖²

¹西北工业大学计算机学院

²中国农业科学院哈尔滨兽医研究所动物疫病防控全国重点实验室

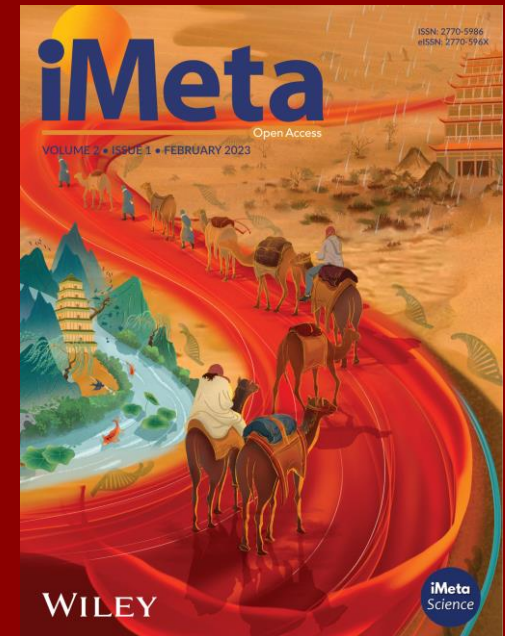
³中国农业科学院长春兽医研究所

⁴澳门城市大学数据科学学院

⁵全球流感中心弗朗西斯·克里克研究所

⁶中国科学院自动化研究所多模态人工智能系统全国重点实验室

⁷中南大学计算机学院



Xingyi Li, Chunyan Zhou, Han Wu, Kexin Xiao, Jun Hao, Dongmin Zhao, Guohua Deng, et al. 2026. FluNexus: a versatile web platform for antigenic prediction and visualization of influenza A viruses. *iMeta* 5: e70127.

<https://doi.org/10.1002/imt2.70127>

背景

甲型流感病毒因其高变异率和潜在的大流行风险，对全球公共卫生构成重大威胁

接种疫苗是控制季节性流感和禽流感和的首要策略

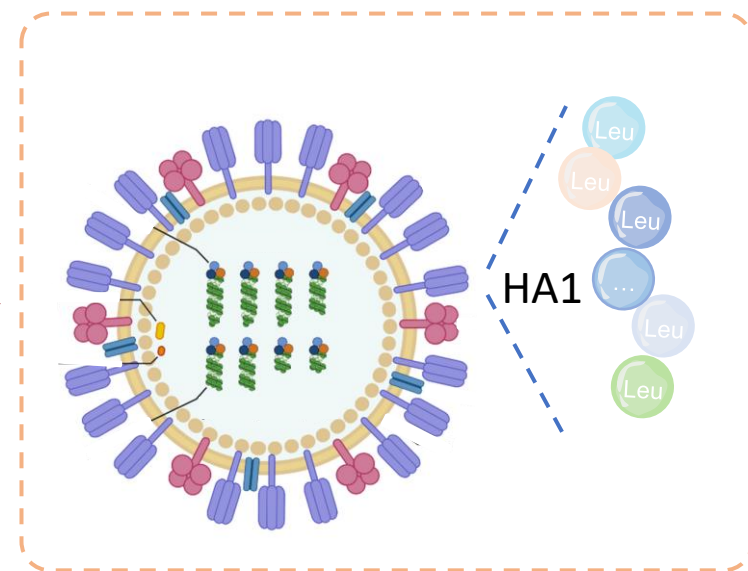


血清学检测

Components	Interaction	Microtiter Results
RBCs		No Reaction
Virus + RBCs		Hemagglutination
Virus + Antibody + RBCs		Hemagglutination Inhibition

