lAtex类文件杂志，第14卷，第14期。2021年8月8日

1

时间序列和时空数据的大型模型：综述与展望

金明，温†青松，梁宇轩，张朝丽，薛思乔，王雪，

张詹姆斯、王毅、陈海峰、李晓丽、潘†世瑞、

曾文生，*Fellow， IEEE*，郑宇，*Fellow， IEEE*，陈磊，*Fellow， IEEE*，熊辉，*Fellow， IEEE*

**摘要-时间数据，特别是时间序列和时空数据，在现实世界的应用中非常普遍。**它们捕获动态系统测量数据，并由物理和虚拟传感器大量产生。分析这些数据类型对于利用它们包含的丰富信息至关重要，从而有利于广泛的下游任务。大型语言和其他基础模型的最新进展刺激了这些模型在时间序列和时空数据挖掘中的更多使用。这样的方法不仅能够增强跨不同领域的模式识别和推理，而且为能够理解和处理常见时间数据的人工通用智能奠定了基础。在本调查中，我们对为时间序列和时空数据量身定制（或改编）的大型模型进行了全面和最新的回顾，涵盖四个关键方面：数据类型、模型类别、模型范围和应用领域/任务。我们的目标是为从业者提供知识，以便在这个未充分开发的领域开发应用程序和进一步研究。我们主要将现有文献分为两大类：用于时间序列分析的大型模型（LM4TS）和时空数据挖掘（LM4STD）。在此基础上，我们进一步根据模型范围（即通用vs.特定领域）和应用领域/任务对研究进行分类。我们还提供了一个全面的相关资源集合，包括数据集、模型资产和有用的工具，按主流应用进行分类。本调查汇集了以时间序列和时空数据为中心的大型模型研究的最新进展，强调了坚实的基础、当前的进展、实际应用、丰富的资源和未来的研究机会。

**索引术语——大型语言模型、预训练基础模型、大型模型、时间序列、时空数据、时间数据。**

**1介绍**

大型模型，具体称为*大型语言模型*（llm）和*预训练基础模型*（pfm），在许多任务和领域取得了显着的成功，例如自然语言处理（NLP）[1]，计算机视觉（CV）[2]，以及各种其他跨学科领域[3]，[4],[5]。最初，llm被开发作为预训练的语言基础模型，用于解决不同的自然语言任务，如文本分类[6]、问答[7]和机器翻译[8]。然而，llm的涌现能力[9]

•*Ming Jin就职于莫纳什大学。电子邮件:ming.jin@monash.edu;*

•*文青松、张朝丽、王雪就职于阿里巴巴集团。E-mail: qingsongedu@gmail.com*, {*chaoli。zcl xue.w*} *@alibaba-inc.com;*

•*梁宇轩，香港科技大学（广州）。电子邮件:yuxliang@outlook.com;*

•*薛思乔、James Zhang就职于蚂蚁集团。电子邮件:*{*siqiao。xsq, james.z*} *@antgroup.com*

•*王毅就职于香港大学。E-mail: yi- wang@eee.hku.hk；*

•*陈海峰，NEC Laboratories America。E-mail: haifeng@nec- labs.com；*

•*Xiaoli Li就职于A\*STAR。电子邮件:xlli@i2r.a-star.edu.sg;*

•*潘石瑞（Shirui Pan）就职于格里菲斯大学。电子邮件:s.pan@griffith.edu.au;*

•*Vincent S. Tseng，国立阳明交通大学。电子邮件:vtseng@cs.nycu.edu.tw;*

•*于正，JD科技。电子邮件:msyuzheng@outlook.com;*

•*熊辉、陈磊，香港科技大学（广州）。电子邮件:xionghui@ust.hk;leichen@ust.hk。*

*GitHub: https://github.com/qingsongedu/Awesome-TimeSeries-SpatioTemporal-LM-LLM*†*通讯作者：温青松，潘石瑞。*

*版本日期：2023年10月23日。*

✦

从大规模文本语料库中学习复杂的语义和知识表示，从而对各种任务进行推理，深刻地启发了学界。一个典型的例子是GPT-3[10]，它被赋予了1750亿个参数，表现出了强大的few-shot和zero-shot学习能力，这是它的前身GPT- 2[11]所没有实现的壮举，GPT- 2拥有15亿个参数。另一个例子是PaLM[12][13]，它拥有更多的参数，在语言理解、一般推理甚至代码相关任务上都表现出了卓越的性能。尽管深度神经网络、自监督学习[14]和迁移学习[15]等基础已经被很好地研究了多年，但llm的迅速崛起同时催化和重新配置了pfm的格局。一个突出的例子是视觉语言模型（vlm）[2]的出现，它可以对视觉和文本数据进行推理，在图像字幕[16]、视觉问答[17]和常识推理[18]等不同任务中显示出有希望的结果。最近，大型模型的影响已经扩展到其他领域，例如音频和语音分析[3]，涵盖了广泛的模态（例如音频、图像和文本）和任务。考虑到大型模型在这些不同领域取得的显著成就，一个有趣的问题出现了：***大型模型能有效地用于分析时间序列和时空数据吗？***

时间数据主要由时间序列和时空数据组成，长期以来一直被研究并证明在无数现实世界应用中不可或缺，包括地球科学[19]、交通[20]、能源[21]、医疗保健[22]、环境[23]等领域

arXiv: 2310.10196 v2 (cs。LG] 2023年10月20日

lAtex类文件学报，第14卷，第2期。2021年8月8日

2

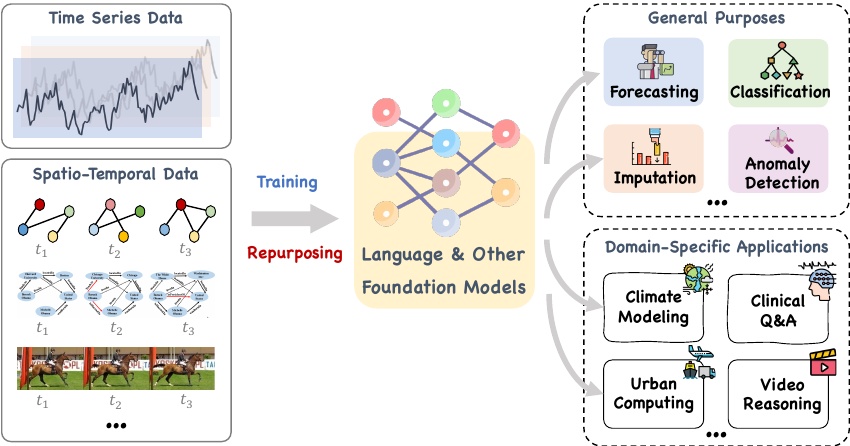


图1：大型模型（即语言和其他相关基础模型）既可以经过训练，也可以熟练地重新利用，以处理一系列通用任务和专门领域应用的时间序列和时空数据。

金融[24]。时间序列和时空数据本质上都是时间数据，封装了各种数据模态。结合对这两个广泛且内在关联的数据类别的研究至关重要，因为它们都是普遍存在的，并且可以从各种各样的平台中获取，例如传感器[25]、[26]、金融市场交易[27]、云监测[28]等。通过将它们结合在一起进行调查，我们可以全面了解它们在各种系统中封装的内在动态。虽然大型模型在各个领域取得了重大进展（见图2），但时间序列和时空分析领域却走了一条更渐进的道路。传统的分析方法主要依赖于统计模型，其中一些可以追溯到20世纪初[29]。深度学习的出现激发了研究界探索更强大的数据驱动模型，这些模型通常建立在循环神经网络（rnn）[30]、卷积神经网络（cnn）[31]、图神经网络（GNNs）[20]、[32]和变形金刚[33]、[34]的基础上。尽管如此，这些模型中的大多数在规模上仍然相对较小，并且是为特定任务量身定制的，因此缺乏从大规模数据中获取用于多任务推理的全面语义和知识表示的能力。最近的研究越来越关注自监督预训练和迁移学习，产生了有希望的结果，并提出了很高的期望[35]，[36]。这一趋势与之前相关大规模模型出现之前在NLP和CV中观察到的发展轨迹相呼应。例如，TF-C[37]探索了时间序列上的预训练，并提出了一个自监督的优化目标，称为时频一致性，在不同领域的不同下游任务中表现出强大的可转移性和性能。一个密切相关的工作，SimMTM[38]，采用了“mask-then- rebuild”的目标函数。STEP[39]和AdaMAE[40]采用了类似的预训练目标，但具有特定的

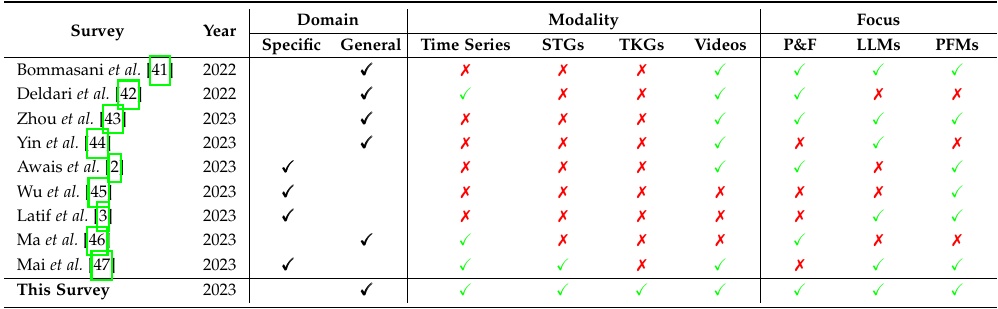
专注于通过预先训练的变形金刚增强时空学习能力，以理解有效和普遍适用的模式。

尽管最近在为开发时间序列和时空数据的大型模型铺平道路方面取得了进展，但在许多情况下，缺乏大规模数据集仍然是一个重大障碍[48]，[49]。即便如此，我们也见证了在不同任务和领域中成功尝试的数量急剧增加（见表2），这有力地证明了大型模型在时间数据分析中尚未开发的潜力。在数据丰富的领域，pfm（如Pangu-Weather[50]和ClimaX[51]）已经彻底改变了全球气候模型，提供了前所未有的精度水平，同时大大降低了计算开销。在城市计算领域，TFM[52]开创了交通基础模型的发展。Valley[53]、LAVILA[54]和mPLUG-2[55]是时空视频理解的基础模型，跨越了广泛的应用领域。在时间序列中可用数据有限的情况下，Vocie2Series[56]建议直接对现有的基础模型（例如声学模型）进行重新编程，以执行时间序列分类。另一方面，PromptCast[57]和OFA[48]是利用llm进行一般时间序列分析的两个早期尝试，前者纯粹基于提示，而后者使用适配器对下游任务的llm进行微调。与这些方法不同，最近的一项工作time - llm[49]引入了一种新的方法，通过重新编程时间序列和集成自然语言提示来释放现成llm的全部潜力。其他相关且值得注意的贡献包括NYUTron[58]和GatorTron[59]，这是两个大型临床语言模型，在医疗事件预测中显示出有希望的结果。尽管有这些重大的进步和它们固有的希望，但将大型模型集成到时间序列和时空数据分析中仍然面临着独特的挑战

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 5。2021年8月8日

3

表1：该调查与其他相关调查的比较，重点关注领域（即特定与一般）、相关模式（例如，时间序列、时空图（STGs）、时间知识图（TKGs）和视频）和主要关注领域（即小规模预训练和微调（P&F）、大型语言模型（llm）和预训练基础模型（pfm））。



需要集中调查的挑战（见第7节）。这强调了全面审查的必要性，以检查这一新兴领域的进展。

在本文中，我们通过提供一个统一的综合和最新的大型模型来满足这一需求，这些模型专门用于时间序列和时空数据分析，包括跨不同数据类别、模型范围、应用领域和代表性任务的llm和pfm。时间序列和时空数据在本质上都是时间的，并且在分析方法上经常有相似之处。将它们结合在一次调查中，可以让从业者探索这两个领域之间的协同作用和共性。此外，整合来自两个领域的见解可以促进思想的交叉授粉，从而产生创新的方法，利用一个领域的优势来解决另一个领域的挑战，并促进对时间数据的大型模型的更全面和相互关联的理解。我们的贡献总结如下：

•**首次全面和最新的调查。**据我们所知，这是第一篇全面回顾时间序列和时空数据分析大型模型最新进展的调查论文。我们提供了一个详细和最新的概述，跨越了该领域的广度，同时也深入研究了个别方法的细微差别，为读者提供了对这一主题的全面和最新的理解。

•**统一和结构化的分类法。**我们引入了一个统一的结构化分类法，将现有的研究分为两个主要的集群：时间序列的大模型（LM4TS）和时空数据的大模型（LM4STD），基于数据类别进行组织。根据模型类型，我们进一步将每个聚类分为两个子组，即llm和pfm。随后的分类是通过模型范围、应用领域和特定任务的镜头进行的。这种多方面的分类为读者提供了从多个角度理解该领域的连贯路线图。

•**丰富的资源汇编。**我们编译和总结了该领域的丰富资源，包括数据集、开源实现和评估

基准。此外，我们概述了相关大型模型在各个领域的实际应用。此汇编为未来的研究和开发工作提供了有价值的参考点。

•**未来的研究机会。**我们确定并阐述了未来研究的多种有前途的途径，包括一系列的观点，如数据源、模型架构、训练和推理范式，以及其他潜在的机会。这一讨论使读者对该领域的现状有了细致入微的了解，同时也突出了未来调查的前景方向。

**相关调查与差异。**虽然已经从不同角度对时间序列和时空数据建模进行了一些广泛的调查，*但它们都没有集中于该领域内大型模型的出现和应用*。例如，Zhang*等人*[35]和Deldari*等人*[42]主要调查了时间序列中自监督学习的最新进展。[20]、[32]等作品对时间序列和时空数据背景下的gnn进行了全面回顾。最近，Ma*等人*[46]对时间序列中的预训练和迁移学习进行了调查，这与我们的研究相关。然而，他们的探索并没有将重点放在大型模型上，也忽略了时空数据。鉴于大型模型的加速进化，存在大量的调查，阐明了llm[1]，[44]和pfm[41]，[43]的基本原理和开创性努力。然而，在这些作品中明显缺失的是对大型模型在处理时间序列和时空数据等时间数据方面的潜力的讨论。与最近大型模型在视觉[2]、音频[3]和地球科学[47]等领域的激增相一致，我们在本文中的目标是提供针对时间序列和时空数据分析量身定制的大型模型的全面和最新综述。我们的目的不仅仅是记录最新的进展，而且还突出了可用的资源、实际应用和未来的研究轨迹。表1概括了我们的调查与其他类似评论之间的区别。

**论文的组织。**本文的其余部分结构如下：第2节为读者提供了基本的

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 5。2021年8月8日

大模型、时间序列和时空数据的背景知识，以及相关任务。第2节介绍了我们在时间序列和时空数据分析背景下的大型模型的统一分类，在深入研究具体方法的复杂性之前，提供了该领域的广泛概述，这在第2节和第5节中进行了详细阐述。第2节概括了我们编制的用于时间序列和时空数据分析的大型模型的广泛资源和应用程序。第2节概述了该领域未来研究的有希望的途径。最后，我们在第2节结束了我们的论文。

**2背景**

本工作主要侧重于回顾采用大型模型解决时间序列和时空数据任务的最新进展。具体来说，我们关注大型模型的两大主流：大型语言模型和预训练基础模型。在本节中，我们首先介绍这两类模型，并讨论它们之间的区别和联系。为了提高清晰度，我们还在图2中提供了大型模型的简要路线图，总结了它们的发展，并阐明了主要的研究兴趣。然后，我们定义了时间序列和时空数据，以及它们在不同领域的代表性任务。

**2.1大型语言模型**

语言建模是许多自然语言处理任务的基础，llm最初是为了提高语言建模性能而开发的。与传统的语言模型，如*神经语言模型*（nlm）[60],[61]，[62]和小型*预训练语言模型*（plm）[11],[63]，[64]相比，llm以其紧急能力[9]而闻名，可以通过上下文学习[65]解决各种复杂任务[1]，并重塑我们使用AI的方式。近年来，随着*多模态大语言模型（multimodal large language models*, mllm）的发展[44]，llm的下游任务远远超出了传统的自然语言范围[66]，[67],[68]，较小的plm无法轻易解决。根据最近使用llm对时间序列和时空数据建模的过程，我们将其分为两种主要类型：*嵌入-可见llm*和*嵌入-不可见llm*，类似于b[1]，[69]。前一种类型的llm通常是开源的，具有可公开访问的内部状态。典型的例子包括BLOOM[70]、Llama[71]、[72]、Alpaca[73]、Vicuna[74]和Falcon[75]。llm的这个分支通常允许对不同的目标任务进行微调，并显示出有希望的少射和零射能力，而无需额外的再培训。后一种类型的llm通常是闭源的，没有公开的内部状态，如PaLM[12]、ChatGPT1和GPT-4[76]，它们通常通过API调用中的提示来推断。图2**（左）**描绘了llm的简要路线图[1]。

目睹了llm的巨大成功，我们的主要兴趣之一是研究如何使llm适应于解决时间序列和时空数据分析任务，这通常可以通过现有文献中的*多模态再利用*或*基于api的提示*来实现。的

1. https://openai.com/blog/chatgpt/

4

前一种方法通常用于通过调整目标和预训练（源）任务中的不同模式来激活嵌入可见llm的任务相关能力。这与llm的微调（例如，适配器调整[77]和低秩适应[78]）和模型重编程[49]，[79]，[80]密切相关，这取决于llm在适应过程中是微调还是冻结。另一方面，后一种方法更直接，它将目标模态包装到自然语言提示中，并将其输入llm进行生成推理。这类似于语言模型即服务（language-model-as-a-service, LMaaS）的黑匣子调优[81]。有证据表明，这两种方法都是适用的，并在不同领域的不同目标任务中显示出有希望的结果[69]、[82]、[83]、[84]，包括在时间序列和时空数据上的学习[48]、[49]、[85]。

