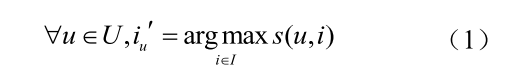
推荐算法的形式化定义：用U表示所有用 户（user）的集合，用I 表示所有项目（item）的集合。在实际系统中，U和I 具有非常大的规模。定 义一个效用函数s，用来计算项目i 对用户u的推荐 度，即，其中R 是一个全序集合（在 一定范围内非负的整数或实数），推荐算法的研究 问题就是通过计算推荐度为每一个用户? 找到 其最感兴趣的项目，如下：

传统的推荐方法主要 可以分为以下三种 [22] ：

基于内容的推荐 （content-based recommendation）、

协同过滤推荐（collaborative filtering recommendation）

混合推荐（hybrid recommendation）。

基于深度学习的推荐系统通常将各类用户和项目相关的数据作为输入，利用深度学习模型学习 到用户和项目的隐表示，并基于这种隐表示为用户产生项目推荐。一个基本的架构如图 6 所示，包含 输入层、模型层和输出层。输入层的数据主要包括： 用户的显式反馈（评分、喜欢\不喜欢）或隐式反馈 数据（浏览、点击等行为数据）、用户画像（性别、 年龄、喜好等）和项目内容（文本、图像等描述或 内容）数据、用户生成内容（社会化关系、标注、 评论等辅助数据）。在模型层，使用的深度学习模 型比较广泛，包括自编码器、受限玻尔兹曼机、卷 积神经网络、循环神经网络等。在输出层，通过利 用学习到的用户和项目隐表示，通过内积、Softmax、 相似度计算等方法产生项目的推荐列表。

本文通过充分调研当前深度学习在推荐系统研究中的应用情况，根据推荐系统中利用的数据类型并结合传统推荐系统的分类，将当前的研究主要分为五个方向：

1. 深度学习在基于内容的推荐系统中的应用。利用用户的显式反馈或隐式反馈数据、用户画像和项目内容数据，以及各种类型的用户生成内 容，采用深度学习方法来学习用户与项目的隐向量，并将与用户访问过的项目相似的项目推荐给用户；
2. 深度学习在协同过滤中的应用。利用用户的显式反馈或隐式反馈数据，采用深度学习方法 学习用户或项目的隐向量，从而基于隐向量预测用 户对项目的评分或偏好；
3. 深度学习在混合推荐系统中的应用。利用用户的显式反馈或隐式反馈数据、用户画像和项 目内容数据，以及各种类型的用户生成内容产生推 荐，模型层面主要是基于内容的推荐方法与协同过滤方法的组合；
4. 深度学习在基于社交网络的推荐系统中的应用。利用用户的显式反馈或隐式反馈数据、用户的社会化关系等各类数据，采用深度学习模型重点建模用户之间的社会关系影响，更好地发现用户对项目的偏好；
5. 深度学习在情景感知的推荐系统中的应用。利用用户的显式反馈或隐式反馈数据，以及用是设置两类映射通路，分别通过深度学习模型将两户的情境信息等各类数据，采用深度学习模型对用户情境进行建模，发现用户在特定情境下的偏好。