- 耗时费力，且通量较低

病毒基因组数据



- 病毒基因组数据的积累

背景

抗原图谱

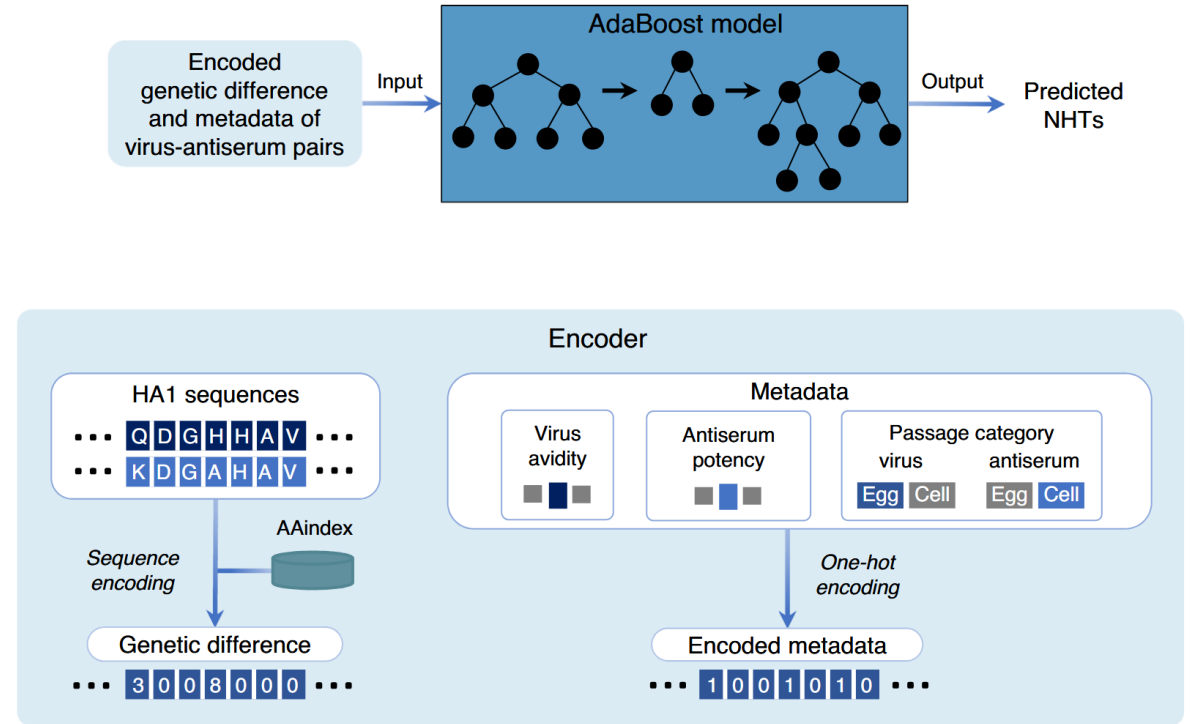
- Racmacs
- AntigenMap 3D
- MC-MDS

机器学习

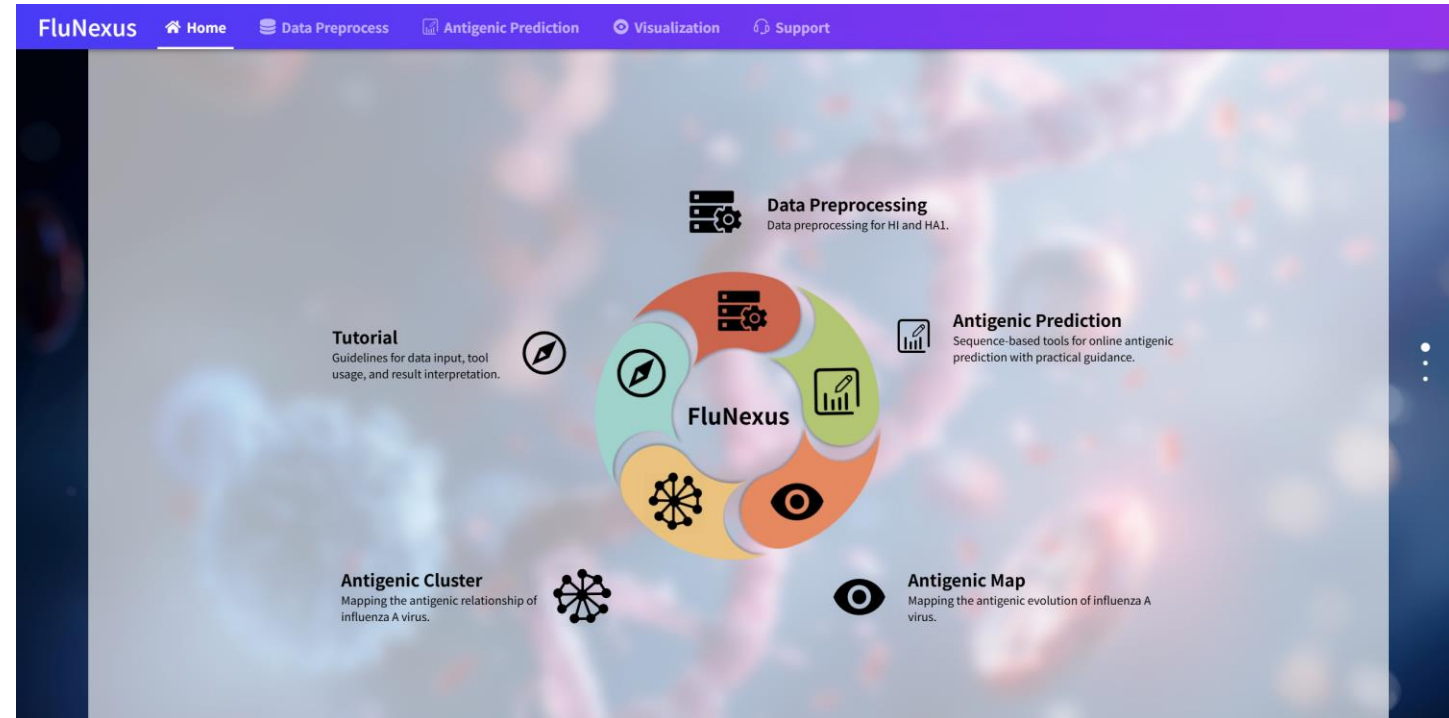
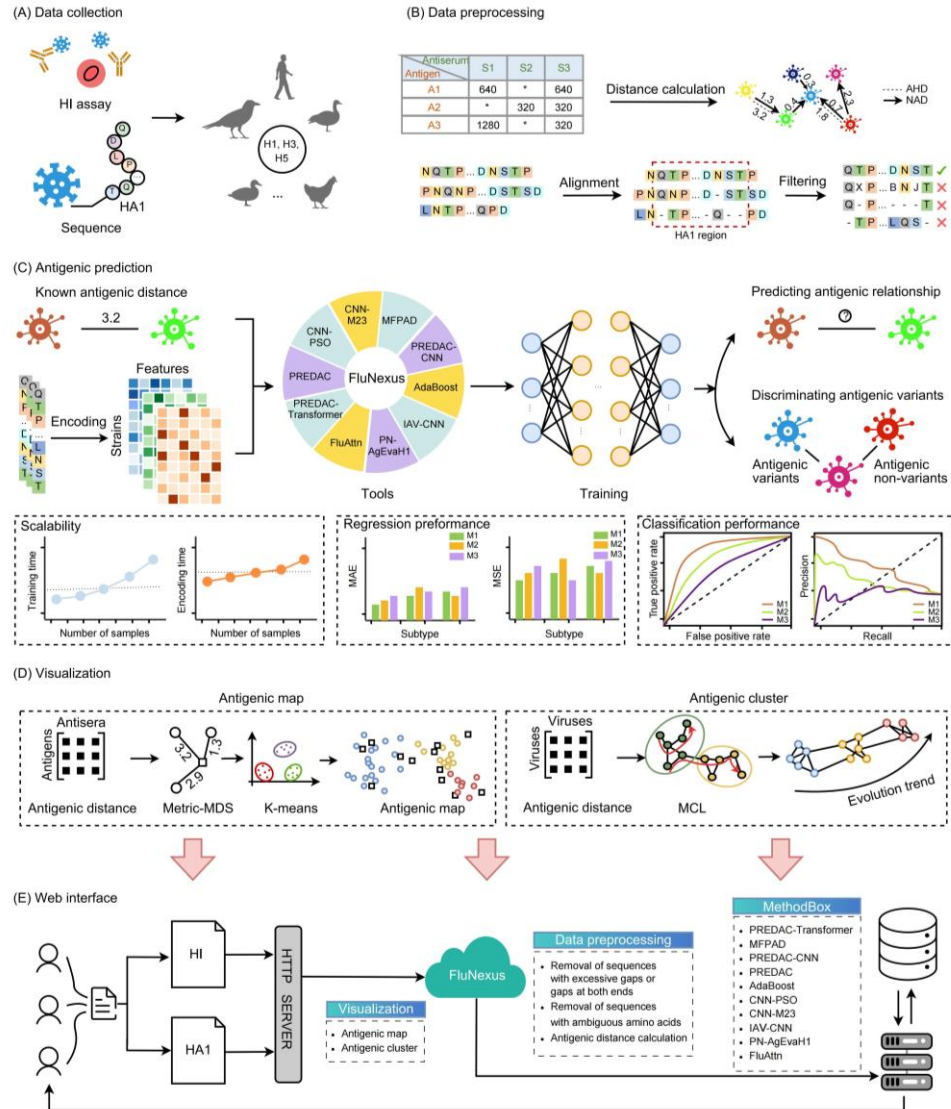
- PREDAC
- MFPAD
- AdaBoost
- PN-AgEvaH1