**2.2预训练基础模型（pretrained Foundation Models）**

预训练的基础模型是指大规模的预训练模型，可以适应解决广泛的下游任务[41]，[43]。原则上，llm（以及mllm）也属于pfm，但它们更常用于解决面向自然语言的任务。pfm构成了一个更广泛的模型类别，其特点是在构建AI系统时通过整合方法有效解决不同任务的紧急能力和同质化[41]，这与特定任务模型有很大不同。一般来说，pfm的功能有三个关键维度：*模态桥接*、*推理和计划*，以及*交互*。

第一个方面是多模态模型，如视觉-语言模型等mllm，在统一语言和视觉模态方面取得了显著的成果[10]。例如，CLIP[11]最初提出了弥合图像和文本之间的差距，SAM[86]进一步将文本提示的概念扩展到视觉提示。最近的其他作品，如NExT-GPT[87]，进一步扩大了边界，甚至允许多种不同模态的桥接。可以预期的是，现实世界中的数据自然是多模态的，例如在临床医学中[88]，时间序列和时空数据经常涉及到EGC和医疗事件。这也激发了最近对多模态时间序列和时空数据的研究兴趣[55]，[57]。图2**（右）**给出了pfm的简要路线图，其中vlm仍然是该领域最受欢迎的研究课题，但与时间序列和时空数据相关的其他pfm正在出现，尽管仍处于早期发展阶段。

第二个方面强调了pfm的推理和计划能力。典型的例子包括法学硕士中的CoT[89]、ToT[90]和GoT[91]，以及任务规划代理[92]、[93]。最后一个方面定义了pfm的交互能力，这包括操作和通信。在本次调查中，我们主要关注的是时间序列和时空数据的pfm，其中大部分还处于早期发展阶段，远未达到上述第二和第三个方面。有关pfm的更多细节，请参阅[41]。

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 14。2021年8月8日

5

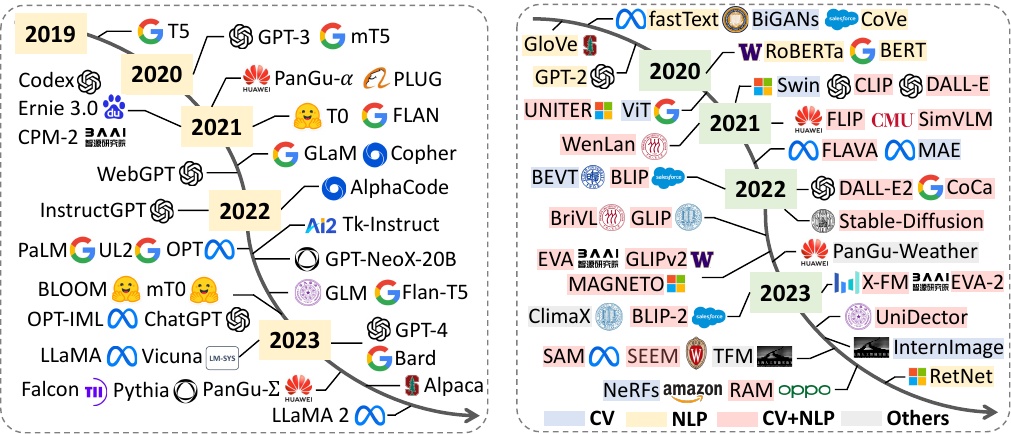


图2：代表性大型语言模型的路线图**（左）**。图片来源[1])和其他基础模型**（右）**。

**2.3时间序列和时空数据**

时间数据，特别是时间序列和时空数据，是无数现实世界应用的基础数据类别[94]。时间序列通常被定义为有序的数据点序列，按它们在时间上的出现进行组织。这些序列可以是*单变量的也可以是多变量*的。例如，来自一个城市的每日温度读数将形成单变量时间序列，而结合每日温度和湿度数据将创建多变量时间序列。在续集中，我们用粗体大写字母（例如X）表示矩阵，用粗体小写字母（例如X）表示向量，用书法大写字母（例如X）表示集合，用标准小写字母（例如X）表示标量。形式上，我们坚持在[32]中概述的时间序列数据的定义，我们在下面进行总结。

***定义1（时间序列数据）。***单变量时间序列x = {x, x21，···，xT }∈RisT 是按时间顺序索引的T个数据点序列，其中x∈R是时间序列在T时刻的值t 。多变量时间序列x = {x, x，···，x}∈Ris是按T ×D 时间顺序索引T 的T个数据点1序列，但有D个2维度，其中x∈R（1≤T≤T）表示时间序列在T时刻沿Dt 个通道D的值。我们建议读者参考[32]，对时间序列数据进行更深入的讨论。

另一方面，时空数据是由时间和空间维度组织的数据点序列，它封装了各种各样的结构，包括*时空图*（stg）[32]、*时间知识图*（TKGs）[95]、*视频*[96]、*点云流*（PCS）[97]、*轨迹*[98]等。在本研究中，我们的主要重点是前三类，它们极具代表性，与当前的研究兴趣密切相关。形式上，我们遵循[32]和[95]中对stg和TKGs的定义，我们将其总结如下。

***定义2（时空图）。***一个时空图G= {G， G12，···，GT }是按时间顺序索引的T个静态图快照的序列，其中Gt =

（Vt， Et）表示时间t的快照；Vt andt  e是时刻t的节点和边的集合，对应的邻接和节点特征矩阵定义为A∈t RN×N and Xt ∈R，其中如果节点i和t j之间存在边，则A=N×D  {atij}和atij∈0，s.t. etij∈E。t其中，N = |V|是节点的个数，D是节点特征t的维数。

***定义3 （Temporal Knowledge Graphs）。***一个时态知识图G= {G1， G2，···，GT }是按时间顺序索引的T个静态知识图快照的序列，其中Gt = （Et， Rt）是由时间T的实体集和关系集组成的快照。具体来说，Eenct ap-分别表示t 主体和客体实体，r表示它们之间的关系集。在时间知识图中，实体和关系可能具有不同的特征，用Xet∈R|Et|×D e和Xrt∈R|Rt|×D R表示，其中d和Dare的特征维度。e r

视频数据也可以被解释为一种时空数据，通常定义为按时间顺序索引的图像序列；因此，我们以类似的方式对其进行如下定义。

***定义4（视频数据）。***设V = {F1， F2，···，FT }是一个由按时间顺序索引的T帧组成的视频，其中t F表示第T帧。为简单起见，我们让每一帧Fbet 一个像素矩阵，即F∈Rt ，不H×W ×C 考虑其他元数据，其中H、W和C分别是帧的高度、宽度和颜色通道。

给定上述定义，然后我们简要介绍与每个数据类别相关的代表性任务，如图1所示，并在下面进行总结。

•**时间序列任务。**该领域通常包括四个主要的分析任务：*预测*、*分类*、*异常检测*和*imputation*。在预测中，目标是预测时间序列的未来值，根据预测范围，可以进一步分为短期和长期预测。在分类中，目标是将输入的时间序列分类为

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 1。2021年8月8日

不同的类别。时间序列异常检测也可以理解为一种特殊类型的分类任务，我们的目标是从正常的时间序列中识别出异常的时间序列。在imputation中，目标是填补时间序列中缺失的值。在不丧失一般性的前提下，我们建议读者参考[32]了解更多细节。

•**时空图任务（Spatio-Temporal Graph Tasks）。**时空图的主要下游任务是*预测*，其目的是通过参考历史属性和结构信息来预测未来的节点特征。典型的例子包括流量预测[20]和一些按需服务[32]。其他常见的任务包括*链接预测*[99]和*节点/图分类*[100]，前者旨在根据历史信息预测边缘的存在，后者旨在将节点或图分类为不同的类别。更深入的讨论可以在[101]中找到。

•**时态知识图任务（Temporal Knowledge Graph Tasks）。**时态知识图中有两个重要的任务：*补全*和*预测*。前者主要是为了推断图内缺失的关系，而后者则侧重于预测未来的关系。如需展开讨论，请参考[102]、[103]。

•**视频任务。**在计算机视觉领域，视频数据包含几个核心任务，如*检测*、*字幕*、*预测*和*查询*。检测的目的是识别视频中的特定对象或动作。字幕旨在为视频内容生成自然语言描述。预判包括预测视频序列中即将出现的帧。最后，查询的目的是检索与特定查询相关的视频片段。值得注意的是，与前面提到的数据类型相比，这些任务通常遍历多个模态，并且受到了相当大的关注。欲了解更多信息，请参考[2]。

**3概述和分类**

在本节中，我们对时间序列和时空数据的大型模型进行了概述和分类。我们的调查是沿着四个主要维度进行的：数据类别、模型架构、模型范围和应用领域或任务。相关工作的详细摘要可以在图3和表2中找到。我们主要将现有的文献主体分为两大类：*时间序列数据大模型*（LM4TS）和*时空数据大模型*（LM4STD）。

在第一类中，我们将现有文献细分*为两类：时间序列数据的llm* （LLM4TS）和*时间序列数据*的pfm （PFM4TS）。前者是指利用llm来解决时间序列任务，而不考虑llm在适应过程中是微调还是冻结。另一方面，后者侧重于为各种时间序列任务明确设计的pfm的开发。值得注意的是，PFM4TS领域是相对新生的；现有模型可能不能完全封装2.2节中定义的通用pfm的潜力。尽管如此，它们为该领域的未来发展提供了有价值的见解。因此，我们也将其纳入本次调查，并将其归类为PFM4TS。对于每一个细分，我们进一步将它们分类为

6

*通用*或*特定领域*的模型，这取决于模型是为解决一般时间序列分析任务而设计的，还是仅限于特定领域，包括但不限于交通、金融和医疗保健。

在LM4STD类别中，我们采用类似的分类法，定义*时空数据的llm* （LLM4STD）和*时空数据的pfm* （PFM4STD）。与时间序列数据不同，时空数据包含了跨越多个领域的更广泛的实体阵列；因此，我们明确分类LLM4STD和PFM4STD的相关领域。虽然我们在表2中提供了基于模型范围的分类，以促进对现有文献的理解，但这种分类取决于不同的数据模式（例如，stg和视频），因为它们通常具有不同的问题定义。因此，为了简洁起见，在图3中省略了这种分类。在这里，我们将重点放在三个最突出的领域/模态上，将它们作为子类别：时空图、时间知识图和视频数据。对于每一个任务，我们将其代表性任务总结为叶节点（见图3），类似于LM4TS。值得注意的是，PFM4STD比它的时间序列对应物得到了更广泛的发展。目前的研究主要针对stg和视频数据，通常具有增强的pfm功能，如多模态桥接和推理。

有了对数据类别、模型体系结构、模型范围和应用程序任务的基本理解，我们将在随后的章节（分别标记为第节4和第节5）中深入研究LM4TS和LM4STD的细节。在这些章节中，我们将回顾第4.1节和第4.2节中概述的LLM4TS和PFM4TS的关键贡献。同样，在第5.1节中，我们将总结与stg的llm和pfm相关的关键研究，而在第5.2节和第5.3节中，我们将概述与tkg和Video Data的llm和pfm相关的文献。

**时间序列数据的4个大型模型**

在本节中，我们将深入研究大型语言模型和预训练基础模型在时间序列分析中的进展。在每个小节中，我们根据模型是服务于一般目的还是特定于领域的目的进一步划分我们的讨论，如图3所示。

**4.1时间序列中的大型语言模型**

时间序列分析是在许多现实世界应用中研究的一个基本问题，例如零售销售预测、经济时间序列缺失数据的imputation、工业维护的异常检测以及来自各个领域的时间序列分类。通过见证NLP领域llm的快速增长，我们特别感兴趣的是探索我们是否可以利用这些模型并将其用于时间序列分析的研究问题。在本小节中，我们将分别在以下部分中从通用模型和特定于领域的模型的角度讨论LLM4TS。

lAtex类文件期刊，第14卷，第2期。2021年8月8日

7

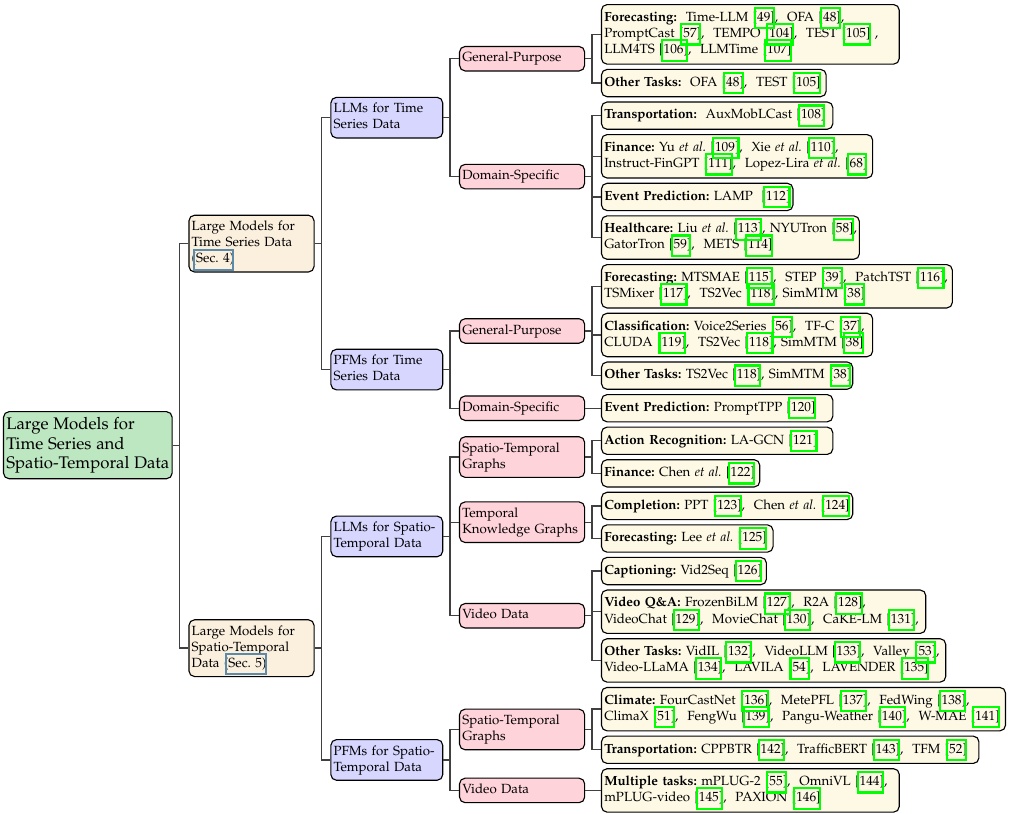


图3：从方法论（例如，llm与pfm）、动机（例如，一般目的与领域特定目的）和应用的角度来看，时间序列和时空数据的大型模型的综合分类。

*4.1.1通用模型*

作为最早从法学硕士的角度进行一般时间序列预测的尝试之一，[57]正式引入了一种新颖的任务：基于提示的时间序列预测——PromptCast。由于输入和输出都是自然语言句子，PromptCast为时间序列预测提供了一种新颖的“少代码”解决方案，它可以提供一个新的视角，而不是单纯地专注于设计复杂的体系结构。针对新引入任务的指令数据集（PISA）已经发布。另一个类似的研究是LLMTime[107]，它表明llm是有效的零射击时间序列学习器，对时间序列数据进行适当的配置标记化。作为一项并行工作，为了解决缺乏大规模训练数据的挑战，[48]提出了一个基于部分冻结llm的统一框架，即只微调嵌入层和归一化层，同时保持自关注层和前馈层冻结，从而在所有主要类型的时间序列分析任务中实现最先进或相当的性能，包括时间序列分类、短期/长期预测、imputation、异常检测、few-shot、以及零样本预测。类似的工作是TEMPO[104]，它只关注时间序列

预测，但结合了额外的细粒度设计，如时间序列分解和软提示。[106]通过两个阶段的微调过程，利用法学硕士进行时间序列预测：首先使用监督微调引导LLM对时间序列数据进行调整，随后转向针对时间序列预测的下游微调。[105]通过一种新的嵌入方法激活了LLM对时间序列的能力，该方法通过实例、特征和文本原型对齐对比对数据进行标记和编码，然后创建提示传递给法学硕士来执行任务。与上述方法不同的是，最近的一项工作time - llm[49]提出了使用源数据模态和基于自然语言的提示对时间序列进行重编程，以释放法学硕士作为有效时间序列机器的潜力，该方法在各种预测场景中达到了最先进的性能，并且在少镜头和零镜头设置中都表现出色。time - llm也是轻量级和高效的，因为它既不直接编辑输入时间序列，也不微调主干LLM。

