

1、一种融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，其特征在于，应用于客户端，所述融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法包括：将时间衰减函数和流行度函数输入构建的图卷积神经网络推荐模型的嵌入层；基于所述图卷积神经网络推荐模型将用户数据转换为邻接矩阵，对输入的所述时间衰减函数和流行度函数在图结构上进行传播聚合，直到前一层和聚合邻居节点信息后的输出结果一致，停止聚合。

2、根据权利要求 1 所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，其特征在于，所述将时间衰减函数和流行度函数输入构建的图卷积神经网络推荐模型的嵌入层前，需进行：

从数据集中获取用户 ID、项目 ID、评分数据和时间戳项目交互记录数据；
对项目交互记录数据进行数据筛选、缺失值填充或者删除的预处理；
基于预处理后的项目交互记录数据构建时间衰减函数和流行度函数。

3、根据权利要求 2 所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，其特征在于，构建时间衰减函数中，时间衰减函数公式为：

$$T_{u,i} = \text{sigmoid} \left(\frac{t_{u,i} - t_{\min_u}}{t_{\max_u} - t_{\min_u}} \right);$$

$$B_{u,i} = \frac{e^{T_{u,i}}}{\sum_{i \in N_u} e^{T_{u,i}}};$$

其中， $t_{u,i}$ 是 u 和 i 交互发生的时间， t_{\min_u} 是 u 与其所有一阶邻居中最早的交互发生时间， t_{\max_u} 是 u 与其所有一阶邻居中最晚的交互发生时间，使用的 U_{\max} 时间戳；针对同一用户的不同交互发生的时间存在差别，使用 $\text{Sigmoid}()$ 函数将时间数据缩放到 (0.5, 1) 之间， $T_{u,i}$ 是对应的时间分数，衡量用户 u 与物品 i 交互发生的相对时间；然后将同一用户所有的时间分数 $T_{u,i}$ 通过 Soft max 函数归一化获得对应的时间衰减函数权重因子 $\beta_{u,i}$ ；从时间的角度，对于时间越近产生的交互， $\text{Sigmoid}()$ 函数的值更大， $T_{u,i}$ 和 $\beta_{u,i}$ 的值更接近于 1，从 e_i 传播到 e_u 的嵌入信息

的衰减程度越小，对于越早产生的交互， $Sigmoid(\cdot)$ 函数的值越小， $T_{u,i}$ 和 $\beta_{u,i}$ 越接近于零，嵌入信息的衰减程度越大。

4、根据权利要求 2 所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，其特征在于，构建流行度函数中，流行度函数为：

$$pop = \ln(1 + |N(i)|);$$

$N(i)$ 是购买过此物品的人数，物品的点击量越大， pop 的值越大，流行度所占的比重越大。

5、根据权利要求 1 所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，其特征在于，所述图卷积神经网络推荐模型的构建包括：

对于产生交互的一对用户-物品 (u,i) ，定义从物品嵌入传播到用户嵌入的信息为：

$$I_{u \leftarrow i} = f(e_u, e_i, t_{u,i});$$

其中， $I_{u \leftarrow i}$ 表示从物品 i 传播到用户 u 的嵌入信息， e_u 、 e_i 分别是用户嵌入和物品嵌入， $t_{u,i}$ 交互发生的时间； $f(\cdot)$ 是信息传播函数，主要功能是基于时间上下文和流行度，对邻近节点的嵌入表示进行筛选过滤以构建传播到目标节点的嵌入信息；

$f(\cdot)$ 是信息传播函数公式定义如下：

$$f(e_u, e_i, t_{u,i}) = pop + \beta_{u,i};$$

物品嵌入传播到用户嵌入公式根据用户与其一阶邻近的物品的交互时间计算获得， pop 代表流行度函数权重， $\beta_{u,i}$ 代表时间衰减函数权重因子；

基于 GCN 的聚合函数是先将用户自身嵌入和邻居的传播嵌入直接相加，然后乘以一个转换矩阵，并通过 $LeakyRelu(\cdot)$ 函数求得聚合一阶邻居信息的用户表示；

$$F_{gcn} = LeakyRelu \left(W e_u + \sum_{i \in Nu} I_{u \leftarrow i} \right)$$

其中, N_u 是用户 u 的全部一阶邻居节点的集合, $\sum_{i \in N_u} I_{u \leftarrow i}$ 是所有邻居节点传播的嵌入信息之和; $W \in R^{d' \times d}$ 是一个可训练的参数矩阵, 用于提取 e_u 中有用的信息, $LeakyRelu(\cdot)$ 是激活函数。

6、根据权利要求 1 所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法, 其特征在于, 所述在进行传播聚合时直到前一层和聚合邻居节点信息后的输出结果一致包括:

通过损失函数输出最终推荐结果, 损失函数采用推荐系统中常用的贝叶斯个性化排序损失, 它的作用是让用户有过反馈的物品比没有过反馈的物品得分之差尽可能的大;