深度学习

- CNN-M23
- CNN-PSO
- PREDAC-CNN
- IAV-CNN
- FluAttn
- PREDAC-Transformer



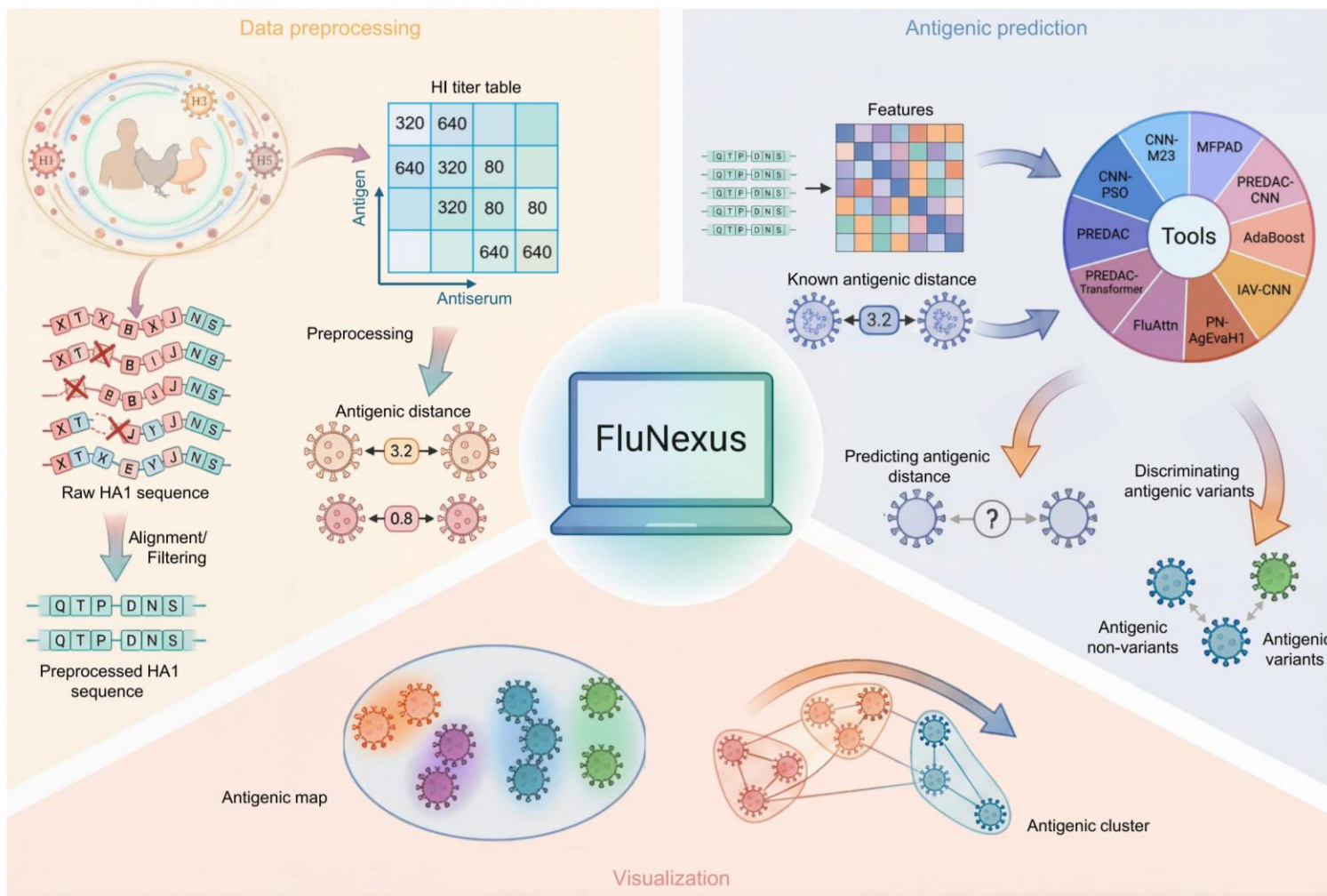
FluNexus: 抗原预测和可视化平台



<https://flunexus.com/>

FluNexus的框架图

亮点



- FluNexus提供了一个数据预处理模块，用于预处理甲型流感病毒的HA1和HI数据
- FluNexus集成了十种最先进的抗原预测工具，支持在线抗原预测分析，并结合各工具的性能评估结果为用户提供实用指导
- FluNexus提供了一个可视化模块，用于绘制甲型流感病毒的抗原进化图谱，其中包含一种本研究提出的基于流形的新型抗原制图方法

数据预处理

The screenshot displays the FluNexus 'Data Preprocess' interface. It features a navigation bar with 'Home', 'Data Preprocess', 'Antigenic Prediction', 'Visualization', and 'Support'. The main content area is divided into several sections:

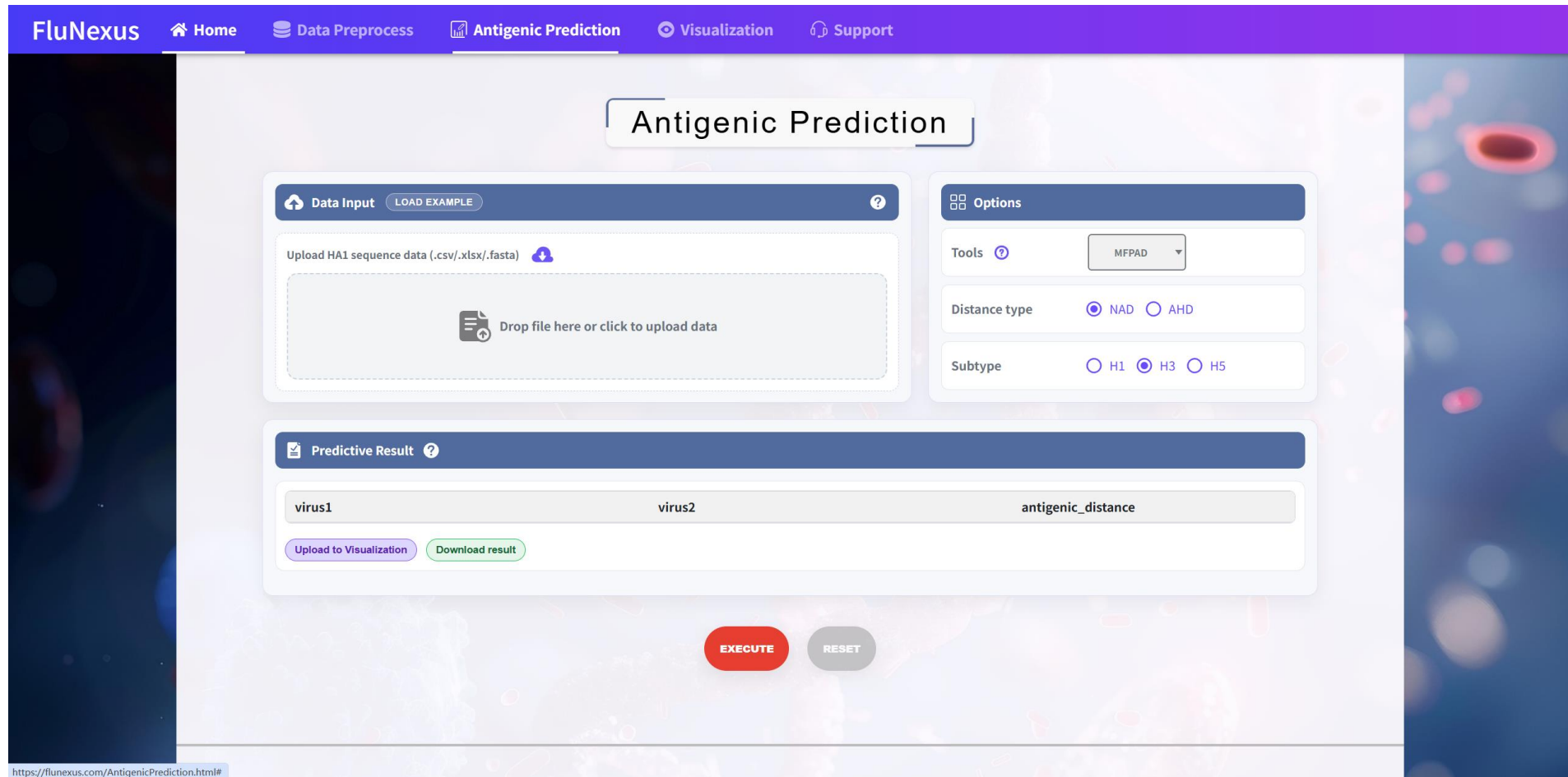
- Data Input:** Contains two upload boxes. The first is for 'HA1 sequence data (.fasta)' with a file named 'HA1_preprocess_H3.fasta' (33.59KB). The second is for 'HI data (.csv/.xlsx)' with a file named 'HI_preprocess_H3.csv' (54.26KB).
- Options:** Includes toggle switches for 'Preprocess HA1' and 'Preprocess HI', both of which are turned on. Below these are radio buttons for 'Subtype' with 'H3' selected, and 'H1' and 'H5' options.
- HA1 Preprocessing Options:** Contains three toggle switches: 'Remove ambiguous amino acids', 'Remove sequences with gaps at both ends', and 'Remove sequences with high gap ratio', all of which are turned on.
- HI Preprocessing Options:** Includes a 'Distance type' section with radio buttons for 'NAD' (selected) and 'AHD'.
- Preprocessed Data:** A table showing the results of the preprocessing for HA1 data.