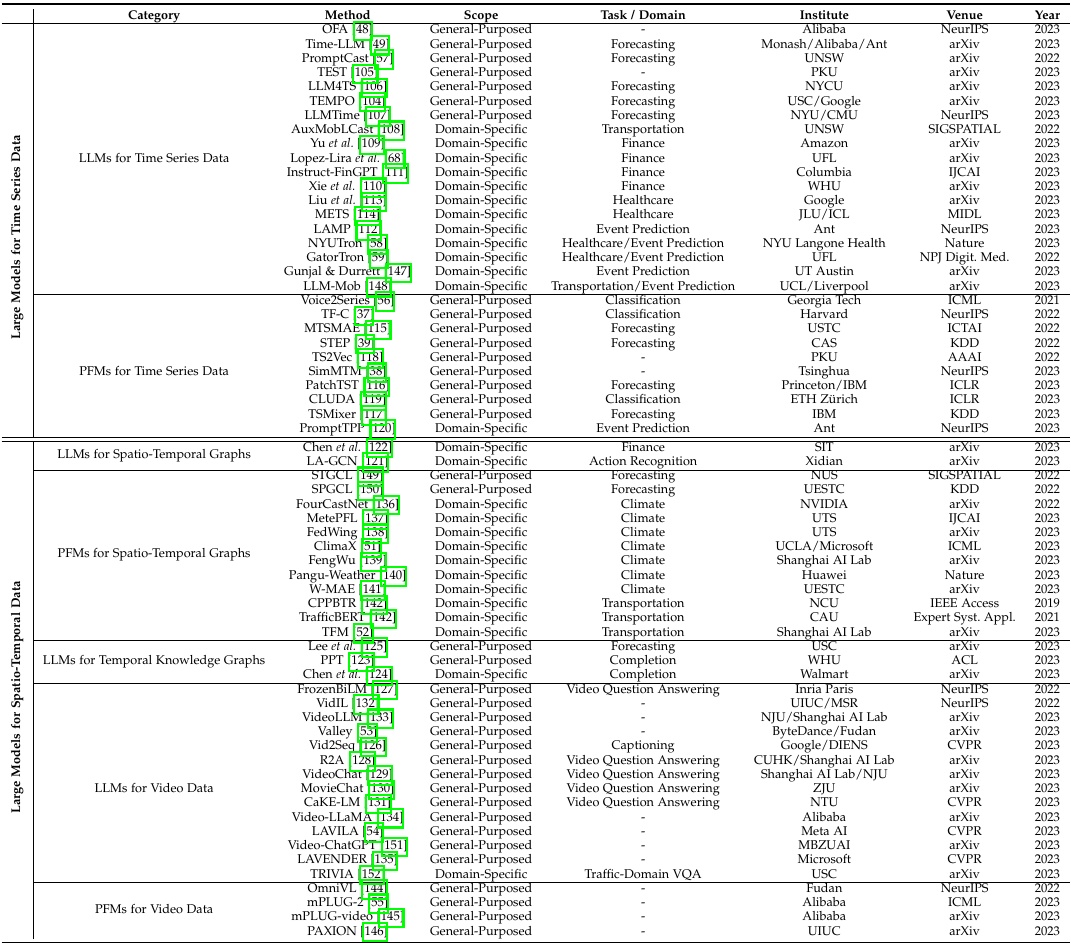
*4.1.2 Domain-Specific Models*

**交通工具。**时间序列预测在智能交通系统（ITS）中起着举足轻重的作用。[108]提出

《lAtex类文件学报》，第14卷，第2期。2021年8月8日

8

表2：为时间序列和时空数据建模量身定制的语言和相关预训练基础模型（即法学硕士和pfm）摘要。对于不局限于特定领域和任务的通用方法，第四列标记为“-”。



一种新型的AuxMobLCast管道，利用LLM进行交通数据挖掘，例如人类移动预测任务。AuxMobLCast将人类移动性数据转换为自然语言句子，从而可以将预先训练好的LLM直接应用于预测人类移动性的微调阶段。这项工作提出了第一次尝试微调现有的法学硕士预测数据在运输领域。

**融资。**最近文献报道了一些金融领域的法学硕士的作品。[68]介绍了一种简单而有效的指令调整方法，用于金融领域的情绪分析。通过这种方法，基于分类的情感分析数据集被转换为生成任务，从而允许法学硕士应用他们的广泛训练

以及更有效的优越分析能力。除了NLP任务之外，利用法学硕士出色的知识和推理能力进行金融时间序列预测也是很有吸引力的。[109]实验使用GPT-4进行零弹/少弹推理，并使用Llama进行基于指令的微调[71]来生成可解释的预测，尽管与GPT-4相比相对较差，但取得了合理的性能。并发作品[68]，[110]使用类似的方法来预测基于文本数据的股票价格走势。

**事件的预测。**与具有等采样间隔的同步（规则）时间序列数据相比，事件序列是具有不规则时间戳的异步时间序列。事件序列在金融[153]、网上购物[154]、社交网络[155]等现实世界领域中发挥着至关重要的作用，

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 5。2021年8月8日

等等......。时间点过程（Temporal point processes, TPPs）[156]、[157]、[158]、[159]已经成为对这类数据建模的标准方法。事件预测的目的是预测给定过去的未来事件的时间和类型。例如，在在线购物领域，我们希望对用户带有时间戳的访问序列进行建模，并根据他们过去的购物评论预测他们未来的购物行为。法学硕士在这种情况下可能很有用，因为事件序列通常伴随着它们擅长处理的富文本信息。[112]提出了一个建模框架，其中LLM执行溯因推理以辅助事件序列模型：事件模型提出对未来事件的预测；在一些专家注释提示的指导下，LLM学会为每个提议提出可能的原因；搜索模块找出与原因匹配的先前事件；评分功能学习检查检索到的事件是否真的可能导致提案。一个类似的例子是[148]基于llm的人类移动性预测。[147]探讨了法学硕士在自然语言中生成连贯的、不同的事件序列的能力，这些序列与人类策划的事件在几个感兴趣的领域有很大的重叠。它试图为未来的努力铺平道路，看看如何将像模式这样的显式知识与法学硕士一起使用来进行事件预测。

**医疗保健。**这是事件序列最重要和最适用的领域之一。通过预测临床事件，即患者带时间戳的就诊序列及其症状，临床模型可以帮助医生和管理人员在日常实践中做出决策。由于数据处理的复杂性，以及模型开发和部署的复杂性，现有的基于数据的结构化临床模型的用途有限。[59]从零开始开发临床法学硕士-GatorTron -使用超过900亿字的非结构化电子健康记录（EHRs）文本。GatorTron模型将临床LLM扩展到89亿个参数，并改进了5个临床NLP任务。作为一项并行工作，[58]基于NYU Langone EHRs培训临床法学硕士（NYUTron），并随后在广泛的临床和操作预测任务中对其进行微调。NYUTron的结果比传统模型有了显著的改进，显示了在医学中使用临床法学硕士与医生一起阅读并在护理点提供指导的潜力。[113]系统地证明，通过少量镜头提示调整，法学硕士可以提取来自可穿戴和临床级传感设备的数值时间序列数据，从而大大改善了零镜头推断和健康任务的监督基线。在临床实践中，心电图（electrocardiogram， ECG）是一种最常用的无创、便捷的辅助心脏疾病诊断的医学监测工具。为了克服标注数据有限的挑战，[114]利用法学硕士自动生成的临床报告来指导ECG自我监督预训练框架。

**4.2时间序列中预训练的基础模型**

除了利用法学硕士进行时间序列分析外，时间序列预训练的发展及其相关基础

9

传统模型具有前景。它们有助于识别跨不同领域和后续任务一致的一般时间序列模式。在本小节中，我们将探讨PFM4TS，区分第4.1节中类似的通用模型和特定领域模型。

*4.2.1通用模型*

自2021年以来，已经提出了大量的预训练基础模型，其中大多数是通用的。Voice2Series[56]利用预训练的语音处理模型的表示学习能力，将语音数据作为单变量时间信号进行时间序列分类，它是第一个能够对时间序列任务进行重编程的框架。

在Voice2Series之后，出现了几种基于对比学习技术的时间序列数据预训练基础模型，包括TF-C[37]、TS2Vec[118]和CLUDA[119]。TF-C[37]包含一个基于时间的分量和一个基于频率的分量，每个分量通过对比估计分别进行训练，自监督信号由时间分量和频率分量之间的距离提供，即时频一致性。TS2Vec[118]提出了一种通用的对比学习框架，通过增强上下文视图的分层方式，在时间序列域的不同语义层次上学习任意子序列的上下文表示。该框架支持多变量输入，可用于时间序列域的各种任务。CLUDA[119]是一种基于对比学习的时间序列无监督域自适应模型。CLUDA有两个新组成部分：自定义对比学习和最近邻对比学习。对抗性学习用于将它们跨源域和目标域对齐。CLUDA的对比学习组件旨在学习一个语义相似的样本靠得更近而语义不相似的样本离得更远的表示空间。因此，CLUDA可以在多变量时间序列中学习域不变的上下文表示，以进行域适应。

除了这些，许多其他的技术也被用于这个领域。STEP[39]模型包含一个预训练模型和一个时空图神经网络（STGNN）。预训练模型旨在从非常长期的历史时间序列中有效地学习时间模式，并生成段级表示。这些表示为stgnn的短期时间序列输入提供了上下文信息，并促进了时间序列之间的依赖关系建模。MTSMAE[115]是一种用于多变量时间序列预测的自监督预训练方法。基于掩模自编码器（MAE）的预训练方法涉及一种新的补丁嵌入，它减少了内存使用，并允许模型处理更长的序列，以解决处理高信息密度的多变量时间序列的挑战。SimMTM[38]也是基于掩模建模技术，通过揭示流形的局部结构，将预训练方法扩展到时间序列。为了提高掩蔽建模的性能，通过对流形外的多个邻居进行加权聚合来恢复掩蔽时间点，从而允许SimMTM从多个掩蔽中组装互补的时间变化

10

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 6。2021年8月8日

系列化，提高改造系列化的质量。PatchTST[116]是一种基于变压器的长期时间序列预测模型。为了克服其他模型在捕获局部语义信息方面的局限性，PatchTST引入了一种提取局部语义信息的补丁机制和一种通道独立设计，该设计允许每个系列学习自己的注意力图进行预测。它也被应用于预训练的任务。TSMixer[117]是一个用于多变量时间序列预测的轻量级MLP-Mixer模型。它引入了两个新颖的在线调节头，通过利用分层patch-aggregation的固有时间序列属性和跨通道相关性来调整和改进预测。与基于变压器的模型不同，TSMixer显著提高了简单MLP结构的学习能力。

*4.2.2 Domain-Specific Models*

PromptTPP[120]提出了一种预训练事件序列基础模型的通用方法，并通过采用持续学习（continuous learning， CL）解决了连续模型监控的问题，使其能够在现实约束下连续学习一系列任务而不会发生灾难性遗忘。相应地，PromptTPP将基础模型与连续时间检索提示池集成在一起。提示符（可学习的小参数）存储在内存空间中，并与基础模型共同优化，确保模型按顺序学习事件流，而不会缓冲过去的示例或特定于任务的属性。

**时空数据的5个大型模型**

在本节中，我们将跨三个主要数据类别（时空图、时间知识图和视频）研究大型模型在时空数据分析方面的进展。每一种都具有广泛的现实应用。我们还深入研究了按模型类型和范围组织的文献（见图3）。

**5.1时空图（spatial - temporal Graphs）**

个人进入一个充满内在结构的星球，在这个星球上，构成元素在空间和时间维度上进行动态互动，最终形成深刻的时空构成。通过结合*时空图*（stg）[20],[32]，这种结构结构在现实世界问题解决中的概念化得到了极大的丰富。STG预测的应用，如交通预测[160]、[161]、[162]、空气质量预测[163]、[164]、[165]、股票价格估计[166]、[167]和人类骨骼分析[121]、[168]，已经发展成为促进明智决策和推进可持续发展目标不可或缺的工具。它们主要使用图神经网络来捕获顶点之间的空间相关性，并利用其他模型（例如rnn和cnn）来学习不同时间步长的时间依赖性。

最近，llm和pfm的出现为stgnn领域提供了宝贵的支持

时空表征学习。这些模型在处理和语境化文本数据方面表现出色，使它们具备从各种文本来源（从新闻文章和社交媒体内容到报告）中提炼见解的能力。这些见解可以无缝集成到时空结构中，增强其上下文丰富性。此外，它们促进了多种模式的融合，包括文本、图像和结构化数据，从而扩大了时空理解的深度和广度。这些模型具有生成人类可解释的解释的能力，促进了透明度和可靠性，特别是在城市规划或灾害响应等应用中。此外，它们通过在简洁的表示中编码高级信息，简化训练和推理过程，从而有助于提高计算效率。

*5.1.1时空图中的大型语言模型*

与pfm相比，致力于利用法学硕士来增强stgnn学习能力的文献相对有限。第一类是使用法学硕士来学习顶点之间的关系。早期的研究可以在[122]中找到，该研究提出了一个新的框架，利用LLM令人钦佩的图推理能力来增强stgnn预测股票走势。在这种方法中，ChatGPT用于从每日财经新闻中提取不断发展的网络结构，然后将这些推断的图结构无缝集成到gnn中，为每个公司生成节点嵌入。反过来，这些嵌入被证明有助于提高与股票走势相关的下游任务的性能。此外，研究杠杆的第二条线-对法学硕士的先验知识进行老化，以支持下游应用的stgnn，例如用于人类动作识别的LA-GCN[121]。在LA-GCN中，llm衍生的知识被转化为先验全局关系（GPR）拓扑和先验类别关系（CPR）拓扑，定义节点之间的相互联系。GPR是生成新型骨表征的指导框架，其主要目标是从基础层面上强调从数据中提取的关键节点信息。总之，法学硕士在提升stgnn在追求时空表征学习中的准确性、上下文敏切度和语义深度方面具有巨大的潜力。

*5.1.2时空图中预训练的基础模型*

目前，我们正在目睹为掌握stg而量身定制的预训练机器学习模型在广泛的现实应用中激增。他们通过知识转移显著地帮助STG学习。换句话说，它们能够迁移学习到的表征，从而提高stg捕捉复杂模式的能力，从而实现更有效和高效的学习。在随后的部分中，我们将在一般和特定领域中介绍pfm。

**一般用途。**对比学习[169]是一种在图像和文本领域进行表示学习的成熟方法，也被证明是高度有效的

11

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 5。2021年8月8日

在STG学习领域是有效的。代表性的方法是STGCL[149]，它通过对比正对和负对，从复杂的STG数据中提取出丰富而有意义的表示，从而实现了在交通预测和功耗预测等不同领域的实际应用。为了学习顶点之间的信息关系，SPGCL[150]最大化了正邻对和负邻对之间的区分裕度，并使用自定节奏策略生成最优图。

**气候。**近年来，人们对基于人工智能的气候预测模型的发展产生了浓厚的兴趣。这些模型利用深度学习算法的能力精心分析大量气象数据，提取对精确天气预报至关重要的复杂模式[170]，[171]。采用预训练策略在这一领域也获得了突出的地位，旨在增强基于人工智能的气候模型的泛化能力，如

[172]。考虑到计算效率的重要因素和对及时气候预测的需求，Pathak等人引入了FourCastNet[136]，这是一种利用自适应傅立叶神经算子实现高分辨率预测和快速推理的气候PFM。其训练过程包括两个阶段——预训练和微调。在预训练过程中，对FourCastNet进行监督训练，以获取从前一步到后一步的映射。在微调中，它建立在预训练模型的基础上，对其进行细化，以自回归的方式预测接下来的两个时间步。盘古[50]利用一种新型的3D地球专用变压器，通过多时间尺度模型组合方法，进一步展示了比FourCastNet更强的中期预测能力。这个3D深度网络，增强了地球特定先验，有效地处理了复杂的天气数据模式。ClimaX[51]是一个适用于天气和气候科学的适应性深度学习模型，在不同的数据集上训练。它用创新的组件扩展了Transformer架构，优化了计算效率。最初在CMIP6气候数据上进行预训练，ClimaX可以针对各种气候和天气任务进行微调，甚至涉及看不见的变量和时空尺度。W-MAE[141]结合了自监督预训练方法（即mask Autoencoder）

[173])纳入气候预测任务。这种整合使模型能够从大量未标记的气象数据中提取基本的气象相关特征和一般知识，从而促进对各种数据源的改进处理。与上述方法不同，FengWu[139]通过多模式和多任务方法解决中期气候预报问题。它采用了具有特定模型变形器和跨模态融合策略的深度学习架构。这种设计是精心设计的，结合了各种预测器的区域自适应优化的不确定性损失。

**交通工具。**CPPBTR[142]是一种新的基于transformer的人群流量预测框架，具有独特的两阶段解码过程。在第一个解码阶段，生成一个初步序列。随后，在秒-

在秒和解码器阶段，该初始序列的每个时间步被系统地屏蔽并馈送到Transformer编码器中，以预测每个屏蔽位置的细化流。在交通流预测领域，TrafficBERT[143]利用了受BERT启发的关键特征。它采用了类似于BERT的双向变压器结构，使其能够预测整体交通流量，而不是单个时间步长。与需要对每条特定道路进行不同训练的传统模型相比，TrafficBERT通过使用来自不同道路的数据进行预训练来增强模型的泛化。此外，Wang等人引入了交通基础模型（Transportation Foundation Model， TFM）[52]，该模型将交通仿真纳入交通预测领域。TFM利用图形结构和动态图形生成算法来熟练地捕捉交通系统中参与者之间复杂的动态和相互作用。这种数据驱动和无模型的仿真方法有效地解决了传统系统在结构复杂性和模型准确性方面带来的长期挑战，为用现实世界的数据解决复杂的运输问题奠定了坚实的基础。

**5.2时序知识图**

搜索引擎、问答系统、会话对话系统和社交网络等大量应用都需要对底层结构化知识进行推理。特别是，*知识图*（KGs）[174]，[175]作为研究此类知识的复杂多关系设置的重要模型而受到了广泛关注。KGs表示事实（事件），通常从文本数据中提取，以三元组（s, p, o）的形式表示，其中s和o分别表示主体和客体实体，p作为关系类型表示谓词。然而，在现实世界中，知识不断发展，激发了*时间知识图*（TKGs）的构建和应用[176]，[177]，其中事实从三重（s, p, o）扩展到时间戳t的四三重（s, p, o, t），即（s, p, o, t）。除了结构依赖之外，TKGs还有效地捕获了事实之间的时间依赖关系，有助于提高对实体行为的理解，以及它们如何随着时间的推移为事实的生成做出贡献。