损失函数公式为:

$$Loss = \sum_{(u,j,i) \in \Omega} -\ln \delta(\hat{y}_{(u,i)} + \hat{y}_{(u,j)}) + \lambda \|\Phi\|_2^2$$

其中, $\delta(\cdot)$ 采用 sigmoid 函数, Φ 是模型中所有的可训练参数, λ 是正则化系数, 用于控制 1-2 范数正则化项的强度以防止过拟合; Ω 是成对的训练数据集, 表示能观察到反馈的交互正例或负例的集合; 贝叶斯个性化排序中, 用户有过反馈的物品 (u, i) 的交互值与没有过反馈的物品 (u, j) 交互值的差异越大代表推荐的结果越准确, 因此模型的优化目标是要使 $\hat{y}_{(u,i)} + \hat{y}_{(u,j)}$ 变大, 则 $-\ln \delta(\hat{y}_{(u,i)} + \hat{y}_{(u,j)})$ 的值会越小, 推荐算法的整体损失就越低。

7、一种融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐系统, 实施权利要求 1~6 任意一项所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法, 其特征在于, 应用于客户端, 所述融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐系统包括:

项目交互记录数据获取模块 (1), 用于从数据集中获取用户 ID、项目 ID、评分数据和时间戳等项目交互记录数据;

预处理模块, 用于对原始数据进行预处理 (2), 包括数据筛选、缺失值填充或者删除;

时间衰减函数和流行度函数构建模块 (3)，用于构建时间衰减函数和流行度函数；

卷积神经网络模型构建模块 (4)，用于构建图卷积神经网络推荐模型，将时间衰减函数和流行度函数嵌入图卷积神经网络推荐模型公式中；

邻接矩阵数据格式转换模块 (5)，用于将用户图数据、物品图数据和时间数据转换为邻接矩阵数据格式；

聚合与更新模块 (6)，用于将邻接矩阵作为输入数据放入改进图卷积神经网络推荐模型中，进行节点之间的聚合，然后进入下一层，对每次聚合结果进行更新；

输出模块 (7)，用于重复聚合与更新模块 (6) 的功能原理，直到前一层和聚合邻居信息后的输出的结果一致；

推荐结果获取模块 (8)，用于通过损失函数输出最终推荐结果。

8、一种接收用户输入程序存储介质，所存储的计算机程序使电子设备执行权利要求 1~6 任意一项所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，包括下列步骤：

S1，从数据集中获取用户 ID、项目 ID、评分数据和时间戳项目交互记录数据；

S2，对原始数据进行预处理，包括数据筛选、缺失值填充或者删除；

S3，构建时间衰减函数和流行度函数；

S4，构建图卷积神经网络推荐模型，将时间衰减函数和流行度函数嵌入图卷积神经网络推荐模型公式中；

S5，将用户图数据、物品图数据和时间数据转换为邻接矩阵数据格式；

S6，将邻接矩阵作为输入数据放入改进图卷积神经网络推荐模型中，进行节点之间的聚合，然后进入下一层，对每次聚合结果进行更新；

S7，重复步骤 S6 直到前一层和聚合邻居信息后的输出的结果一致；

S8，然后通过损失函数输出最终推荐结果。

9、一种计算机设备，其特征在于，所述计算机设备包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述计算机程序被所述处理器执行时，使得所述处理器执行如下步骤：

S1，从数据集中获取用户 ID、项目 ID、评分数据和时间戳项目交互记录数据；

S2，对原始数据进行预处理，包括数据筛选、缺失值填充或者删除；

S3，构建时间衰减函数和流行度函数；

S4，构建图卷积神经网络推荐模型，将时间衰减函数和流行度函数嵌入图卷积神经网络推荐模型公式中；

S5，将用户图数据、物品图数据和时间数据转换为邻接矩阵数据格式；

S6，将邻接矩阵作为输入数据放入改进图卷积神经网络推荐模型中，进行节点之间的聚合，然后进入下一层，对每次聚合结果进行更新；

S7，重复步骤 S6 直到前一层和聚合邻居信息后的输出的结果一致；

S8，然后通过损失函数输出最终推荐结果。

10、一种用于商品购物的信息数据处理终端，其特征在于，所述用于商品购物的信息数据处理终端用于实现于电子装置上执行时，提供用户输入接口以实施权利要求 1~6 任意一项所述的融合时间上下文信息和流行度的图卷积神经网络推荐方法，包括以下步骤：

将时间衰减函数和流行度函数输入构建的图卷积神经网络推荐模型的嵌入层；

基于所述图卷积神经网络推荐模型利用将用户数据转换的邻接矩阵对输入的所述时间衰减函数和流行度函数进行节点之间的聚合，再进入下一层，对聚合结果进行更新；

直到前一层和聚合邻居信息后的输出的结果一致。