virus	sequence
A/BI/16190/1968	QDLPGNDISATLCLGHHAVPNGTLVKITIDDDQIEVTNATELVQSSSTGKICNNPHRILDGINCTLIDALLGDPHCDVFDQETWDLFVERSKAFSNICYPYDVPDYASLRSLVASSGTLFEITEGFTWTGVTQNGGSNACKRGP SGFFSRLNHLTKSGSTYPVNLVNTMPNNDNFDKLYIIGVHHPSNTNQEQTSLYVQASGRVTVSTRSQQTIIIPNIGSRPWVWGLSSRISLYMTIVKPGDVLVINSIGNLIAPRGYFKMRTGKSSIMRSDAPIDTCISECITP PNDKPFQVNIKITYGACPKYVQNTLKLATGMRNVPEKQT
A/BI/16398/1968	QDLPGNDISATLCLGHHAVPNGTLVKITIDDDQIEVTNATELVQSSSTGKICNNPHRILDGINCTLIDALLGDPHCDVFDQETWDLFVERSKAFSNICYPYDVPDYASLRSLVASSGTLFEITEGFTWTGVTQNGGSNACKRGP SGFFSRLNHLTKSGSTYPVNLVNTMPNNDNFDKLYIIGVHHPSNTNQEQTSLYVQASGRVTVSTRSQQTIIIPNIGSRPWVWGLSSRISLYMTIVKPGDVLVINSIGNLIAPRGYFKMRTGKSSIMRSDAPIDTCISECITP PNDKPFQVNIKITYGACPKYVQNTLKLATGMRNVPEKQT
A/HK/1/1968	QDLPGNDISATLCLGHHAVPNGTLVKITIDDDQIEVTNATELVQSSSTGKICNNPHRILDGINCTLIDALLGDPHCDVFDQETWDLFVERSKAFSNICYPYDVPDYASLRSLVASSGTLFEITEGFTWTGVTQNGGSNACKRGP SGFFSRLNHLTKSGSTYPVNLVNTMPNNDNFDKLYIIGVHHPSNTNQEQTSLYVQASGRVTVSTRSQQTIIIPNIGSRPWVWGLSSRISLYMTIVKPGDVLVINSIGNLIAPRGYFKMRTGKSSIMRSDAPIDTCISECITP PNDKPFQVNIKITYGACPKYVQNTLKLATGMRNVPEKQT

<https://flunexus.com/DataPreprocessing.html/>

FluNexus提供了一个数据预处理流程，用户可在“Data Preprocess”页面上处理自己上传的数据

抗原预测工具

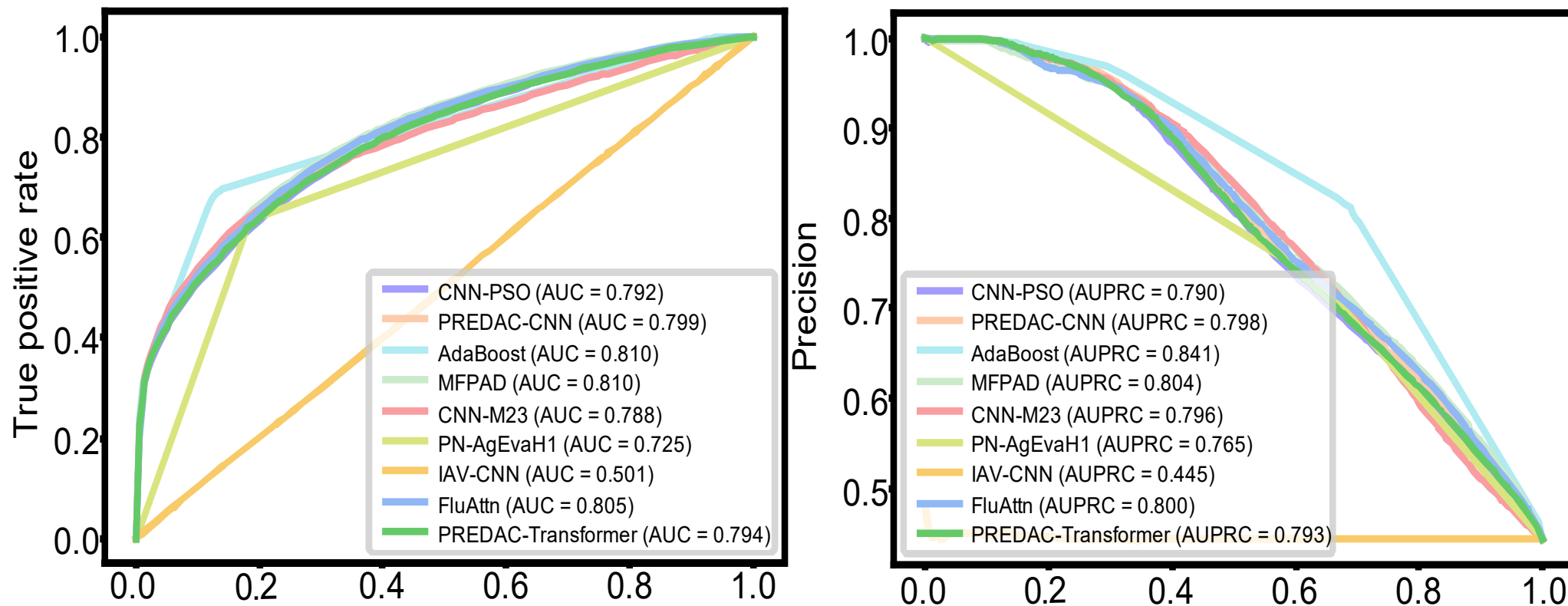


<https://flunexus.com/AntigenicPrediction.html/>

FluNexus提供了十种基于序列的抗原预测工具的在线和开源实现。这些工具包括 PREDAC、CNN-M23、CNN-PSO、MFPAD、PREDAC-CNN、AdaBoost、IAV-CNN、PN-AgEvaH1、PREDAC-Transformer以及FluAttn