由于最近法学硕士[76]在许多文本推理任务上表现出惊人的表现，因此主动研究法学硕士在TKGs中的有效性是很自然的。根据执行的任务，基于llm的TKG模型可以分为预测和完成两类。TKG预测旨在利用对过去事实的了解来预测未来的事实。[125]通过使用法学硕士的上下文学习（ICL）来解决这个问题。预测由法学硕士以零射击的方式生成，并根据提示构建历史事实。注意[112]也涵盖了在GDELT数据集上评估的TKGs中的事件预测任务[178]。有关方法的更多细节请参见第4节。完成也是一项重要的任务，因为TKGs以其不完整性而闻名。PPT[123]是一种新颖的基于plm的模型，带有提示来解决完成任务。构建实体（即ent-prompts）、关系（即rel-prompts）和时间戳（即时间提示）的不同提示，将四元组转换为适合输入到plm的形式，然后制作

12

lAtex类文件期刊，vol . 14, no . 5。2021年8月8日

对面具的预测。通过这种方式，将TKG完成任务转换为PLM模型掩码令牌预测任务。[124]首次尝试将法学硕士应用于电子商务环境中的完成任务，提出通过提示GPT-3.5和PaLM等法学硕士来标记电子商务kg的谓词。

**5.3视频**

视频是指视觉信息的数字表示，通常由一系列图像或帧组成，这些图像或帧共同传达运动和时间变化。这些数据在各种现实世界的应用中已经无处不在，包括监控系统、娱乐平台、社交媒体和驾驶员辅助系统[179]。用于视频理解的传统深度学习方法主要涉及两个关键范例：(1)2D cnn，其中每个视频帧由2D卷积单独处理，然后沿着网络顶部的时间轴进行聚合[180]，[181]；(2)三维cnn，通过聚合时空特征，通过三维卷积学习视频的时空表示[182]，[183],[184],[185]。最近，变形金刚也凭借其捕获远程依赖关系的能力，被广泛应用于视频识别的时空依赖关系建模[186]、[187]、[188]、[189]。

然而，法学硕士和pfm的最新进展通过利用视频固有的多模式特性，为增强视频理解铺平了道路。这些模型，如OpenAI的CLIP[190]和DALL-E[191]，可以通过联合处理视觉和文本模态，有效地从视频数据中提取丰富的上下文信息，从而能够更全面地理解复杂的场景和事件。此外，这些模型有潜力促进跨不同领域的高效迁移学习，从而提高视频分析任务的泛化和鲁棒性。我们将在以下部分讨论用于视频理解的法学硕士和pfm。

*5.3.1视频数据的大型语言模型*

如前所述，当前的视频理解模型经常表现出特定于任务的限制，并且不具备管理各种任务的综合能力。法学硕士的最新进展促进了序列推理能力的应用，该能力源自自然语言处理中预训练的法学硕士，如LAVENDER[135]所示，可用于各种视频处理任务。传统的法学硕士将单词作为输入，并在包含单词序列的广泛自然语言数据集上进行预训练，而VideoLLM[133]将视频流编码为令牌序列，并使用预训练的法学硕士进行视频理解任务。这种方法包含一个精心设计的模态编码器和语义翻译器，它有助于将来自不同模态的输入转换为统一的标记序列。随后将该序列输入到仅解码器的LLM中，并在直接任务头的帮助下，VideoLLM生成适用于各种视频理解任务的高效，统一的框架。Video- ChatGPT[151]是为基于视频的对话量身定制的多模态模型。它结合了一个视觉编码器适应

用法学硕士来处理视频内容，使模型能够理解并产生与视频相关的深入讨论。与上述依赖语言数据的方法不同，Zhang等人提出了Video-LLaMA[134]，这是一种独立于文本数据运行的多模态框架。Video-LLaMA通过Q-Former赋予Llama[71]视觉和音频信息，使其能够理解视频中的视觉和听觉信息。为了确保视觉和音频编码器的输出与LLM的嵌入空间之间的一致性，Video-LLaMA在广泛的视频/图像标题对语料库以及中等大小但质量较高的视觉指令调优数据集上进行训练。拥有法学硕士学位的视频助理Valley[53]采用时空池策略从视频和图像输入中提取统一的视觉编码。它还为预训练目的策划了大量的视觉-文本对语料库，随后生成了一个多任务指令跟踪视频数据集，在ChatGPT的帮助下用于会话设计。

与此同时，一系列的研究文献集中在使用法学硕士的视频问答（VQA）上。FrozenBiLM[127]利用冻结的双向法学硕士学习多模态输入，并通过掩模语言建模实现零射击VQA。Su等人提出了一个名为CaKE-LM的问答生成框架[131]，从法学硕士中提取因果常识知识，用于因果VQA。VideoChat[129]提出合并视频pfm[192]和图像pfm[84]中的特定元素，并使用几个可适应层将它们与法学硕士[74]集成。这种整合通过两个阶段的轻量级训练过程进行微调。R2A (retrieval -to- answer)[128]是一个两阶段的VQA框架。在第一阶段，它从通用文本语料库中检索语义相似的文本集合，采用预训练的多模态模型，例如CLIP[193]。在第二阶段，使用原始问题和检索文本，直接应用法学硕士来生成所需的答案。在交通领域的VQA中，Qasemi等人引入了一种名为TRIVIA的创新自动字幕方法[152]，它作为一种弱监督形式，将交通领域的知识整合到广泛的视频语言模型中。

利用网络规模的图像-文本数据来学习视觉表示已被证明是计算机视觉领域的一种有效工具。然而，与十亿规模的图像文本数据集相比，配对视频文本语料库的规模相对有限，这一进展受到了限制。为了克服这一挑战，LAVILA[54]引入了一种新的方法，通过利用大型语言模型（法学硕士）的能力来获取视频语言表示。LAVILA重新利用预先训练的法学硕士，使其以视觉输入为条件，随后对其进行微调，从而创建自动视频解说员。自动生成的叙述提供了许多好处，例如扩展视频的全面覆盖，增强视觉信息和文本之间的时间同步，以及文本内容的多样性显着增加。

*5.3.2视频数据的预训练基础模型*

近年来，语言、基于图像的视觉和多模态预训练方法取得了显著进展

13

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 5。2021年8月8日

所作的。遵循这一趋势，最近的研究以对比或生成的方式开创了各种面向视频的预训练策略[194]、[195]、[196]、[197]、[198]、[199]、[200]、[201]、[202]、[203]、[204]，导致了一系列用于视频处理的视频或视频语言基础模型[55]、[144]、[145]、[146]。具体来说，Wang等人首先提出了一种称为OmniVL的视觉语言基础模型[144]，该模型将图像语言和视频语言建模统一起来。它自然可以支持广泛的任务，包括纯视觉任务、跨模态对齐任务和多模态任务。为了改进视频pfm， PAXION[146]通过将缺失的动作知识集成到冻结的视频语言基础模型中，同时保留了其通用的视觉语言能力，从而解决了视频理解方面的差距。相比之下，mPLUG- 2[55]是一个新的Transformer框架，它允许在单模态和跨模态任务中使用各种模块组合。为了实现这一目标，mPLUG- 2共享通用模块，同时分离特定模态模块，有效地解决了模态纠缠的问题，并提供了灵活性，可以选择不同的模块来处理各种模态（包括文本、图像和视频）的不同理解和生成任务。在mPLUG-2概念的基础上，Xu等人进一步设计了一个模块化的仅解码器模型，名为mPLUG- video[145]，具有有限数量的可训练参数。这个模型是建立在一个冷冻的预训练LLM和优酷- mplug2。

**6资源和应用**

在本节中，我们总结了与时间序列和时空数据相关的各种应用中常见的数据集、模型和工具，如表3所示。

**6.1交通应用**

交通流预测已成为智能交通系统（ITS）发展的关键问题。时间序列和时空数据的利用有助于创建更准确和自适应的预测模型。随着该领域的不断发展，大量的数据集和工具已经可供研究人员和从业者使用。

*但是数据集*

几个数据集已经成为该领域的基准。*metro -LA*[205]是一个值得注意的数据集，它包含了从位于洛杉矶县路网的环路探测器获取的交通速度数据。该数据集包含来自207个传感器的数据，时间跨度为4个月，从2012年3月到6月，每5分钟记录一次信息，最终形成34,272个时间片。同样，*PEMS-BAY*[205]和*PEMS04*[207]是来自加州运输机构绩效测量系统的数据集，提供了对湾区不同时期交通速度和流量的详尽见解。另一个重要的数据集是*SUTD-TrafficQA*[208]，它包括10080个真实世界的视频，其中标注了62535个问答对，捕捉了固定和自我观点的视角。此外，*TaxiBJ*[209]等数据集，

2. 首个公开的中文视频语言预训练数据集[145]。

*SafeGraph的bikenic*[209]、*TaxiNYC*[214]和交通数据集[216]提供了交通和人类交通的各个方面的全面见解，为交通流建模和预测提供了宝贵的资源。*最大*[219]是第一个关于大规模交通预测的交通数据集，涵盖了道路网络上超过8000个传感器，周期为5年。

*6.1.2工具*

为了进行有效的分析和模拟，研究人员可以使用许多工具。*SUMO*作为一个开源的流量模拟器脱颖而出，提供了一个全面的流量建模和分析环境。*TransWorldNG*[323]是GitHub上可用的另一个重要工具，可促进复杂的交通模拟。此外，对于专注于真实世界人类移动数据的研究人员*来说，SafeGraph学术数据*提供了一个平台，允许访问大量匿名数据，在允许广泛分析的同时确保隐私。在交通流预测领域，*trafficBERT*[143]是一个为不同道路条件下的应用量身定制的模型检查点资源。该模型的独特性在于它的基础，是在大规模交通数据上进行预训练的。traffic *- ficBERT*没有依靠传统的RNN来捕获时间序列信息，而是利用了多头自注意机制的力量。这种设计选择允许对数据中的时间依赖性进行更复杂的捕获。

**6.2医疗保健应用**

尽管存在固有的方法挑战，但由于其实际意义，医疗保健中的时间序列预测已经迅速发展。在医学背景下，预测模型在预测疾病进展、估计死亡率和评估时间依赖性风险方面发挥了关键作用。本小节概述了突出的数据集和模型/工具，阐明了时间序列预测在推进医疗保健解决方案方面的巨大潜力。

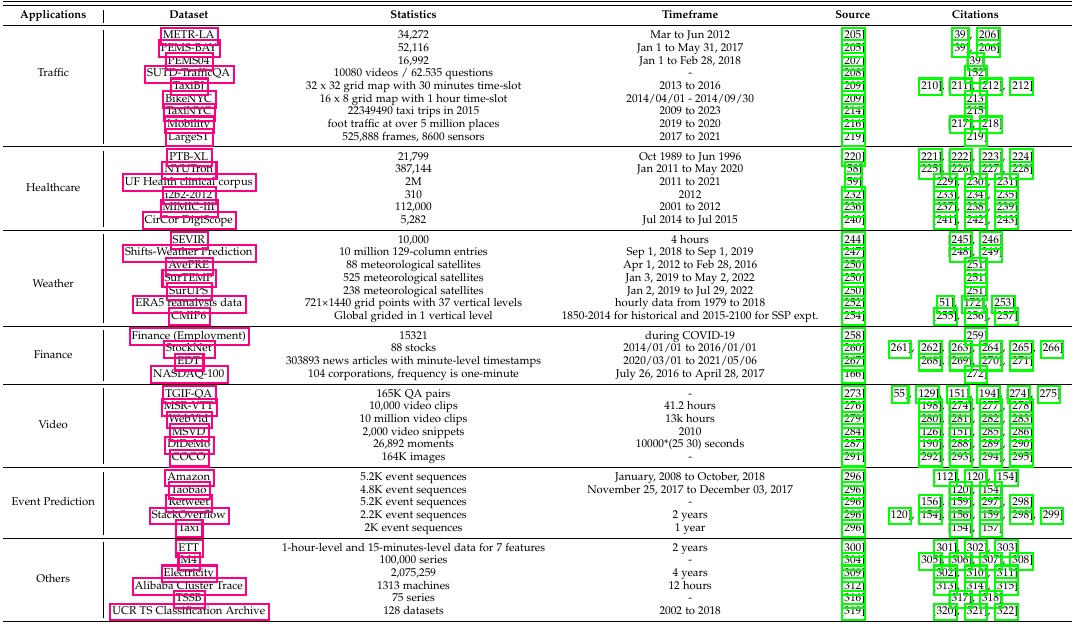
*6.2.1数据集*

在医疗保健领域，有几个数据集脱颖而出。*PTB- XL*[220]包括来自18,885名患者的21,837例临床12导联心电图，持续时间为10秒，分为诊断，形式和节律，总共有71种不同的陈述。*NYU数据集*[58]包括NYU笔记、NYU笔记-曼哈顿、NYU笔记-布鲁克林，涵盖了10年来未标记的住院临床笔记。微调数据集，如“NYU再入院”、“NYU死亡率”等，包含特定的标签。*UF Health临床语料库*[59]是来自UF Health IDR、MIMIC-III语料库、PubMed集合和Wikipedia文章的临床叙述的聚合，产生了超过900亿字的语料库。*I2b2-2012*[232]专注于临床叙述中的时间关系，提供用时间信息注释的出院摘要。*MIMIC- III*[236]是一个公共数据集，包含来自重症监护病房的ICD-9代码、生命体征、药物和其他关键患者数据。*CirCor DigiScope*[240]是最大的儿科心音数据集，带有心脏杂音的注释。

14

Journal of lAtex class files, vol . 14, no . 14。2021年8月8日

表3：不同应用的数据集资源汇总。



*6.2.2模型检查点和工具包*

各种模型检查点和工具包已经出现，为医疗保健应用量身定制。*NYUTron*[58]是一个以结构化/非结构化笔记和实时电子订单为中心的大型语言模型。*BioBERT*[324]来源于BERT，并使用生物医学数据集进行改进。它在精确定位实体、识别关系和回答查询方面表现出色。*ClinicalBERT*[325]适用于使用MIMIC-III数据集的临床领域，有助于预测患者预后、数据匿名化和诊断。*BlueBERT*[237]建立在BERT的基础上，使用生物医学文本数据进行训练，精通各种生物医学NLP任务。*Clairvoyance*[326]是临床决策支持的端到端管道，能够进行预测、监测和个性化治疗计划。*ARL EEGModels*是在Keras和TensorFlow中处理EEG信号的CNN模型集合。*DeepEEG*是Keras/TensorFlow中用于EEG处理的深度学习库，与跨国公司工具箱兼容。

**6.3天气应用**

天气预报涉及对大气状况的预测，这是无数日常决策和经济考虑的基础。本小节描述了天气动力学中用于时间序列预测的主要数据集、模型和工具。

*6.3.1数据集*

*SEVIR (Storm EVent ImagRy)*[244]包括超过10,000个事件，在4小时内对齐了384公里x 384公里的图像序列，整合了来自GOES-16成像仪和卫星的数据

NEXRAD。*Shifts*[247]可以作为不确定性估计的晴雨表，并对多种数据模式的真实分布偏差具有鲁棒性。*AvePRE, SurTEMP， SurUPS*[250]由NASA提供。这些数据集阐明了来自广泛的地面仪器网络的12个天气参数的每小时变化。*Weath- erBench*[327]可作为中期天气预报的基准。*CMIP6*[254]是一个专注于评估多种全球气候模式的国际联盟。*ERA5*[252]是一个广泛的再分析存储库，提供1979年至2018年的颗粒大气数据。

*6.3.2模型和工具*

*panguu - weather*[140]是一个最先进的深度学习模型，以其快速、精确的全球预报而闻名。*ClimaX*[51]建立在Transformer架构之上，该架构可以使用创新的编码和聚合技术处理各种数据集，并在CMIP6[254]数据上进行预训练。*GraphCast*[171]结合了gnn，其在预测任务中的通用性突出。

总而言之，天气预报中的时间序列评估受益于值得注意的数据收集和建模进步。该领域正在进行的研究承诺在可预见的未来会有更精细的工具和数据集。

**6.4金融应用**

时间序列预测，特别是在金融领域，提出了重大挑战。这需要深入研究

15

lAtex类文件期刊，第14卷，第2期。2021年8月8日

用于未来预测的线性和非线性历史数据相互作用。金融领域的常见应用包括预测买入/卖出信号或预测市场上公司股票的价格变化。

*6.4.1数据集*

*金融（就业）*[258]记录了2019冠状病毒病大流行期间基于100万活跃美国雇员的就业数据变化。它还纳入了作为极端事件标志的州一级政策。*StockNet*[260]提供了受推文和历史股价影响的股票走势的全面概述，涵盖了两年内的88只股票。*EDT*[267]则面向公司事件检测和基于文本的股票预测。它包含9721篇带有令牌级事件注释的新闻文章，并提供了基于文本的股票预测基准。*纳斯达克-100*[166]包含纳斯达克-100的每日股票价格，使用yfinance包从雅虎财经检索。

*6.4.2模型和工具*

*FinGPT*[328]是一种为金融部门量身定制的开源、扩展性语言模型，它提供了一种透明的方法，强调自动化数据管理管道和轻量级低阶适应方法的价值。*WeaverBird*[329]是最近的一项工作，它是一个专门为金融领域设计的智能对话系统，具有知识库和搜索引擎。它具有理解复杂金融查询的能力，最终的响应以搜索结果为条件，并包括对来源的适当引用，从而提高了可信度。