抗原预测方法的基准评估

Cross-validation

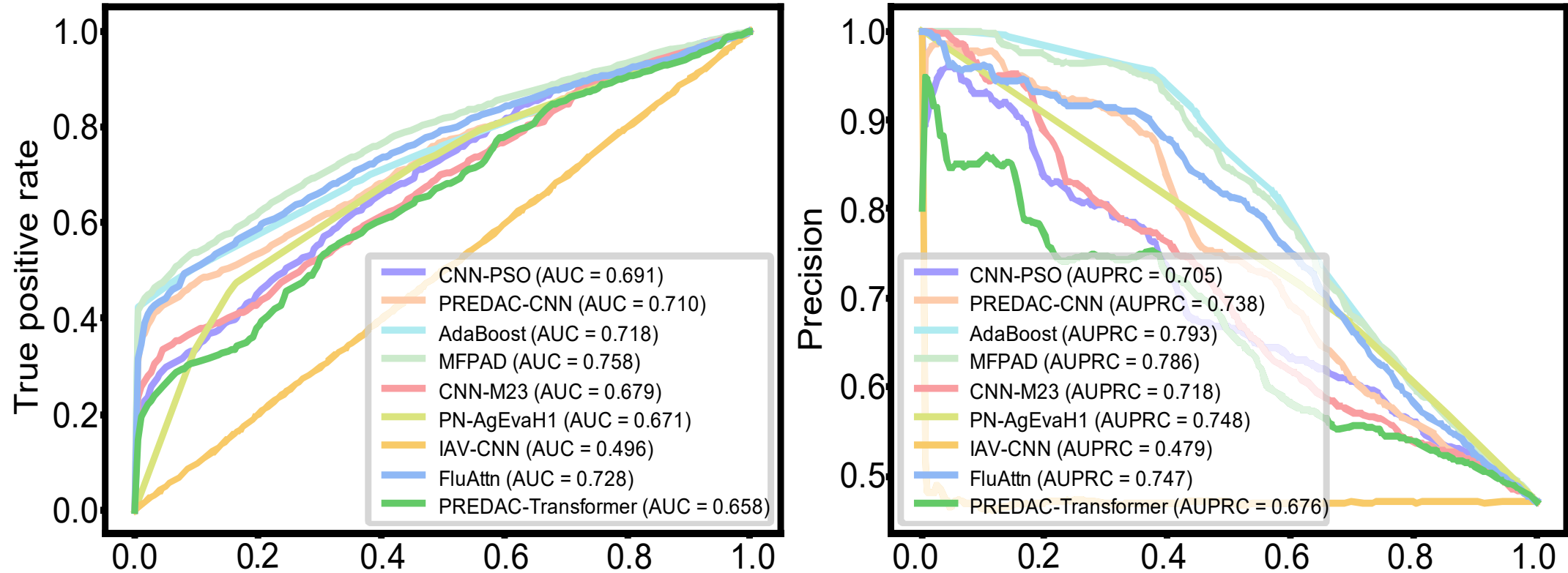


不同方法在抗原变异体与非变异体方面的比较



抗原预测方法的基准评估

Retrospective test

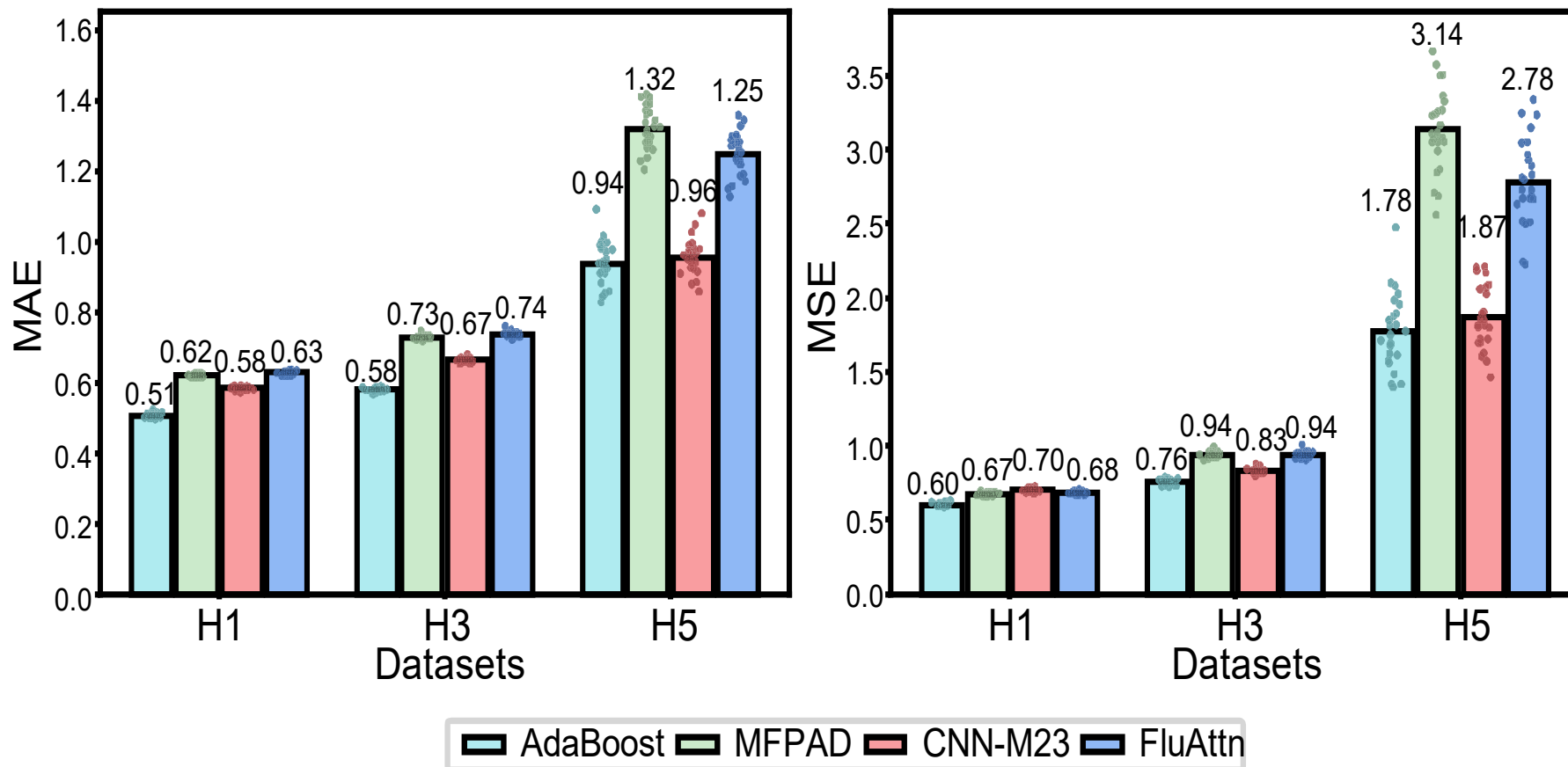


不同方法在抗原变异体与非变异体方面的比较



抗原预测方法的基准评估