在快节奏的金融世界中，预测模型和工具的不断发展和完善仍然是至关重要的。随着数据集的增长和模型的发展，金融部门将从更精确的预测和细致入微的决策中受益。

**6.5视频应用**

视频问答（VideoQA）尝试使用给定视频的内容来回答自然语言问题。这个模型应该生成精确的答案，反映视频中描绘的内容。该领域还扩展到视频质量评估和视频预测。

*6.5.1数据集*

*TGIF-QA*[273]提供了来自TGIF数据集的动画gif的165K QA对。*MSR-VTT（微软研究视频到文本）*[276]数据集是视频字幕的巨大来源，包含跨越20个类别的10,000个视频剪辑。*We- bVid*[279]由1000万个视频片段组成，每个视频片段都配有一个标题，来源来自网络。*MSVD（微软研究视频描述语料库）*[284]包含大约120K个句子，每个句子详细描述了一个特定的视频片段。*DiDeMo*[287]是专门为视频中事件的时间定位而设计的，它包含了近27000个时刻，每个时刻都有详细的描述。*COCO（微软公共对象上下文）*[291]提供了一个全面的对象检测、分割和字幕源，由328K图像组成。

*6.5.2模型和工具*

对比语言-图像预训练*（CLIP）*利用自然语言监督来有效地训练图像表示。*BLIP*[330]提供了一种独特的自引导方法来有效地处理视觉-语言预训练（VLP）中的噪声网络数据。*ViLBERT（视觉和语言BERT）*[331]扩展了BERT架构，以联合处理视觉和文本输入。*VisualBERT*[332]通过Transformer将图像区域和语言结合起来，允许自我关注来识别隐含的语言-视觉对齐。

**6.6事件预测应用**

事件序列，又称带有不规则时间戳的异步时间序列，在现实世界的金融、网购、社交网络等领域发挥着至关重要的作用。本小节讨论用于事件预测任务的主要数据集、模型和工具。

*6.6.1数据集*

*亚马逊*[296]和*淘宝*[296]是电商平台上带有时间戳的用户产品评论行为的两个数据集：每个用户都有一个农产品评论事件序列，每个事件包含被评论产品的时间戳和类别，每个类别对应一个事件类型。*Retweet*[296]、*StackOverflow*[296]和*Taxi*[296]是另外三种常用的事件序列数据集，它们分别包含用户转发、用户问答和用户打车事件序列。

*6.6.2型号和工具*

*Tick*[333]是一个著名的库，专注于经典TPPs的统计学习。为了克服经典TPPs的局限性，近年来，许多研究人员一直在开发TPPs的神经版本，利用神经网络的表达能力来学习复杂的依赖关系。*EasyTPP*[296]是神经事件序列建模领域第一个开源的研究资产（如数据、模型、评估程序、文档）中央存储库。它提供了流行的神经TPPs的实现，以及一个丰富的模块库，通过组合可以快速构建复杂的模型。此外，它还提供了使用现有数据集和添加新数据集的统一接口，以及易于使用和扩展以及促进可重复研究的广泛评估程序。

**6.7其他应用**

除了前面提到的具体应用之外，时间序列预测、分类和异常检测是电力、云计算、零售等行业的一般应用领域。

*6.7.1数据集*

*ETT (Electricity Transformer Temperature)*[300]由中国两个县变压器两年的温度数据组成。*M4*[304]提供了为Makridakis预测竞赛收集的100,000个时间序列。*电力*[309]提供了一个家庭近四年的电力消耗测量数据。*阿里巴巴集群追踪*[312]

16

lAtex类文件学报，第14卷，第2期。2021年8月8日

捕获24小时内同址工作负载的详细统计数据。*TSSB（时间序列分割基准）*[316]目前包含75个注释时间序列。*UCR时间序列分类档案*[319]作为主要资源，其数据集从85个系列扩展到128个系列。

*6.7.2通用工具和库*

*OpenSTL*[334]是时空预测学习的基准，它涵盖了从简单的合成场景到复杂的现实世界应用的广泛方法和任务。*BasicTS*是一个基于pytorch的基准和工具箱，帮助进行时间序列预测。*Merlion*[307]是一个专门用于时间序列的开源ML库，支持单变量和多变量模型。*darts*[335]是一个Python库，设计用于对时间序列进行用户友好的预测和异常检测。*PyTorch Geometric Temporal*[336]是一个动态扩展库，PyTorch Geometric支持多种功能。

**7展望与未来机会**

在本节中，我们讨论了当前研究的潜在局限性，并重点介绍了未来六大研究方向，旨在开发更强大、更透明、更可靠的大型模型，用于时间数据分析。

**7.1大型模型的理论分析**

大型模型，特别是大型语言模型，主要是为自然语言处理而设计的，具有捕获序列中的长期依赖关系的能力。由于文本数据和时间数据的顺序性，最近的研究已经扩展了法学硕士来处理时间序列和时空任务。这意味着从法学硕士的文本数据中学习到的表示可以被微调以捕获时间数据的模式。然而，这仍然是一个非常高级的理解。与其他深度学习模型一样，由于其复杂性，法学硕士也是“黑盒子”，因此很难理解哪些数据影响了它们的预测和决策。需要对时间数据的法学硕士进行更深入的理论分析，这包括理解语言和时间数据之间的潜在模式相似性，以及如何有效地将它们用于特定的时间序列和时空任务，如预测、异常检测、分类等。

**7.2多模态模型的开发**

在现实世界的应用中，许多时间序列和时空数据往往带有文本描述等补充信息。这在经济和金融领域等场景中特别有用。例如，经济预测可以通过利用文本（如新闻文章或推文）和数字经济时间序列数据中的信息来执行。因此，法学硕士可以适应学习联合表示，考虑时间数据的顺序性质和其他模态的独特特征。此外，不同的模态可能具有不同的时间分辨率。法学硕士可以适应处理具有不同时间分辨率的多种模式的时间数据差异。因此，可以充分利用来自不同时间分辨率的所有信息以获得更好的性能。

**7.3持续学习和适应**

现实世界的应用程序经常面临不断变化的场景。因此，有必要研究模型适应非平稳环境的能力，避免旧知识的灾难性遗忘。尽管一些作品已经在常见的机器学习和深度学习模型中研究了这些问题，但研究如何使大型模型能够持续适应不断变化的时态数据，包括在线学习策略、适应概念漂移、适应数据中不断变化的模式，仍然是一个未被充分探索的问题。

**7.4可解释性和可解释性**

理解为什么一个模型做出了特定的预测或预测，对于时间序列分析也是至关重要的，尤其是在医疗保健和金融等关键领域。目前，国内对法学硕士的认识仍然有限。因此，开发理论框架来理解法学硕士学到了什么以及他们如何在应用于时间序列数据时进行预测是很重要的。可解释性和可解释性可以使法学硕士更加透明，为时间序列分析提供基础，例如强调预测未来值的原因，如何将特定点视为异常，或解释特定分类背后的原因。研究如何增强大型模型来执行时间推理，并推断时间序列数据中的因果关系。这包括开发识别因果关系的方法，这对于根本原因分析和干预计划等应用至关重要。

**7.5大型模型上的隐私和对抗性攻击**

时间数据可能是高度敏感的，特别是在医疗保健和金融等应用中。当法学硕士在这些数据上进行训练/微调时，他们可以记住训练数据中的特定细节，从而带来泄露私人数据的风险。因此，如何利用隐私保护技术（如差分隐私和联邦学习）来确保数据隐私，同时仍然受益于法学硕士进行时间序列和时空分析的能力，这方面有很多研究机会。

**7.6模型泛化和漏洞**

法学硕士通常在一般数据上进行预训练，然后在特定任务上进行微调。如果微调数据包含对抗性或有噪声的例子，这个过程可能会引入漏洞。如果用于微调的时间数据没有被仔细整理，模型可能会从这些数据中继承偏差或漏洞，从而导致现实应用中的鲁棒性受损。此外，虽然法学硕士是在庞大的数据集上训练的，但它们可能无法很好地推广到未见过的或分布外的数据。时间序列和时空数据可能会表现出突然的变化或趋势。如果LLM在训练过程中没有遇到类似的模式，它可能会产生不可靠的输出，这强调了对鲁棒泛化的需求。

17

Journal of llAx class files, vol . 14, no . 5。2021年8月8日

**8的结论**

我们为分析时间序列和时空数据而量身定制的大型模型提供了广泛和最新的调查。我们的目标是通过引入一种对所审查的模型进行分类的新分类法，为这一动态领域提供一个新的视角。我们超越了单纯的描述，总结了每个类别中最突出的技术，深入研究了它们的优势和局限性，最后，为未来的研究指明了有希望的途径。在这个令人兴奋的话题中，突破性研究的范围是无限的。这项调查将作为催化剂，激发进一步的好奇心，培养对时间序列和时空数据分析大型模型领域研究的持久热情。

**参考文献**

[1] w x赵、周k . j . Li t . Tang x, y, y, b。,j .张董z *et al .*,“大型语言模型的调查,”*arXiv预印本arXiv: 2303.18223*, 2023。

[2]李建军，李建军，李建军，李建军。杨，S. Khan，“定义视觉新时代的基础模型：综述与展望，”*预印版预印本预印版:2307.13721*, 2023。

[3]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，“基于数据的大型音频模型研究”，*预印版预印版，第2*卷第1期，2023。

[4]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明*等*，“基于多语言模型的临床医学研究”，预印版，*预印版，32(4):1232* - 1238,2022。

[5]陈晓明，陈晓明，陈晓明，陈晓明，“一种基于语言模型的通用模式识别方法”，*预印版预印版，第2卷第1期，2023 -* 2023。

[6]张晓明，张晓明，张晓明，“基于语言模型的文本分类”，*arXivarXiv*，2018。

[7]苏东，徐鹏，金辉，徐鹏，冯鹏，“基于预训练语言模型微调的泛化问答系统”，*第2届机器阅读问答研讨会论文集*，2019,pp. 203-211。

[8]张晓明，张晓明，张晓明，“一种基于语言提示的机器翻译方法”，*arXiv，第1卷第*1期。

[9]魏建军，陈志强，陈志强，陈志强，M. Bosma，周，d.m etzler*等*，“大型语言模型的突现能力”，*arXiv预印本arXiv: 206.06 - 206.02*, 2022。

[10] T. Brown， B. Mann， N. Ryder， M. Subbiah， J. D. Kaplan， P. Dhari- wal， A. Neelakantan， P. Shyam， G. Sastry， A. Askell*等*，“语言模型是几次学习器”，*神经信息处理系统进展*，vol. 33, pp. 1877-1901, 2020。

[11]吴志强，吴志强，刘志强，“基于多任务学习的语言学习模型”，中文信息学报，vol. *1*, no. 11。8, p. 9, 2019。

[12]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明*等*，“基于路径的手势语言建模方法研究”，*arXiv，预印本arXiv: 2023* - 2023, 2022。

[13]陈志强，陈志强，陈志强，陈志强，陈志强，A. Passos， S. Shakeri， P. Bailey，陈伟*等*，“Palm 2技术报告”，*arXiv，预印本arXiv: 2305.104*,2023。

[14]刘晓，侯振民，侯振民，王伟，张，唐杰，“自监督学习：生成或对比”，*IEEE知识与数据工程学报*，第35卷，第1期。1, pp. 857-876, 2021。

[15]王晓明，王晓明，“迁移学习的*研究进展”，《计算机科学》，第*3期，第5期。1, pp. 1 - 40, 2016。

[16]张晓明，张晓明，*张晓明*，“基于深度学习的图像标注方法研究”，《计算机科学》，vol. 31, no. 16。6, pp. 1 - 36,2019。

[17]王晓明，“基于数据集和算法的可视化问答”，*《计算机视觉与图像理解》*，第3卷，第3 - 6页，2017。

[18]王晓明，王晓明，王晓明，“从识别到认知：视觉常识推理”，*IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议论文集*，2019,pp. 662 - 667。

[10] A. Karpatne， I. Ebert-Uphoff， S. Ravela， H. A. Babaie， V. Kumar，“地球科学中的机器学习：挑战与机遇”，《*IEEE知识与数据工程*学报》，vol. 31, no. 1。8, pp. 1544-1554, 2018。

[20]金国光，梁勇，方勇，黄军，张，郑勇，“基于时空图神经网络的城市计算预测学习研究进展”，arXiv，*arXiv*，第4卷第1期，2023 - 2023。

[21]朱忠，陈伟，夏仁，周，牛平，彭斌，王伟，刘晓，马志强，温清*等*，“基于机器学习的电力预测系统：基于鲁棒、灵活和可解释的机器学习算法”，*人工智能大会*，2023。

[22]张晓明，张晓明，张晓明，“基于时间序列数据的多任务学习方法研究”，*《科学数据》*，第6卷，第2期。1，第96页，2019。

[23]文红，夏勇，王凯，刘晓明，周志明，“时空图预测：一个因果视角和处理方法”，*arXiv预印本arXiv:2309.13378*, 2023。

[24]蔡仁生。*金融时间序列分析*。John wiley & sons, 2005。

[10] I. Lazaridis和S. Mehrotra，“基于质量保证的传感器生成时间序列捕获”，第*19届国际数据工程会议论文集（Cat）。03 ch37405)*。IEEE, 2003, pp. 429-440。

[26]美国姚明,s .胡赵y, A . Zhang和t . Abdelzaher”Deepsense:一个统一的深度学习时间序列移动传感数据处理框架,“*第26届国际研讨会论文集在万维网上*,2017年,页351 - 360。

[27]王晓明，王晓明，“基于深度学习的金融时间序列预测方法研究：基于深度学习的实证研究”，《计算机科学》，第1卷第1期，第1页，2010。

[28]周之，张超，马丽丽，顾军，钱洪，文红，孙丽，李鹏，唐忠，“基于kubernetes的阿里云容器服务的自适应水平pod自扩展系统”，中国*人工智能学会年会论文集*，2023。

[29]余国强，“为什么我们有时会得到无意义的时间序列相关性？”——抽样和时间序列性质的研究，*《皇家统计学会杂志》*，第89卷，第2期。1，第1 - 63页，1926年。

[30]李建军，李建军，李建军，“基于神经网络的时间序列预测方法*研究”，《预测*》，vol. 37, no. 30。1, pp. 388 - 427,2021。

[31]李建军，李建军，李建军，“一种基于卷积神经网络的动作分割方法”，*计算机视觉学报，2016年10月8-10日，第3部分*。Springer, 2016, pp. 47-54。

[32]郭海英，金明明，金明，潘绍平，“基于神经网络的时间序列预测、分类和异常检测方法”，*arxi，预印本arxi:* 2023 - 2023。

[33]张晓明，张晓明，张晓明，“基于图像变换的数据处理方法研究”，《*IEEE计算机工程学报》*，2013。

[34]文强，周翀，张，陈文文，马志杰，严，孙磊，“变形金刚的时间序列研究”，*国际人工智能学术会议，2009,pp. 678 -* 686。

[10]张，文强，张，蔡仁，金明，刘勇，张，梁勇，庞国光，宋东*等*，“面向时间序列分析的自监督学习：分类、进展与展望”，*arXiv预印本arXiv:2306.10125*, 2023。

[36]王晓明，王晓明，“基于视频的自监督学习”，《*ACM*计算机研究》，vol. 55, no. 31。13s, pp. 1 - 37,2023。

[37]张晓明，赵志强，张晓明，“基于时间-频率一致性的时间序列自监督对比预训练”，*《神经信息处理系统》*，vol. 35, pp. 391 - 394, 2022。

18

《lAtex类文件学报》，第14卷，第2期。2021年8月8日

[38]董军，张，张，王光，龙明，“一种基于Simmtm的模糊时间序列建模方法”，*神经信息处理系统进展*，2023。

[10]邵志强，张，王光，徐毅，“基于多变量时间序列预测的预训练增强时空图神经网络”，*第28届ACM SIGKDD知识发现与数据挖掘会议论文集*，2022,pp. 1567-1577。

[40]王志强，帕特尔，王志强，王志强，帕特尔，“基于自适应掩蔽的自编码学习方法研究”，中国*计算机工程学报*，2009，第1期，第4 - 7页。

[41]陈建军，陈建军，陈建军，陈建军，陈建军*等*，“基础模型的风险与机遇”，《arXiv》，*arXiv，第4期，第4 -* 7页，2015。

[42]张晓明，张晓明，张晓明，“基于多模态数据的自监督表征学习”，*预印本arXiv*，2012。

[43]周翀，李强，李强，于建军，刘勇，王光，张，纪春春，严，何磊*等*，“从bert到chatgpt的预训练基础模型综合研究”，*arXiv预印本arXiv:2302.09419*, 2023。

[44]孙晓霞，李开，孙晓霞，徐涛，陈恩，“多模态大语言模型研究”，*arXiv，预印本arXiv:2306.13549*, 2023。

[45]吴超，张，张，王勇，谢文，“放射学综合基础模型”，*arXiv，预印本arXiv: 2308.02463*,2023。

[46]马列，刘宁，郑铮，黄之，朱世生，于之，郭建涛，“时间序列预训练模型的研究进展”，*arXiv，预印本arXiv: 2305.107*,2023。

[47]麦国光，黄之，孙军，宋松生，刘宁，高生，刘宁，丛光，*胡勇等*，“地理空间人工智能基础模型的机遇与挑战”，*arXiv预印本arXiv:2304.06798*, 2023。

[48]王晓，周涛，牛平，孙磊，金仁，“一种适合所有人的通用时间序列分析方法”，*神经网络信息处理系统*，2013。

[49]金仁，王勇，马列，褚志杰，张，石晓燕，彭勇。陈恩，梁玉峰，梁玉峰。李开，潘绍文，“时间- llm：基于大语言模型的时间序列预测”，*arXiv预印本arXiv: 2310.01728*,2023。

[50]毕昆，谢文，张，陈恩，顾新，田清，“基于三维神经网络的全球中期天气预报”，*《自然》*，vol. 6, no. 5。7970, pp. 533-538, 2023。

[10]阮涛，J. Brandstetter， A. Kapoor， J. K. Gupta， A. Grover，“天气和气候的顶点：一个基础模型”，*国际机器学习会议*，2023。

[10]王晓，王，陈安，林毅，“基于生成图变换的交通基础模型构建”，*arXiv预印本arXiv:2305.14826*, 2023。

[53]罗仁，赵忠，杨竑，董，邱明，卢平，王，魏志伟，“基于大语言模型增强能力的视频助手”，*arXiv预印本arXiv: 2306.07207*,2023。

[54]李晓明，李晓明，李晓明，“基于多语言模型的视频学习”，*计算机视觉与模式识别*，2016，第4期，第1 -第2页。

[10]徐，叶琪，闫明，石玉华，叶俊，徐，李莉，毕波，钱强，王*等*，“mplug-2：一种跨文本、图像和视频的模块化多模态基础模型”，*国际机器学习会议*，2023。

[56]陈志强。杨竑，yy - y。蔡和p - y。陈安，“voice2系列：重新编程声学模型用于时间序列分类”，*机器学习国际会议*。PMLR, 2021, pp. 11 808-11 819。

[57]王晓明，王晓明，“基于时间序列的时间序列预测方法研究”，*预印版arXiv，第4期，第*3期。

[58]蒋丽艳，刘新昌，n.p. nejatij， M. Nasir-Moin，王D. A. Abidin， K. Eaton， H. A. Riina， I. Laufer， P. Punjabi*等*，“卫生系统尺度语言模型的通用预测引擎”，*《自然》*，第1-6页，2023。

[59]杨竑，陈安，申宏昌，史密斯，C. Parisien， C. Compas， C. Martin, a.b. Costa， M. G. Flores

*等人，*“电子健康记录的大语言模型”*，NPJ数字医学，*第5卷，第5期。1, p. 194, 2022。

[60]张晓明，张晓明，“基于神经概率的语言模型”，*计算机科学，vol*. 13, 2000。

[61]王晓明，王晓明，王晓明，“基于神经网络的语言模型”，《语言学报》，第2卷第1期。3. Makuhari, 2010, pp. 1045-1048。

[62]李建军，李建军，*李建军，“深度神经网络语言模型”，中国语言学会年会论文集：我们将真正取代N- gram模型？On the Future of Language Modeling for HLT*, 2012, pp. 20-28。

[63]王志强，王志强。常波， K. Lee和K. Toutanova，“Bert：深度双向转换器用于语言理解的预训练”，*arXiv预印本arXiv:1810.04805*, 2018。

[64]李晓明，李晓明，李晓明，刘新昌，李晓明，李晓明，李晓明，“基于自然语言生成、翻译和理解的去噪预训练方法”，*《arXiv》，arXiv版*，2019。

[65]董，李莉，戴东，郑成，吴志武，常波，孙晓霞，徐，隋忠，“情境学习研究”，*arXiv预印本arXiv: 2301.00234*,2022。

[66]刘志强，刘志强，刘志强，熊志强，熊志强，熊志强*等*，“基于语言模型的生物多样性研究”，*生物*工程学报，第1-8页，2023。

[67]王晓明，王晓明，“基于语言模型的视觉分类”，arXiv，*arXiv，2002,21(4):1* - 7。

[68]李建平，“基于数据的股票价格预测方法研究”。返回可预测性和大型语言模型，”*arXiv预印本arXiv: 2304.07619*,2023。

[69]陈志强，李新，陈志强，魏晓霞，王生，殷东东，范伟，刘宏*等*，“大语言模型（llms）在图学习中的应用”，*arXiv预印本arXiv:2307.03393*, 2023。

[70]陈志强，王廷，沈志祥，陈志强，陈志强。杨，H. Schoelkopf*等*，“基于多任务微调的跨语言泛化”，*arXiv预印本arXiv:2211.01786*, 2022。

[71]李建军，李建军，李建军，等。lachhaux， T. Lacroix， B. Rozi 'ere， N. Goyal， E. Hambro， F. Azhar*等*，“Llama：开放和高效的基础语言模型，”*arXiv预印本arXiv:2302.13971*, 2023。

[72] H. Touvron， L. Martin， K. Stone， P. Albert， A. Almahairi， Y. Babaei， N. Bashlykov， S. Batra， P. Bhargava， S*. Bhosale等*，“Llama 2：开放的基础和精细的聊天模型”，*arXiv预印本arXiv: 2307,98,2023*。

[73]张涛，张涛，李晓明，李晓明，李新，梁鹏，“羊paca：一个强大的可复制的指令遵循模型”，清华*大学基础模型研究中心。https://crfm。斯坦福大学。edu/2023/03/13/alpaca。Html*，第3卷，第3期。6，第7页，2023年。

[74]王志强。蒋，李，林忠，盛一，吴诗，张海，郑林，庄，庄，J. E. Gonzalez*等*，“Vicuna：一个具有90%\*聊天质量的开源聊天机器人”，*见https://vicuna。lmsys。org（访问日期为2023年4月14日）*，2023。

[75]张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军，张建军*等。*

[76] OpenAI，“Gpt-4技术报告”，*ArXiv*, vol. abs/2303.08774, 2023。

[77]陈晓明，陈晓明，陈晓明，“基于神经网络的迁移学习方法研究”，*国际机器学习会议*，2019,pp. 391 - 391。

[78]胡恩杰，沈勇，朱志良，李，王生，王生，陈，“基于低秩自适应的大语言模型”，*arXiv，预印本arXiv:2106.09685*, 2021。

[79]张建军，张建军。陈，P. Das， A. Dhu- randhar， I. Padhi， D. Das，“抗体序列填充的大型预训练语言模型的重新编程”*arXiv预印本arXiv: 2210.07144*,2022。

[80] p - y。陈，“模型重编程：资源高效的跨域机器学习”，*arXiv预印本arXiv:2202.10629*, 2022。

19

《lAtex类文件学报》，第14卷，第2期。2021年8月8日

[81]孙涛，邵旸，钱红红，黄晓霞，邱晓霞，“基于语言模型即服务的黑盒调优”，*国际机器学习会议*。PMLR, 2022, pp. 20841 - 20855。

[82]李，高春春，宋晓霞，王晓，徐艳，*韩士生，“基于gpt的药物配体设计”，生物*工程学报，pp. 2023 - 2023。

[83]张晓明，张晓明，张晓明，“基于多模态语言模型的多模态学习”，中文*信息系统*学报，vol. 34, pp. 391 - 391。

[84]李，李，李志强，李志强，“*基于图像编码的语言图像预训练方法”，arXiv，第1*卷第1期，第4 - 6页。

[85]王晓明，王晓明，“基于时间序列的时间序列预测*方法研究”，arXiv，arXiv，32(4):942 - 946,2012*。

[86]刘建军，刘建军，刘建军，刘建军。Lo*等人*，“Segment anything”，*arXiv预印本arXiv: 2304.02643*,2023。

[87]吴诗，费鸿辉，瞿磊，季伟。蔡，“Next-gpt: Any-to-any multimodal llm”，*arXiv预印本arXiv: 2309.05519*,2023。

[88]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明*等*，“基于多语言模型的临床医学研究”，中国医学工程学报，第1-9页，2013。

[89]魏建军，王震，*李清伟*，夏峰，李恩德，周天，“基于思维链的大型语言模型推理”，*神经信息处理系统*，vol. 35, pp. 24 - 24 837,2022。

[90]赵建军，姚士林，余德华，赵建军，“基于语言模型的思维树算法”，*预印本arXiv，第21卷第*1期。

[91]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明*等*，“*基于语言模型的思维图方法研究”，《arXiv》，第1期，第2卷第1*期。

[92]吴中，王震，徐晓霞，卢建军，闫宏，“基于多语言模型的任务规划”，*arXiv，预印本arXiv: 2307.0188*,2023。

[93]王志，刘安，马晓霞，梁毅，“基于大语言模型的多任务智能体的描述、解释、计划和选择”，*arXiv，预印本arXiv: 230,2023*。

[94]温清，杨丽丽，周天，孙磊，“鲁棒时间序列分析及其应用：一个工业视角”，*第28届ACM知识发现与数据挖掘学术会议*，2022,pp. 436 - 437。

[95]陈晓明，陈晓明，季，“基于知识图谱的知识图谱研究”，《*IEEE神经网络与学习系统*学报》，vol. 33, no. 5。2, pp. 494-514, 2021。

[96] S. Khan， M. Naseer， M. Hayat， S. W. Zamir， F. S. Khan， M. Shah，“视觉变形金刚：一个调查”，*ACM计算机调查（CSUR）*，第54卷，第54期。10s, pp. 1 - 41,2022。

[97]刘志，李强，陈晓霞，吴中，石原生，李强，季，“点云视频流的挑战与解决方案”，*IEEE网络*，第35卷，第35期。5, pp. 202-209, 2021。

[98]王晓明，*李晓明，“时空数据挖掘方法与问题研究”，《计算机科学》，第1*卷，第1期。4, pp. 1-41, 2018。

[99]张晓明，“时间链预测的研究进展”，《计算机科学》，第3卷，第3期，第2 - 3页，2010。

[100] z贾、林y . j . Wang r·周x Ning, y, y赵,“Graphsleepnet:自适应时空图卷积网络睡眠阶段分类。*IJCAI*, vol. 2021, 2020, pp. 1324-1330。

[101]张志强，王晓明，“时空图神经网络*技术的研究进展”，《arXiv》，第1期，第3* - 4页。

[102] b . Cai, y, l .高h . Zhang y,和j·李,“时态知识图完成:一项调查,”*arXiv预印本arXiv: 2201.08236*, 2022。

[103]韩中，丁志强，马勇，顾玉峰，“*基于神经网络的知识图谱预测方法”，arXiv，arXiv，34(4):551* - 551,2013。

[104]曹德明，贾峰，叶伟，郑勇，刘震，“基于时间序列预测的生成式预训练变压器”，*arXiv预印本arXiv:* 2023 - 2023。

[105]孙晨，李旸，李旸，洪树林，“基于文本原型对齐嵌入的时间序列识别方法研究”，*arXivarXiv：2308.824*,2023。

[106]张志强，张志强。彭明和t - f。陈，“Llm4ts：基于预训练llms的时间序列预测的两阶段微调，”*arXiv预印本arXiv:2308.08469*, 2023。

[107]张晓明，张晓明，张晓明，“基于时间序列的大概率语言模型”，*《神经信息处理系统》*，2013。

[108]李晓明，薛华，“基于语言基础的人口流动预测模型”，*地理信息系统学报*，2009，第1-9页。

[109]余兴，陈志，凌云，董生，刘震，卢勇，“基于时间序列的可解释金融时间序列预测”，*arXiv预印本arXiv:2306.11025*, 2023。

[110]谢庆，韩中，赖勇，彭明，黄建军，“基于多模态的股票走势预测模型的零概率分析”，arXiv，*预印本arXiv，2004,23(4):551* - 551。

[111]张，杨辉，杨小勇。刘震，“基于指令调优的通用大语言模型的金融情绪分析”，*IJCAI，2023,2023*。

[112]薛华，王锴，史晓燕，周飞，张，周健，谭春春，梅慧，“基于语言模型的事件预测方法”，*神经信息处理系统进展*，2023。

[113]刘晓东，刘晓东，刘晓东，刘晓东。Poh， S. Liao， P. Di Achille和S. Patel，“大型语言模型是少量健康学习器，”*arXiv预印本arXiv: 2305.15525*,2023。

[114]李建军，刘晨，程树文，洪树文，“基于*深度学习的心电学习模型”，中国医学*工程学报，2016。

[115]唐鹏，张晓，“基于模糊自编码器的多变量时间序列预测”，2018*年IEEE第34届人工智能工具国际会议（ICTAI）*。IEEE, 2022, pp. 982-989。

[116]聂勇，阮新辉，P. Sinthong， J. Kalagnanam，“一种基于时间序列的预测方法”，*arxi，预印本arxi，第22*卷第1期。

[117]李晓明，李晓明，李晓明，J. Kalagnanam，“一种多变量时间序列预测模型”，*arXivarXiv，2004,21(6):*557 - 557。

[118]王勇，段俊，岳忠，杨涛，黄超，佟勇，徐柏，“时间序列的Ts2vec：面向时间序列的通用表示”，*人工智能学术会议论文集*，vol. 36, no. 18。8, 2022, pp. 8980-8987。

[119]张晓明，张晓明，张晓明，“一种*基于非监督域自适应的学习方法”，《arXiv》，第1期，第*1期。

[120]王勇，朱振中，薛生，江光，郝红，江光，冯晓霞，张，周军，“基于时间点的流事件序列快速增强处理”，*神经网络信息处理系统*，2023。

[121]徐柏，高英，惠志杰，李建，高英，“基于语言知识的行为识别”，*arXiv预印本arXiv: 2305.12398*,2023。

[122]陈志强，郑丽宁，袁建军，朱丹，“*基于bp神经网络的股票走势预测”，arXiv，arXiv，32(4):*917 - 923。

[123]徐柏，刘晨，彭明，贾晓霞，彭明，“基于时间知识图完成的预训练语言模型”，*计算语言学年会*，20123。

[124]陈思，马丽丽，李新，N. Thakurdesai，徐，赵金辉，K. Nag， E. Korpeoglu， S. Kumar， K. Achan，“基于知识图谱完成模型的电子商务关系标注实证研究”，*arXiv预印本arXiv: 2305.0988*,2023。

[125]张志强。李，金，李，李，“基于上下文学习的时间知识图预测”，*arXiv预印本arXiv:2305.10613*, 2023。

[126] a .杨，a . Nagrani， P. H. Seo, a . Miech， J. Pont-Tuset， I. Laptev， J. Sivic， C. Schmid，“密集视频字幕的视觉语言模型的大规模预训练”，*IEEE/计算机视觉与模式识别会议*，2023,pp. 714 - 726。

20

《Journal of lAtex class files》，第14卷，第2期。2021年8月8日

[127] a . Miech， J. Sivic， I. Laptev， C. Schmid，“基于双向语言模型的零shot视频问答”，*《神经信息处理系统进展》*，vol. 35, pp 124-141, 2022。

[128]潘杰，林，葛艳，朱，张，王，乔旸，李华，“基于冻结大语言模型的零镜头视频问答”，“arXiv”*预印本“arXiv”：2306.11732*,2023。

[129]李新，何勇，王，李新，王，罗鹏，王，王，乔旸，“视频聊天：基于聊天的视频理解”，*arXiv预印本arXiv:2305.06355*, 2023。

[130]宋鄂，柴伟，王，张，周辉，吴峰，郭晓明，叶涛，Lu，金宁。Hwang *et al.*，“Moviechat：从密集标记到稀疏记忆的长视频理解”，*arXiv预印本arXiv:2307.16449*, 2023。

[131]苏洪涛，牛艳，林，徐文华，王世芳。Chang，“语言模型是零射击视频问答的因果知识提取器”，*《IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议论文集》*，2023年，第4950-4959页。

[132]王，*李新*，徐，周，雷军，林，王，杨，朱，郝天*等*，“基于图像描述符的语言模型在视频语言学习中的应用”，《*神经信息处理系统*进展》，vol. 35, pp. 883 - 897, 2022。

[133]陈光诚，陈光诚。郑洁，王，徐，黄毅，潘杰，王，王，乔旸，Lu*等*，“基于大语言模型的视频序列建模方法”，*arXiv预印本arXiv: 2305.13292*,2023。

[134]张，李新，冰立，“基于视频的指令调整的视听语言模型”，*arxi，预印本arxi: 2306.02858*,2023。

[135]李玲，甘志刚，林，陈志刚。林，刘，刘，王，“Lavender：将视频语言理解统一为掩模语言建模”，*《IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议》*，2023,pp. 23 119-23 129。

[136]李志强，李志强，李志强，李志强*等*，“基于自适应傅立叶神经网络的全球高分辨率天气模型研究”，arXiv，*arXiv，2004,22(2):*444 - 444。

[137]陈思，龙国，沈涛，江劼，“天气预报的快速联合学习：基于气象数据的基础模型”，*国际人工智能学术会议*，2023。

[138]沈涛，龙国，陈思，周，江劼，“基于时空提示学习的联邦天气预报”，*arxi预印arxi: 2305.144*,2023。

[139]陈凯，韩涛，龚建军，白丽丽，凌峰。罗旭，陈晓，马磊，张涛，苏仁*等*，“风武：推动全球中期天气预报技术超前10天”，*arXiv预印本arXiv: 2304.02948*,2023。

[140]毕昆，谢磊，张涛，陈新，顾新，田清，“基于神经网络的全球中期天气预报”，*《自然》*，pp. 1-6, 2023。

[141]孟晓东，张涛，李翀，邵杰，“*基于模糊自编码器的预训练天气预报模型”，arXiv，arXiv，2004,23(4):*444 - 444。

[142]段文，江浪，王宁，饶浩，“基于预训练的人群流量预测方法”，中国交通大学学报，vol. 7, pp. 14355 - 143865, 2019。

[143]金建军，李晓明，李晓明，金尚，金尚，金尚，“基于预训练模型的交通流量预测方法”，交通管理学报，vol. 32, p. 391 - 391。

z d [144] j . Wang Chen, c .罗l .周赵y, y谢,c . Liu Y.-G。江浪，袁磊，“Omnivl：图像语言和视频语言任务的基础模型”，*神经信息处理系统进展*，vol. 35, pp. 5696 - 5710,2022。

[145]徐光，叶清，吴，严明，苗艳，叶军，徐光，徐光，胡安，石新，徐光*等*，“优酷-mplug：一种用于预训练和基准测试的1000万大规模中文视频语言数据集，*arXiv预印本arXiv:2306.04362*, 2023。