Cross-validation

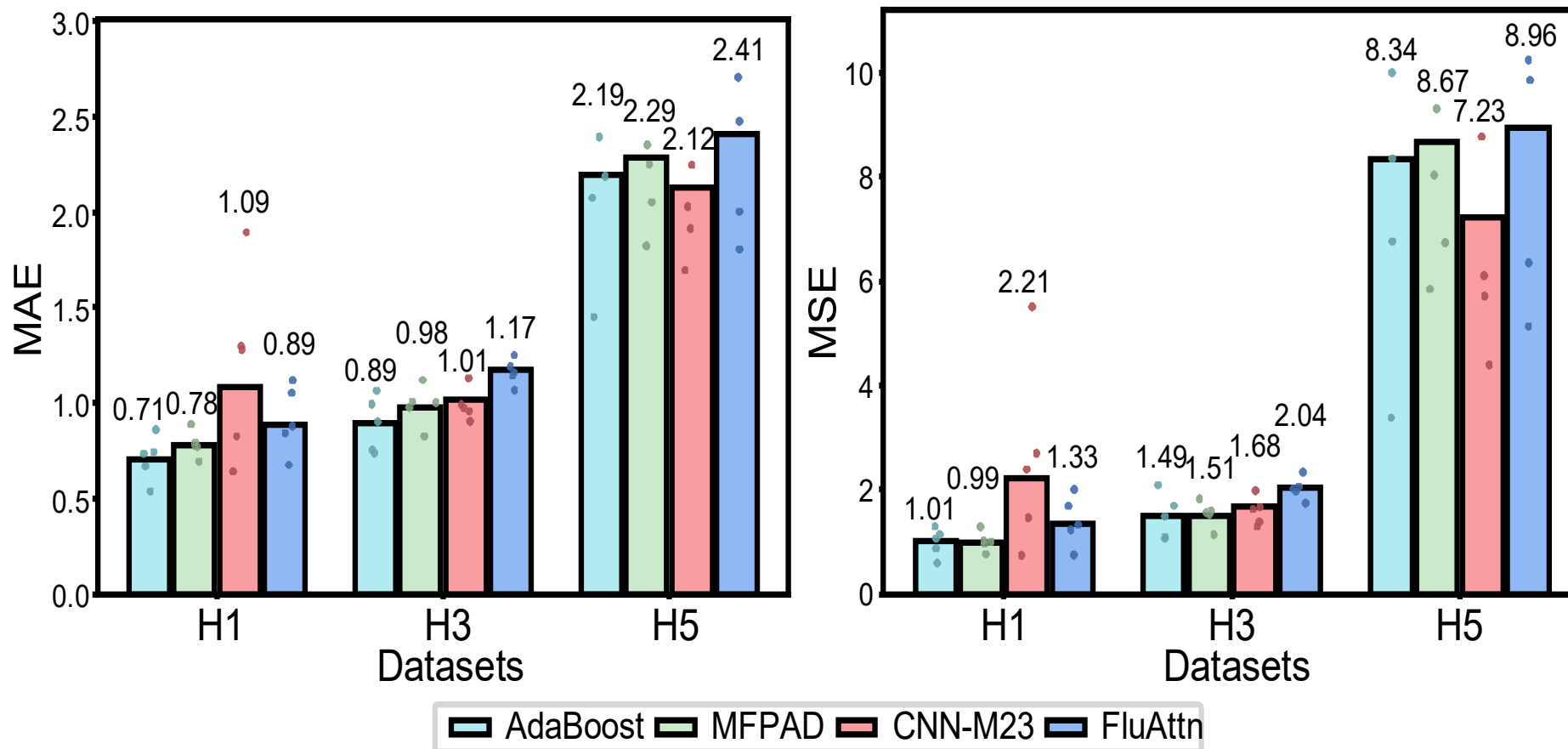


不同方法在推断抗原距离准确性方面的比较



抗原预测方法的基准评估

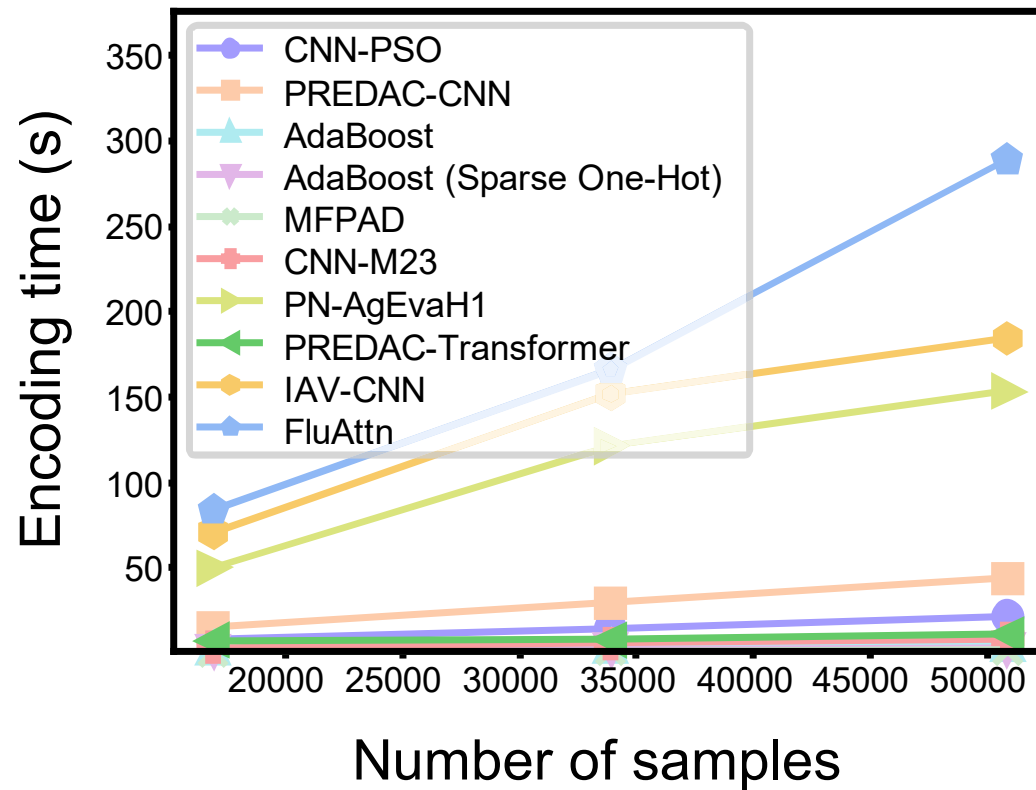
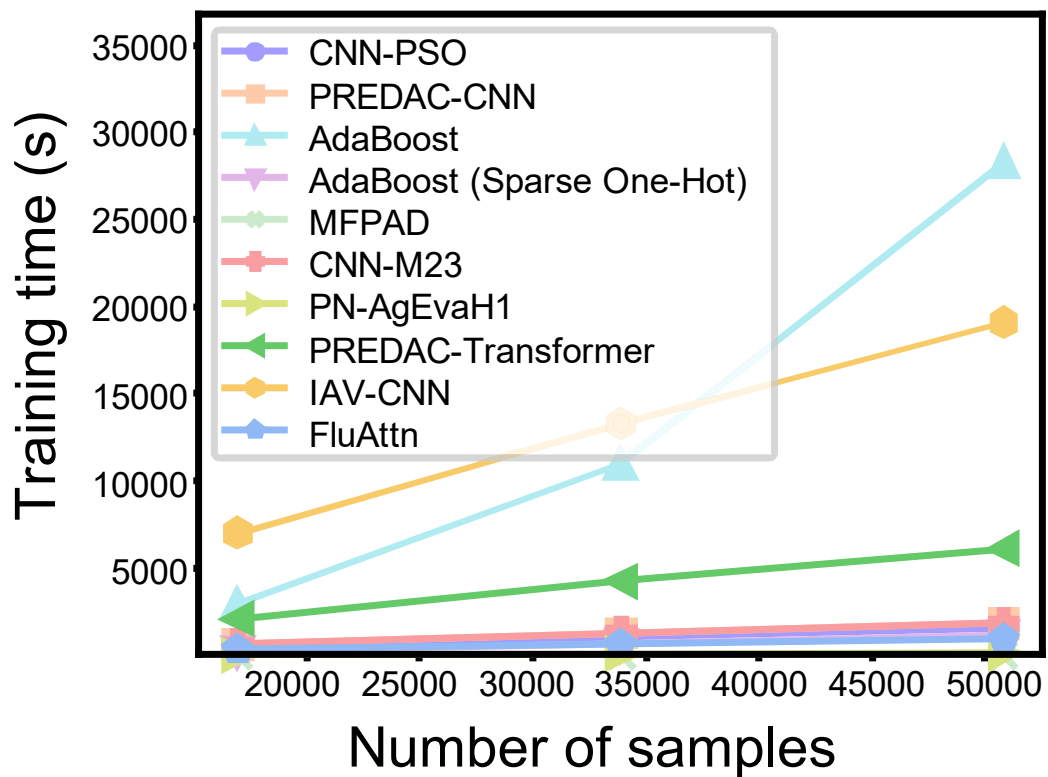
Retrospective test