[146]王勇，李索，刘新，赵建军，唐志杰，M. Bansal，季宏，“基于视频语言基础模型的Paxion：动作知识的修复”，*arXiv预印本arXiv: 2305.1068*,2023。

[147]王晓明，王晓明。基于语言模型的事件模式构建[j] .中文信息学报，*预印版arXiv，32(4):557* - 557。

[148]王勇，方明，曾志，程涛，“未来的发展方向是什么？”大型语言模型作为人类流动性预测器，”2023。

[149]刘新，梁毅，黄春春，郑旸，胡斌，R. Zimmermann，“对比学习信号对时空图预测的影响？”《第*30届地理信息系统进展国际会议论文集*》，2022，第1-12页。

[150]李仁，钟涛，江新，吴，周，“基于自定进度图对比学习的时空关系挖掘”，*第28届ACM知识发现与数据挖掘会议论文集*，2022,pp. 936-944。

[151]王晓明，王晓明，S. Khan， S. Khan，“基于视觉语言模型的视频识别技术”，*《arXiv》，第4卷第*1期。

[152]张晓明，王晓明，王晓明，“基于自动字幕的交通域视频自动问答”，*预印版arXiv，2001,21(2):*1 - 6。

[153]丁新，张，刘新，段杰，“*基于深度学习的事件驱动股票预测”，第24届国际会议，vol . 32, vol . 32, vol* . 32。IJCAI”展出15。AAAI出版社，2015,p. 2327-2333。

[154]薛生，石*新*，张，梅竑，“一种基于混合归一化概率模型的事件序列预测”，*神经信息处理系统*进展，2022。

[155]薛生，瞿晨，谭晓东，石新，张，梅梅竑，“基于时间点过程的模型强化学习”，*AAAI人工智能会议论文集*，2023。

[156] 梅竑， J. Eisner，“一种神经网络自调节的多变量点过程”，*机器学习国际会议*，2017。

[157]梅竑，秦国国，徐光，J. Eisner，“基于时间的神经网络数据建模”，*神经信息处理系统*，2020。

[158]杨晨，梅竑，J. Eisner，“非规则间隔事件的变形嵌入及其参与者”，*第10届国际会议，中文信息学报*，2022。

[159]王勇，朱志明，周，江*新*，郝慧，朱明，蔡晓霞，崔清，李索，张，薛生，周，“基于对比关系推理的事件序列建模方法”，*神经信息处理系统*进展，第35卷，第23 751-23 764页，2022。

[160]潘忠，张文，梁毅，张文，于勇，张，郑旸，“*基于*时空元学习的城市交通预测”，中国交通科学，vol. 34, no. 16。3, pp. 1462-1476, 2020。

[161]潘忠，柯生，杨晓霞，梁勇，于勇，张军，郑勇，“基于神经网络的空间预测模型研究”

时间图”，《Web *Conference Proceedings of the Web Conference 2021*》，2021，



1846 - 1855页。

[162]文竑，林毅，夏一，万宏，R. Zimmermann，梁勇，“基于去噪扩散模型的概率时空图预测”，*arXiv预印本arXiv:2301.13629*, 2023。

[163]梁勇，柯生，张军，易晓霞，郑勇，“基于多尺度关注网络的遥感时间序列预测”。”，载于*IJCAI*， vol. 2018, pp. 3428-3434。

[164]王勇，李勇，张军，孟强，孟玲，高峰，" Pm2。5-gnn：面向pm2的领域知识增强图神经网络。5预测，”*第28届国际地理信息系统进展会议论文集*，2020年，第163-166页。

[165]梁勇，夏一，柯生，王勇，文竑，张军，郑勇，R. Zimmermann，“空气发生器在中国空气质量预测中的应用”，*arXiv，预印本arXiv:22(11): 15997,2022*。

[166]陈红华，*陈文杰*，陈晓明，蒋国强，"一种基于双阶段神经网络的时间序列预测方法，*预印本，预印本*，2017。

[167]张晓明，张晓明，张晓明。基于神经网络的股票市场预测方法研究[j] .*预印本杂志，2012,(4):557* - 557。

[168]石磊，张勇，程建军，卢海华，“基于有向图神经网络的骨骼动作识别”，*IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议论文集*，2019,pp. 7912-7921。

[169]何开，范辉，吴勇，谢世生，R. Girshick，“无监督视觉表征学习的动力对比”，*IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议论文集*，2020,pp. 929 - 938。

21

《Journal of lAtex class files》，第14卷，第2期。2021年8月8日

[170]张晓明，张晓明，张晓明，“基于深度卷积神经网络的全球天气预报方法*研究”，《地球系统模拟进展*》，第12卷，第1期。9, p. e2020MS002109, 2020。

[171]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，等，“气候变化对全球气候变化的影响”，*预印本预印本，2002,21(4):*1 - 7。

[172]陈晓明，“基于数据驱动的气候预报方法及其应用”，*《地球系统模拟进展》*，第13卷，第1期。2, feb 2021。

[173]何开，陈晓霞，谢生，李勇，P. Doll´ar， R. Girshick，“可扩展的视觉学习器”，*IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议论文集*，2022,pp. 16000 - 16009。

[174]张晓明，张晓明，“基于语义的*网络语义研究”，中文信息学报，第16届国际会议*。WWW ' 07。计算机协会，2007,p. 697-706。

[175]张志强，张志强，“基于网络的维基数据库”，软件*学报。ACM*, vol. 57, no. 5。10, p. 78-85, sep 2014。

[176]戴辉，王玲，宋磊，Trivedi，“基于深度时间推理的动态知识图谱”，*第34届国际会议*，2017。

[177]张晓明，张晓明，张晓明，“*基于动态图的学习表征方法研究”，中文信息学报，2019，第7届国际会议*。

[178] Leetaru和Schrodt，“Gdelt: Global data on events, location, and tone, 1979-2012”，*ISA年度会议*，vol. 2, pp. 1 - 49,04 2013。

[179]张晓明，“视频监控中的行为识别与行为理解”，《*计算机*科学》，vol. 29, pp. 983 - 909, 2013。

[180]李建军，张建军，李飞飞，“基于卷积神经网络的大规模视频分类”，*IEEE计算机视觉与模式识别会议*，2014,pp. 1725-1732。

[181]王玲，熊艳，王玲，乔勇，林德东，唐晓东，范高乐，“视频动作识别的时间段网络”，*IEEE模式分析与机器智能*学报，vol. 41, no. 1。11, pp. 2740-2755, 2018。

[182]陈志强，陈志强，陈志强，“基于三维卷积神经网络的时空特征学习”，*IEEE计算机视觉国际会议论文集*，2015,pp. 489 - 497。

[183]许宏，A. Das， K. Saenko，“R-c3d：区域卷积3d网络的时间活动检测”，*IEEE会议*，2017,pp. 5783 - 5792。

[184]张志强，张志强，“三维时空网络的发展与发展”。*《计算机视觉与模式识别IEEE会议论文集》*，2018年，第6546-6555页。

[185]——，“用三维残差网络学习时空特征用于动作识别”，*《IEEE计算机视觉国际会议论文集》*，2017,pp. 3154 - 3160。

[186]张晓明，张晓明，张晓明，等。“视频变压器网络”，*预印本arXiv，2001,21(2):1* - 7。

[187]范辉，熊斌，李勇，闫志杰，C. Feichtenhofer，“多尺度视觉变压器”，arXiv， *arXiv预印本：104.11227*,2021。

[188]张晓明，刘志强，孙晓明，“一种基于虚拟现实的视频视觉转换器”，*预印版arXiv，2001,21(4):*551 - 557。

[189]刘志强，宁军，曹勇，魏勇，张振林，胡辉，“视频旋转变压器”，*预印本arXiv，arXiv，2001,21(6):555 -* 557。

[190]许宏，高志强，张永平。黄，D. Okhonko， A. Aghajanyan， F. Metze， L. Zettlemoyer， C. Feichtenhofer，“视频片段：零镜头视频文本理解的对比预训练”，*arXiv预印arXiv:2109.14084*, 2021。

[191]张晓明，张晓明，张晓明，*陈生，“基于文本条件的图像生成方法”，《arXiv*》，第1卷第1期，第1期。2, p. 3, 2022。

[192]王，李旸，李旸，何勇，黄，赵，张浩，徐，刘，王*等*，“互联网视频：一般视频创建”

基于生成和判别学习的基础模型[j] . *arXiv预印本arXiv: 2212.03191*,2022。

[193]李旸，梁峰，赵，崔勇，欧阳伟，邵军，于仁，严明，“监督存在于任何地方：一种数据高效的对比语言图像预训练范式”，*国际学习表征会议*，2022。

[194]叶清，徐，严明，徐，钱清，张，黄，“基于时间感知的视频语言预训练”，*arXiv预印本arXiv:2212 - 1446*, 2022。

[195]王，葛彦，严明，葛彦，林，林，蔡国强，吴，*单勇等*，“基于视觉语言的视频语言预训练”，*IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议*，2023,pp. 6598-6608。

[196]张建军，*张建军，“基于时间感的视频语言模型研究”，《IEEE与模式识别*》，2009年第4期，第1 - 2页。

[197]金晓，王，马峰，黄，朱，冯，杨，“时间感知视频语言预训练”，*arXiv预印本arXiv:2301.07463*, 2023。

[198]何晓霞，陈生，马峰，黄，金新，刘，付，杨，刘，冯，“基于特征自适应和混合的视频语言预训练”，*arXiv预印本arXiv:2305.13167*, 2023。

[199]黄，李旸，冯，吴，孙晓明，季仁，“面向统一的视频语言对齐和融合模型”，*IEEE/CVF计算机视觉与模式识别*，2023,pp. 14856 - 14866。

[200]程峰，王晓，雷军，陈建军，“基于图像和语言的预训练方法”，*《IEEE/CVF计算机视觉与模式识别会议论文集》*，2013,pp. 1073 - 10750。

[201]钟伟，郑明，唐东，罗晓霞，龚红霞，冯，秦斌，“基于视觉语言的视频语言预训练方法研究”，*arXiv，预印本arXiv: 230,2023*。

[202]张志强。付，李旸，甘之，林，王，王，刘，“基于掩模视觉建模的端到端视频语言转换器的实证研究”，*IEEE/计算机视觉与模式识别会议*，2023,pp. 22 898-22 909。

[203]林，魏朝晖，王，谢春春，“基于稀疏掩码的视频语言预训练方法”，*arXiv，预印本arXiv:2211 - 1446*, 2022。

[204]郑明，杨建军，李旸，王，朱，郭旭，袁勇，柴志强，姜思，“基于多模态桥的视频语言预训练”，*IEEE图像处理学报*，2023。

[205]李旸，于仁，刘，“基于卷积神经网络的交通流量预测”，*国际学习表征会议（ICLR）*， 2018。

[206]金明，郑旸，金玉峰。陈思，李世杰，杨宝林，潘世生，“基于动态图神经网络的多元时间序列预测”，*IEEE知识与数据工程学报*，2022。

[207]陈志强，陈志强，贾志强，“高速公路*交通状况评价系统研究*”，中国公路学报，第1卷第1期。1, pp. 96-102, 2001。

[208]徐丽丽，黄红华，刘建军，“基于sudt - trafficqa的交通事件视频推理方法研究”，*IEEE计算机视觉与模式识别学术会议论文集*，2016,pp. 888 - 888。

[209]张军，郑旸，齐道，“基于深度时空残差网络的城市人口流量预测”，《美国*人工智能学会会议论文集*》，vol. 31, no. 11。1, 2017。

[210]宋诚，林勇，郭顺生，万辉，“基于时序图卷积网络的时空网络数据预测”，《美国*人工智能学会会议论文集*》，第34卷，第2期。01, 2020, pp. 914-921。

[211]郑旸，范晓明，王春春，齐道，“基于多关注网络的交通预测方法”，《美国*人工智能学会会议论文集*》，vol. 31, no. 11。01, 2020, pp. 1234-1241。

[212]张晓明，张晓明，张晓明，“人工智能与机器学习在智能城市中的应用”，*《计算机通信》*，vol. 14, pp. 313-323, 2020。

22

《Journal of lAtex class files》，第14卷，第2期。2021年8月8日

[213]李晓明，朱中，张晓明，“基于卷积神经网络的城市交通流量预测方法”，《城市交通科学》，第1卷，第1期，第2 - 3页，2012。

[214]姚辉，汤晓霞，魏辉，郑国光，李震，“基于深度学习的交通预测模型研究”，美国*人工智能学会会议论文集*，vol. 33, pp. 5668-5675, 07 - 2019。

[215]李震，朱中，“基于时空融合图的交通流量预测方法”，《美国*人工智能学会会议论文集*》，vol. 35, no. 15。5, 2021, pp. 4189 - 4196。

[216]张晓明，张晓明，张晓明，“基于数据分析的新型冠状病毒肺炎疫情防控*研究*”，《科学通报》，第16卷，第6期。4, p. e0249726, 2021。

[217]姚文，杨勇，陈宁，金世生，胡，白，“新冠肺炎疫情下的出行行为调整研究”，*《通信研究》*，第2期，p 10008,2022。

[218]张晓明，李晓明，李晓明，“基于人群流动模式的传染病传播模型研究”，*《科学通报》*，第12卷，第2期。1, p. 14825, 2022。

[219]刘艳，夏勇，梁勇，胡，王建，白，黄超，刘艳，胡斌，齐默曼，“基于数据集的大规模交通流量预测”，*arXiv预印本arXiv:2306.08259*, 2023。

[220]李晓明，李晓明，李晓明。Bousseljot， D. Kreiseler， F. Lunze， W. Samek和T. Schaeffter，“Ptb-xl，一个大型公开可用的心电图数据集，”*科学数据*，第7卷，第154页，05 2020。

[221]张志强，斯特罗特夫，P. Wagner， T. Schaeffter， W. Samek，“基于pvb -xl的深度学习心电图分析”，中国*医学工程学报*，vol. 25, no. 25。5, pp. 1519 - 1528,2020。

[222]陈晓明，“基于神经网络的心电信号自监督学习”，*《计算机与医学》*，vol. 31, p. 551 - 557, 2012。

[223]王建，刘艳，刘艳，王建，姚辉，张宏，“基于非局部卷积块注意力模块的心电自动分类”，《*生物医学*工程》，vol. 23, p. 106006, 2021。

[224] r·胡j·陈,l .周”比起一个的基于变压器深层神经网络用于心律失常检测使用连续心电图信号,“*电脑在生物学和医学*,144卷,105325页,2022年。

[225]王晓明，王晓明，王晓明，“基于机器学习的医疗保健系统可解释性研究”，《*计算机*工程》，第1-6页，2013。

[226]陈晓明，陈晓明，陈晓明，阿格贾尼，阿格贾尼，阿格贾尼，阿格贾尼，阿格贾尼，“基于人工智能的自闭症自动诊断技术*研究进展”，中国神经科学*杂志，第2期。0, 2023。

[227]齐慧，赵清，宋超，翟伟，*刘树军*，王峰，邹竑，杨宝霞*等*，“基于监督学习和大语言模型的中文社交媒体认知行为识别的评估效果”，医学研究*预印本医学研究: 2309.0354*,2023。

[228]王晓明，王晓明，王晓明，王晓明，王晓明，王晓明，“医学基础模型在虚假信息攻击*中的应用研究*”，《医学研究*》，医学研究第1卷第1期*，2023。

[229]陈志强，丁世杰，陈志强，丁世杰，“基于语言模型的医学研究”，中国医学*杂志*，第1-11页，2023。

[230]张晓明，张晓明，张晓明，“基于人工智能的人工智能模型研究”，中国医学工程学报，vol. *16*, no. 23。7956, pp. 259-265, 2023。

[231]邱建军，孙建军，李丽丽，彭建军，石鹏，张仁，董勇，林坤，方鹏文。李晓明，*“*人工智能在医疗信息中的应用、挑战和未来”，*《中国医学信息与资讯学》*，2013。

[232]孙文杰，王晓明，“临床文本的时间关系评估：2012年i2b2挑战”，中国*医学资讯学杂志*，vol. 20, 04 2013。

[233]王勇，王勇，M. rastegara - mojarad， M. Moon， F. Shen F. Liu S.，曾勇，S. Mehrabi, Sohn S*.等*，“临床信息提取的应用：文献综述”，*生物医学信息学杂志*，vol. 37, pp. 34-49, 2018。

[234]李建军，张建军，张建军，“基于语言模型的生物医学研究”，中文信息*学报，2012，第*1期，第1 - 4页。

[235]张晓明，张晓明，张晓明，“电子病历中药物不良事件和药物提取的n2c2共享任务”，*《中国医学信息*科学》，vol. 27, no. 31。1, pp. 3 - 12,2020。

[236]李晓明，李晓明，李晓明，等。Lehman， M. Feng， M. Ghassemi， B. Moody, p. Szolovits， L. Celi， R. Mark，“Mimic-iii，免费访问的重症监护数据库”，*科学数据*，vol. 3, p. 160035,2016年5月。

[237]吕振华，张晓明，张晓明，“基于bert和elmo的生物医学自然语言处理*方法研究”，《计算机工程》，第4期*，2013。

[238]张安，邢立林，邹建军，吴建超，“机器学习在医疗保健领域的应用，从模型到数据”，*《生物医学工程》*，vol. 6, no. 38。12, pp. 1330-1345, 2022。

[239]徐建军，苏建军，卞建军，王勇，“基于联合学习的医疗信息系统”，*《医疗信息学研究》*，第5卷，第1-19页，2015。

[240] J. Oliveira， F. Renna， P. D. Costa， M. Nogueira， C. Oliveira， C. Ferreira， A. Jorge， S. Mattos， T. Hatem， T. Tavares， A. Elola， A. B. Rad， R. Sameni， G. D. Clifford， M. T. Coimbra，“circor digiscope数据集：从杂音检测到杂音分类”，*IEEE生物医学与健康信息杂志*，第26卷，第26期。6, pp. 2524-2535, 2022。

[241] M. A. Reyna， Y. Kiarashi， A. Elola， J. Oliveira， F. Renna， A. Gu， E. A. P. Alday， N. Sadr， A. Sharma， S. Mattos*等*，“从心音图记录中检测心脏杂音：george b. moody physionet挑战*2022”，2022心脏病学计算（中国）*，第498卷。IEEE, 2022, pp. 1-4。

[242]王晓明，王晓明，王晓明，“一种基于网格搜索的心音分类方法”，*生物工程*学报，vol. 10, no. 10。1, p. 45, 2022。

[243]张晓明，张晓明，张晓明，“一种基于自监督的心跳声检测方法”，《*心脏病学计算》（中国），2012年*第4期。IEEE, 2022, pp. 1-4。

[244]张晓明，张晓明，“一种基于深度学习的卫星气象数据集*研究*方法”，中国气象学报，vol. 33, pp. 394 - 394, 2020。

[245]李晓明，李晓明，徐迈，徐迈，“隐式叠加自回归模型在视频预测*中的应用”，计算机工程，计算机工程，23(4):*444 - 444。

[246]李明，王勇，高志强，王勇，朱艳，杨德勇，“地球系统预测的时空变形研究”，地球*物理*学报，2022。

[247]李建军，李建军，李建军，李建军，*李建军等*，“基于多尺度数据集的时空分布迁移研究”，*《计算机工程》，计算机工程，第4卷*第1期，2012。

[248]李建平，“更大的层次！”基于深度学习的表格数据端到端回归与不确定性[j] . *计算机工程预印本计算机工程:2112.03566*, 2021。

[249]张志强，“基于模糊回归和模糊分类的网络攻击算法”，*计算机科学与技术，vol . 11, no .* 5。2023年SaTML”23日。

[250]沈涛，陈思，龙国光，周涛，蒋军，“基于时空提示学习的联邦天气预报”，20123。

[251]陈思，舒涛，唐艳艳，“基于掩模- cnt -transformer的实时多标签天气识别”，*《知识系统》*，vol. 31, p. 391 - 391。

[252]陈晓明，陈晓明，陈晓明，J. A. Weyn，“基于数据驱动的天气预报系统”，*《地球系统研究进展》*，第12卷，第1期。11,2020年11月。

[253]李建军，张晓明，“基于深度卷积神经网络的全球天气预报方法*研究”，《地球系统研究进展》*，第12卷，第1期。9, sep 2020。

23

《lAtex类文件学报》第14卷第2期。2021年8月8日

[254]李建军，陈建军，陈建军，陈建军，陈建军，“耦合模型对比项目（cmip6）实验设计与组织综述”，*地球*科学进展，第9卷，第1期。5, pp. 1937-1958, 2016。

[255]李志刚。李，J. Marotzke， G. Bala， L. Cao， S. Corti， J. P. Dunne， F. Engelbrecht， E. Fischer， J. C. Fyfe， C. Jones*等*，“未来全球气候：基于情景的预测和近期信息”，*气候变化2021：物理科学基础。第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献*。剑桥大学出版社，2021年，第553-672页。

[256]张晓明，张晓明，“气候变化对土壤盐渍化的影响”，《生态学报》，第12卷，第2期。1, p. 6663, 2021。

[257]陈晓明，陈晓明，陈晓明，陈晓明，“气候变化背景下的全球和区域火灾特征及其影响因素”，*地球物理*学报，第6卷，第1期。3, p. e2020rg000726,2022。

[258]郭忠，边建，黄，熊杰，王，“极端天气的异常感知预报方法”，arxi，*预印本arxi， 2002,22(8): 998* - 998。

[259]吴强，李劼，刘，李劼，库古林古，“潜在空间的交响曲：基于非线性机器学习模型的可证明集成”，中国*人工智能学会年会论文集*，vol. 37, no. 5。2023年第9期，第10 361-10 369页。

[260]徐阳，“基于推特和历史价格的股票走势预测”，*《计算语言学协会年会论文集》（第1卷：长篇论文）*，2018,pp. 70 - 79。

[261]王晓明，王晓明，“基于社交媒体文本和公司相关性的深度关注学习预测股票走势”，*《自然语言处理（EMNLP）会议论文集》*，2020,pp. 815 - 826。

[262]谢清，韩伟，张明，赖艳，彭明，黄，“金融语言模型、教学数据和评价基准”，arxi*预印本arxi: 2306.0544*,2023。

[263]蒋伟，“深度学习在股票市场预测中的应用：新进展”，*《专家系统与应用》*，vol. 14, p. 557 - 557, 2015。

[264]邹静，Cao，刘，林勇，史建清，“基于股票信息分析模型的股票自动交易模型”，arXiv，*预印本arXiv，2002,22(6):662* - 662。

[265]谢清，王。陈杰，熊杰，刘S.， S. Koyejo，“一个词值一千个美元：推特的对抗式攻击对股票预测的影响，”*arXiv预印本arXiv: 2205.01094*,2022。

[266]冯峰，陈红华，何晓霞，丁建军，孙明。蔡，“基于对抗性训练的股票走势预测”，*arXiv预印本arXiv:1810.09936*, 2018。

[267]周之，马丽丽，刘，“基于事件驱动的交易：基于新闻事件的公司事件识别”，*计算语言学协会，2011*。在线：计算语言学协会，2021年8月，第2114-2124页。

[268]张明，杨军，万明，张明，“基于中文研究报告文本特征的股票长期走势预测”，*《专家系统与应用》*，vol. 21, p. 11831,2022。

[269]张志强。刘、王、查东，“基于互联网规模数据的金融大语言模型”，2023。

[270]周晓明，刘淑娟，金之言，“基于混合信息的股票走势预测模型”，《*计算机*工程》，vol. 11, pp. 371 - 379, 2023。

[271]李志强，李志强。胡，徐，李辉，A. Gilani，刘，“多变量时间序列预测的特征编程”，2023。

[272]张志强。刘，杨竑，陈旸，张瑞麟，杨竑，肖斌，王强，“基于深度强化学习的量化金融股票自动交易库”，*arXiv预印arXiv:2011.09607*, 2020。

[273]张勇，金之言，金之言，金之言，金之国，“视频”

基于时空推理的问答”，*IJCV*, 2019。

[274]李辉，王强，赵志明，孙明，朱晓霞，刘，“基于视觉-音频-字幕-文本的全模态基础模型与数据集”，*arXiv预印本arXiv:2305.18500*, 2023。

[275]徐，刘，陈旸，程明，史晓霞，“基于多路采样器和多选择模型的视频语言识别”，*arxi，预印本arxi*， 2023 - 2023。

[276]姚涛，徐，梅涛，姚涛，Rui yy，“一种基于图像和语言的大型视频描述数据集”，*IEEE计算机视觉与模式识别会议*，2016,pp. 5288-5296。

[277]姜建军，孔文辉，王勇，李振，刘杰，“基于多模式交互的腾讯文本视频检索”，*IEEE信息学报*，2022。

[278]曾晓明，王晓明，王晓明，王晓明，“基于语言的多模态推理方法*研究*”，《arXiv》，*arXiv第4*卷第1期，2012。

[279]张晓明，张晓明，张晓明，“一种基于视频和图像的实时检索方法”，*《IEEE/CVF计算机视觉国际会议》*，2013,pp. 391 - 391。

[280]王勇，杨辉，陶志明，朱军，傅建军，刘杰，“文本到视频的时空扩散交换”，*arxi，预印本arxi: 2305.108*,2023。

[281]罗竑，张生，张勇，王勇，沈勇，*赵德明*，周，谭涛，“高质量视频生成的分解扩散模型”，*IEEE/CVF会议论文集*，2009,pp. 10 - 10。

[282]杨晓东，胡强，杨洪，安健，张生，杨洪，O. Ashual， O*. Gafni等*，“基于文本-视频数据的文本-视频生成”，*arXiv，预印本arXiv:2209 - 1492,2022*。

[283]罗竑，钟明，陈，雷伟，段宁，李旸，“Clip4clip：基于端到端视频片段检索和字幕的实证研究”，中国计算机工程，vol. 8, pp. 293-304, 2022。

[284]陈、杜文彬，“基于高并行数据的翻译评价方法”，*《计算机语言学报》，2011*,pp. 190-200。

[285]郭文文，金D.，罗竑，B. Caine，李旸，A. Ogale，周玲，戴安，陈*等*，“基于多模态任务的联合学习框架”，*arXiv预印本arXiv: 2303.16839*,2023。

[286]李旸，王勇，李旸，王勇，何勇，王勇，乔艳，“基于视频基础模型的无面具教师训练”，*arXiv预印本arXiv: 2303.16058*,2023。

[287]李晓明，王晓明，李晓明，“基于自然语言的视频片段定位”，*IEEE计算机视觉国际会议论文集*，2017,pp. 583 - 587。

[288]张晓明，徐，曲淑娟，“基于视觉语言的图像匹配网络”，*《IEEE/CVF计算机视觉国际会议》*，2013,pp. 324 - 334。

[289]李旸，李旸，李红华，王勇，“语言视觉智能库”，arXiv，*预印本arXiv: 2009.9.09*, 2022。

[290]王勇，李旸，李旸，于建军，马晓霞，陈晓，王勇，罗竑，*刘杰等*，“基于多模态理解和生成的大规模视频文本数据集”，*arXiv预印本arXiv:2307.06942*, 2023。

[291]李志刚。林，M. Maire， S. Belongie， J. Hays， P. Perona， D. Ramanan， P. Doll´ar和C. L. Zitnick，“微软coco：上下文中的公共对象”，*计算机视觉- eccv 2014：第13届欧洲会议，瑞士苏黎世，2014年9月6-12日，Proceedings，第V 13部分*。Springer, 2014, pp. 740-755。

[292]刘勇，宋国光，刘勇，“*基于协作的混合任务训练”，arXivarXiv*，2012。

[293]王文，戴军，陈b，黄忠，李之，朱，胡晓明，鲁涛，李之辉，“基于可变形卷积的大尺度视觉基础模型研究”，*计算机视觉与模式识别会议论文集*，2009,pp. 14 - 14。

24

《lAtex类文件学报》，第14卷，第2期。2021年8月8日

[294]于建军，徐勇，高建勇，梁涛，王勇，顾亚明，杨云云，杨宝奎*等*，“基于自回归模型的文本到图像生成”，*arXiv预印本arXiv*，第2卷，第2期。3, p. 5, 2022。

[295]张晓明，朱明，陈b，王伟，T. Weyand， M. Andreetto， H. Adam，“基于卷积神经网络的移动视觉应用”，*arXiv，预印arXiv:1704 - 4861*, 2017。

[296]薛生，石晓霞，褚志强，王勇，周，郝慧，姜超，潘超，徐勇，张建勇，温清，周，梅慧，“基于时间点过程的开放式基准测试”，*arXiv预印本arXiv: 2307.08097*,2023。

[297]张志强，李志强，李志强，“自关注Hawkes过程”，*机器学习国际会议论文集*，2020。

[298]左生，蒋辉，李，赵涛，查辉，“变压器Hawkes过程”，*机器学习国际会议*，2020,pp. 11 692-11 702。

[299]薛生，郝慧，史晓霞，马丽，张生，王生，王生，“事件传播序列的图正则化点过程模型”，*国际神经网络学术会议（IJCNN）*， 2021, pp 1-7。

[300]周会，张生，彭军，张生，李，熊，张伟，张生，“超长序列时间序列预测的高效变压器”，第35*届AAAI人工智能会议，AAAI, 2021*, vol. 35, no. 1。12. AAAI出版社，2021,pp. 11 106-11 115。

[301]曾安，陈明，张生玲，徐，“变压器在时间序列预测中的有效性？”《2023*年AAAI人工智能会议论文集》*。

[302]刘毅，陈明，徐，赖之，马列，徐，“基于样本卷积的时间序列建模与预测”，*第36届神经信息处理系统学术会议*，2022,2022。

[303]张晓明，张晓明，张晓明，“一种基于卷积神经网络的深度学习方法”，*《arXiv》，第4期*，2018。

[304]李建平，“经济增长与经济增长的关系”，*《国际经济研究》，第3期*，第4期。4, pp. 802-808, 2018。

[305]李晓明，“基于神经网络的可解释时间序列预测方法研究”，https://github.com/ philips / N-beats, 2020。

[306]张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，张晓明，李，张晓明，“基于自胶合表的数据自动生成方法”，*arXiv预印本arXiv:2003.06* - 05, 2020。

[307] A. Bhatnagar， P. Kassianik， C. 刘毅， T. Lan， W. Yang， R. Cassius， D. Sahoo， D. Arpit， S. Subramanian， G. Woo， A. Saha， A. K. Jagota， G. Gopalakrishnan， M. Singh， K. C. Krithika， S. madi - neni， D. Cho， B. Zong， Y.周会，C.熊，S. Savarese， S. Hoi， H.王生，“Merlion：一个时间序列的机器学习库”*arXiv预印arXiv:2109.09265*, 2021。

[308]王晓明，王生，李，王晓明，王晓明，“大尺度降水、河流与山洪的关系”，2014。

[309]张志强，“中国居民家庭用电需求”，机器学习，2012,DOI: https://doi.org/10.24432/C58K54。

[310]杜伟，高德华，刘毅，“基于自关注的时间序列自适应神经网络算法”，*《专家系统与应用》*，vol. 31, p. 11999,2023。

[311]张生，李，赖之，陆海涛，赵，“基于时间序列预测的轻量化框架”，中国计算机*学会数据管理*，第1卷，第1期。2, pp. 1 - 26,2023。

[312]蔡志强，陈志强，“基于云计算的数据中心工作负载分析：案例研究”，2018。

[313]范勇，刘志强，刘志强，“基于cpu的*高性能并行计算”，计算机科学与技术，2011*。ACM，2019年6月。

[314]孙晓明，杨r，孙晓明，肖军，徐军，“基于集群的资源分配策略研究”，2012。

[315]王晓明，王晓明。基于云计算的数据中心优化设计[j] .计算机工程，2012。

[316] P. scheafer， A. Ermshaus， U. Leser，“时序序列分割”，中国地质*大学学报*，2013。

[317]陈晓明，陈晓明，陈晓明，“基于熵和形状感知的时间序列分割方法在传感器数据处理中的应用”，*《ACM交互式、移动、可穿戴和无处不在技术（IMWUT）》*，第4卷，第3期。3, 2020。

[318] Ermshaus， P. Sch， U. Leser，“无监督时间序列分析中窗口大小的选择”，*《高级分析与学习》*，2013。

[319]李建军，李建军，李建军，等。叶M.，朱Y.， S. Gharghabi， C. A. Ratanamahatana， E. Keogh，“ucr时间序列档案”，2019。

[320]王晓明，王晓明，“一种基于随机扩展的小波变换方法”，*《人工智能与模式识别》*。Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 653-664。

[321]程磊，余涛，张建军，杨r，“基于卷积神经网络的长序列数据分类”，神经网络*学报*，2012。

[322]李建军，张建军，“基于随机扩展字典的时间序列分类方法研究”，*arXiv，第4卷第1*期。

[323]王正德，王正德，陈亮，姚树文，景明，李劼，李劼，鲍树云，方勇。王正德，林毅，“基于基础模型的跨世界交通模拟”，*arXiv预印本arXiv:2305.15743*, 2023。

[324]李京，尹文，金生，金生，金生，苏志宏，姜杰，“生物医学文本挖掘的预训练生物医学语言表达模型”，*生物*医学信息，vol. 36, no. 31。4, pp. 1234-1240, 2020。

[325]王晓明，王晓明，王晓明，“基于临床记录的再入院预测方法研究”，中国医学工程学报，2012,34*(2):448* - 448。

[326]李建军，李建军，李建军，“一种基于时间序列的数据处理方法”，计算机科学*与技术*，2016。

[327]张晓明，张晓明，张晓明，“基于数据驱动的天气预报系统*研究”，《地球系统进展》*，第12卷，第1期。11, p. e2020MS002203, 2020。

[328]杨慧。刘震，王正德，“finpt：开源金融大语言模型”，*arXiv预印本arXiv: 2306.06031*,2023。

[329]周晶，徐艳，赵红红，谢世生，张军，张军，周晶，修德，梅慧，“基于语义模型和搜索引擎的财务决策优化研究”，2013。

[330]李劼，李劼，熊朝晖，李志刚，“基于图像预处理的视觉语言识别与生成”，*机器学习国际会议*。PMLR, 2022, pp. 12 888-12 900。

[331]刘建军，张晓明，李晓明，李京，“基于视觉和语言任务的视觉语言表征方法研究”，*《神经信息处理系统进展》*，vol. 32, 2019。

[332]李劼，尹德杰，李志刚。谢家华和k.w。张，“Visualbert：一种简单、高性能的视觉和语言基线”，*arXiv预印本arXiv:1908.03557*, 2019。

[333]陈晓明，王晓明，“基于时间依赖模型的统计学习Python库”，《计算机*工程》*，2017。

[334]谭超，李劼，高志强，管伟，王正德，刘震，吴林，李树忠，李劼，“基于Openstl的时空预测学习的综合基准”，*神经网络信息处理系统数据集与基准跟踪会议*，2023。

[335]李建军，李建军，李建军，李建军，李建军，李建军，李建军*等*，“基于时间序列的机器学习方法研究”，*《机器学习研究》*，第23卷，第3期。124, pp. 1-6, 2022。

[336]陈晓明，陈晓明，陈晓明，陈晓明，陈晓明，*陈晓明*，“基于神经机器学习模型的时空信号处理研究”，中国计算机科学与技术*国际会议*，2013,p. 563 - 563。