不同方法在推断抗原距离准确性方面的比较



抗原预测方法的基准评估



不同方法在特征编码时间和训练时间方面的比较



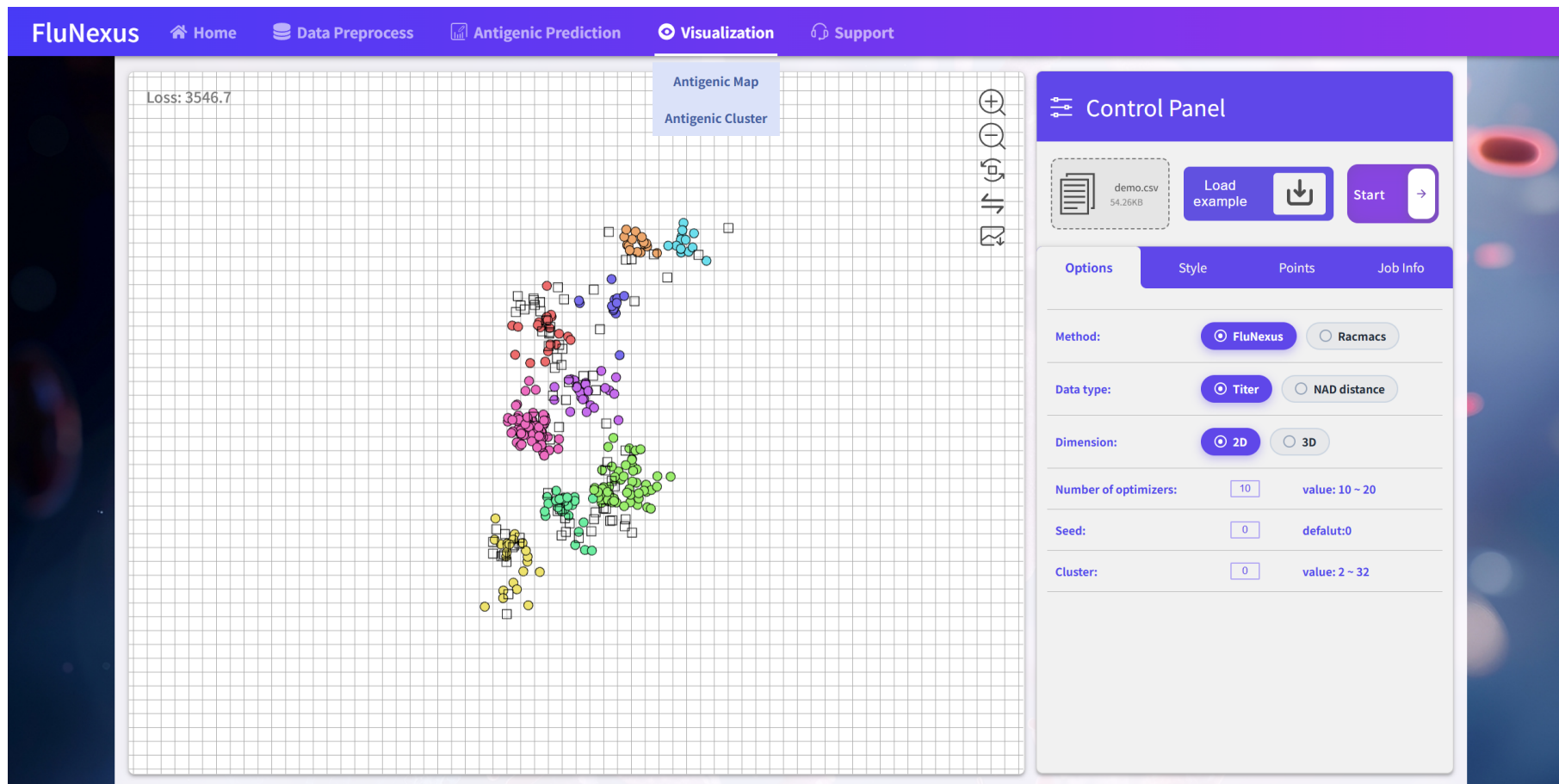
抗原预测方法的基准评估

Method	Meta information	PR-AUC			ROC-AUC			MAE			MSE			
		Distance	H1	H3	H5	H1	H3	H5	H1	H3	H5	H1	H3	H5
Deep learning based	IAV-CNN	☹️							-	-	-	-	-	-
	FluAttn	😊												
	PREDAC-Transformer	☹️			-			-	-	-	-	-	-	-
	PREDAC-CNN	☹️			-			-	-	-	-	-	-	-
	CNN-PSO	☹️							-	-	-	-	-	-
	CNN-M23	😊												
Machine learning based	PN-AgEvaH1	☹️							-	-	-	-	-	
	MFPAD	😊												
	PREDAC	☹️	-		-	-		-	-	-	-	-	-	
	AdaBoost	😊												

- : Not applicable 😊 : Capable of predicting antigenic distance ☹️ : Incapable of predicting antigenic distance

方法的性能总结

抗原进化图谱的优化与可视化



抗原图谱:

<https://https://flunexus.com/atmap.html/>

抗原聚类:

<https://https://flunexus.com/mcl.html/>

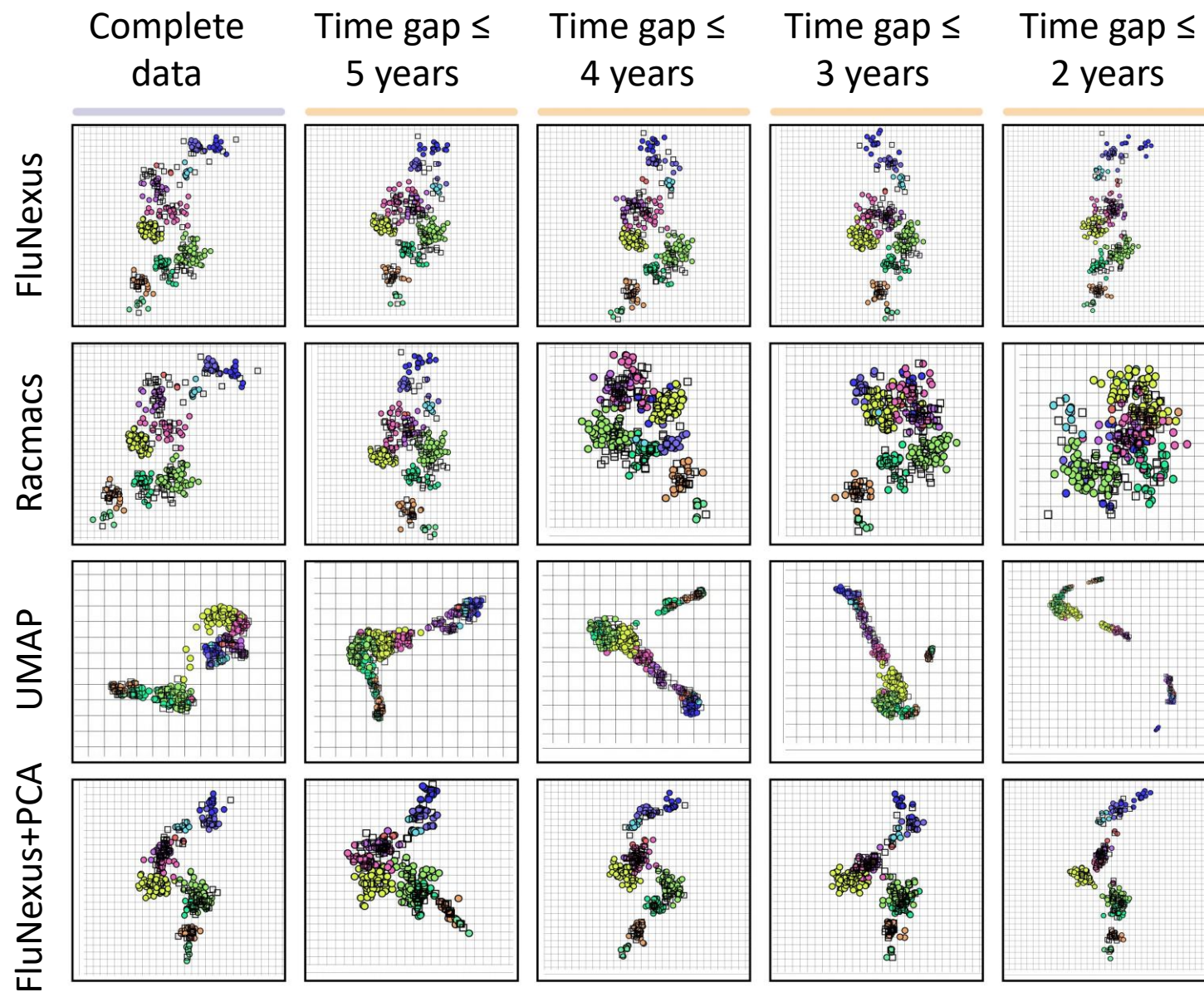
FluNexus集成了两个交互式可视化模块:

- ❑ 抗原图谱
- ❑ 抗原聚类



抗原进化图谱的优化与可视化

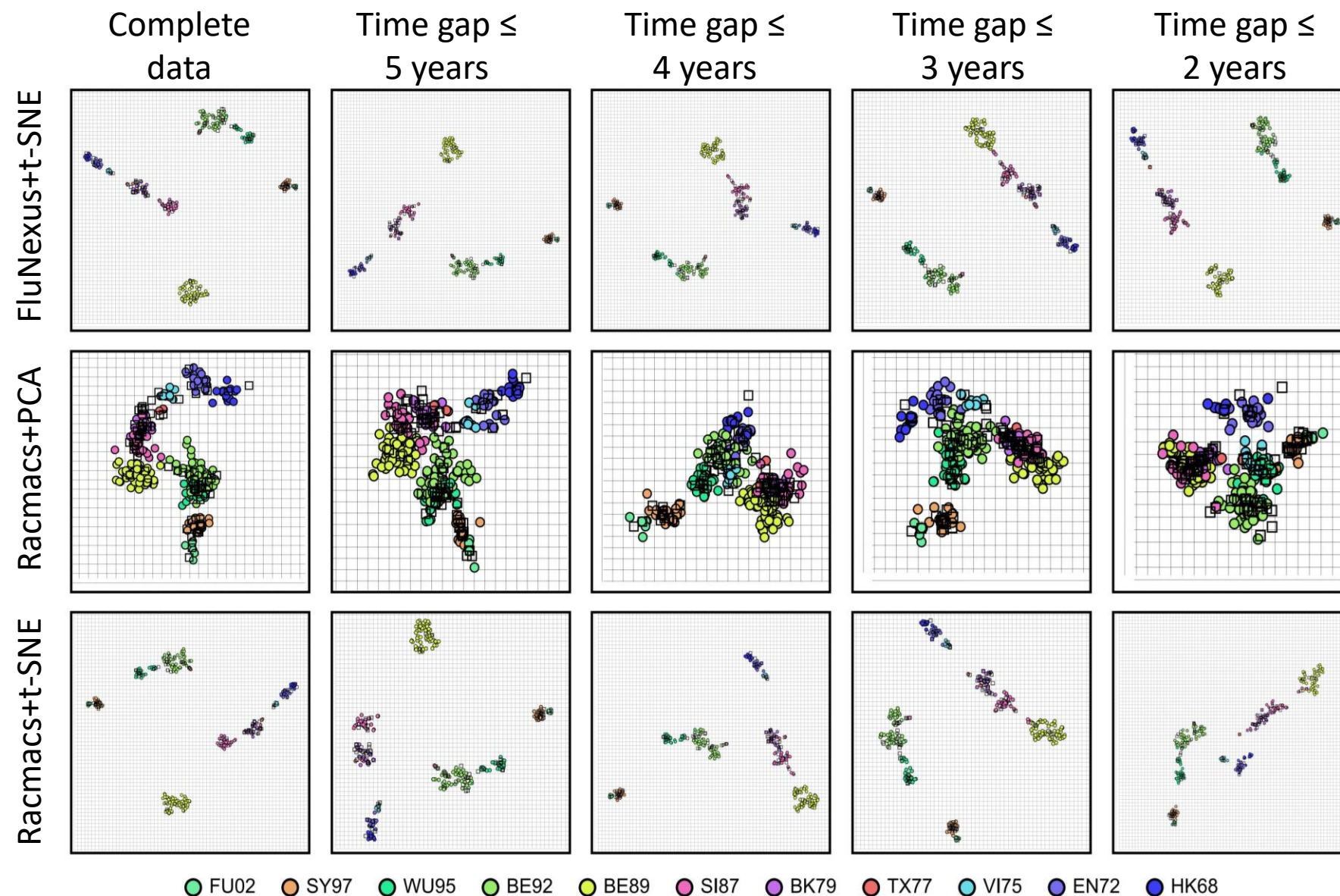
使用FluNexus、Racmacs、UMAP、PCA和t-SNE，基于时间采样下的HI数据生成的抗原图谱





抗原进化图谱的优化与可视化

使用FluNexus、Racmacs、UMAP、PCA和t-SNE，基于时间采样下的HI数据生成的抗原图谱





总结

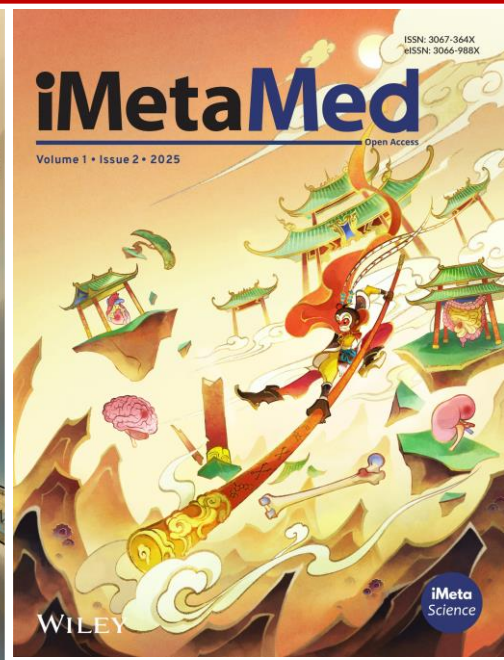
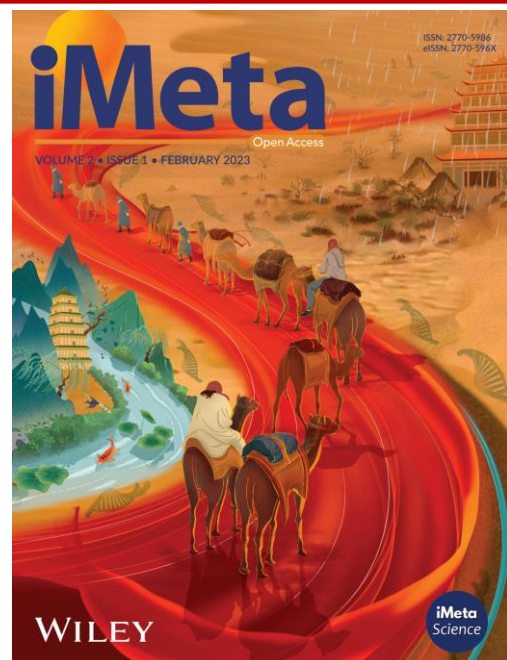
- ❑ 在本研究中，我们提出了FluNexus，一个一站式网络平台，旨在简化甲型流感病毒的抗原预测与可视化工作流程
- ❑ FluNexus是一个多功能平台，集成了用于数据预处理的交互式模块、为研究人员提供了实用指导的在线抗原预测功能，以及甲型流感病毒抗原进化的可视化功能
- ❑ 除了应用于甲型流感病毒外，只要具备抗原性测量数据和相应的基因组序列，FluNexus的核心工作流程和可视化框架也可应用于其它病原体
- ❑ 网站: <https://www.flunexus.com/>

Xingyi Li, Chunyan Zhou, Han Wu, Kexin Xiao, Jun Hao, Dongmin Zhao, Guohua Deng, et al. 2026. FluNexus: a versatile web platform for antigenic prediction and visualization of influenza A viruses. *iMeta* 5: e70127.

<https://doi.org/10.1002/imt2.70127>

iMeta(宏): 生物和医学顶级成果发表平台

iMeta WILEY



iMeta (宏)期刊是由宏科学和威立共同出版，对标**Cell**的生物/医学期刊，主编刘双江和傅静远教授，欢迎高影响力的研究、方法和综述投稿。已被**SCIE**、**PubMed**等收录，最新影响因子(IF)33.2，位列全球第65，中国第5，**分区表生物学1区Top**，CNS级成果发表平台，外审平均21天，投稿至发表中位数87天。

iMetaOmics (宏组学)，定位IF>15对标**NC/SA**的生物/医学综合期刊，已被**ESCI**、**PubMed**等收录。

iMetaMed (宏医学)定位IF>15的医学综合期刊，欢迎投稿！



主页: <http://www.imeta.science>

出版社: <https://wileyonlinelibrary.com/journal/imeta>

iMeta: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMT2>

投稿: iMetaOmics: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMO2>

iMetaMed: <https://wiley.atyponrex.com/journal/IMM3>



office@imeta.science

imetaomics@imeta.science



宣传片



[iMeta](http://www.imeta.science)



更新日期
2026/3/30