

团队合作项目中评估学生能力的方案研究^{*}

徐迎晓

应凌涛

复旦大学计算机国家级实验教学示范中心, 上海, 200432
复旦大学软件学院, 上海, 200432
xuyx@fudan.edu.cn

复旦大学软件学院, 上海, 200432
15302010026@fudan.edu.cn

摘要 学生的团队能力具体表现在能否在团队环境中学习并有效地应用软件工程过程, 以及作为一个团队能否开发令人满意的软件产品。目前大多数评估团队合作能力的方法仅依赖于课堂结束时作为调查的定性和主观数据, 本文提出了一种解决软件工程教育中团队合作学习效果评估的新方法, 该方法通过三个要素来评判学生的团队协作能力, 即个人能力、所处团队水平、个人在团队中的参与水平。首先在团队课堂项目中提取客观、定量的学生团队活动数据, 通过层次分析法为这些数据分配权值, 之后对于加权处理后的数据运用模糊 C 均值算法把这些数据分成指定的类, 最后通过 tSNE 降维把结果转化成图像可视化输出, 最终评估学生团队合作能力。

关键字 能力评估, 层次分析法, 模糊 C 均值算法, tSNE 降维

Research on the Scheme of Evaluating Students' Ability in Team Cooperation Project

Yingxiao Xu

Lingtao Ying

National Demonstration Center for Experimental
Computer Education Software School Fudan University
Shanghai 200433, China;
xuyx@fudan.edu.cn

Software School Fudan University
Shanghai 200433, China
15302010026@fudan.edu.cn

Abstract—The students' teamwork ability is specifically manifested in whether they can learn and effectively apply the software engineering process in a team environment, and whether they can develop satisfactory software products as a team. At present, most methods of evaluating teamwork ability only rely on qualitative and subjective data as a survey at the end of the class. A new method is proposed to evaluate teamwork learning effects in software engineering education. The method uses three elements to evaluate the student's teamwork ability, that is, the individual ability, the level of the team, and the level of individual participation in the team. First, objective and quantitative student team activity data is extract from the team classroom project, and weights to these data is assigned through the analytic hierarchy process. Then fuzzy C-means algorithm is used to divide the weighted data into designated categories, and finally dimensionality reduction using tSNE is performed to visualize the result.

Key words—ability assessment, analytic hierarchy process, fuzzy C-means algorithm, tSNE dimensionality reduction

1 引言

软件工程教育与传统教育不同, 常常包含很多团队协作项目, 通过团队协作项目可以鼓励学生分组工作(强调合作、团队合作和协商), 促进学生互相学习、互相激励、相互依靠, 同时提高学生互相约束在规定的时间内完成任务的意识, 通过团队合作也使得学生在一门课程中可以完成更大的项目。

团队合作项目的学生评价必须考虑到每个学生对整个项目的贡献, 而学生在所属团队中究竟发挥了多少作用, 是很难通过常规的考试来评价的。一方面学生对知识的掌握水平不能单纯的通过测试来体现, 另

一方面学生是否融入团队, 是否对团队做出了贡献, 更是无法通过考试来展现。因此如何评价每个学生在团队协作活动中的能力成为待解决的问题。

国内外已有研究主要通过各种机器学习、神经网络算法, 对各种教育环境下的学生能力评估。例如, 在在线学习领域, 文献[1]以学生在线学习情况、答疑情况、在线讨论情况和在线测试结果作为原始数据来源, 利用 C4.5 算法, 预测学生未来的在线学习状况。文献[2]开发了一个深度神经网络模型, 用于早期预测学生在混合学习中的表现。文献[3]则以学生的日常上网数据为样本, 通过使用朴素贝叶斯分类法和逻辑回归分类算法, 预测学生的《数据结构》课程成绩。文献[4]开发了一个模型来根据学生在整个过程中分

配的各种任务的表现来预测学生的表现，使用 RMS (RMSE) 评估一些已建立的线性回归模型。文献 [5] 研究了工程类课程中学生态度的评估。

目前大多数评估团队合作能力的方法仅依赖于课堂结束时作为调查的定性和主观数据，本文提出了一种团队合作项目中评估学生软件工程能力的方案，该方案使用层次分析法为数据分配权重，使用模糊 C 均值算法，使样本被分为教师指定的若干类，以评估学生团队合作能力。

2 方案设计

本研究总体方案如图 1。首先从团队课堂项目中提取客观、定量的学生团队活动数据，然后把原始数据输入，运用层次分析法对原始数据加权处理，再通过模糊 C 均值算法，将处理后的数据分类，最终通过 tSNE 算法进行可视化输出，如果输出结果中有等第的人数不符合要求或是结果区分度太低，则调整权重重新进行加权处理再次运算。

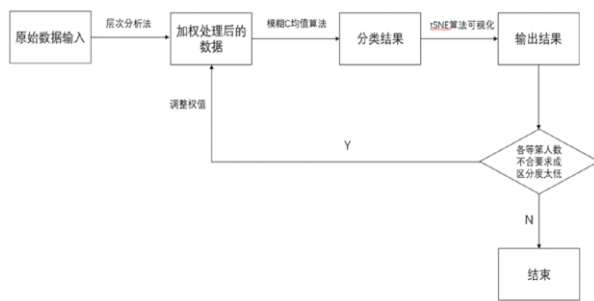


图 1 总体方案

3 数据收集和指标选取

本研究结合“项目管理”课程，通过以下几种方法收集用于评估的数据。

(1) 阶段性成果检查：根据项目成员每周期工作报告、项目会议记录等表格，收集每个学生每个阶段编码情况、会议情况等的信息。

(2) 开发工具的日志记录：收集学生个人使用软件工程开发工具的统计数据。

(3) 教师给出的指标：根据团队内学生互评的分数、不同团队间评出的团队分数，以及教师自己根据项目成员的述职报告给同一团队内学生打分，以及教师对团队作业的打分收集。

从这些数据中选择了以下指标来评估学生在团队协作项目中的能力：

(1) 阶段性指标：每个阶段的会议次数、每个阶段的会议时长、个人用于可交付的代码和非代码成

果的时间、团队共同调试代码次数、团队共同调试代码时长。

(2) 开发工具指标：代码提交次数，提交代码的长度

(3) 教师给出的指标：根据项目成员的述职报告，结合团队展示的评分以及团队成员的互评，对每个项目成员打分。

在这些指标中，阶段性指标和开发工具指标都是客观的数值，而教师给出的指标，包含了教师根据述职报告、学生互评、团队互评这些主观数值，使得评估的指标来源更为丰富也更为全面，一定程度上避免出现单纯依赖客观数据，或是全凭主观印象等过于片面的情况。

为了统一每一项参数，把这些参数控制在相近的数量级内，对于与个人相关的数据，在同一团队中把个人数据除以团队中个人数据之和。

例如把个人代码提交次数转化成个人代码提交次数的团队占比，把个人可交付成果所花的时间，转化成个人可交付成果花费时间在团队中的占比；对于团队的数据，把团队数据除以班级里的团队数据之和，例如把团队共同调试代码时长，转化成团队共同调试代码时长的占比；组内互评分和教师根据述职打分的平均值，作为主观个人评分，组间评分和教师给团队作业打分，作为主观团队评分，打分范围在 [0, 1] 之内。选择 100 个样本，样本数据部分如表 1。

表 1 样本数据

个人出席会议占比	个人代码总量占比	主观个人评分	团队会议时长占比	团队共同调试代码总时长占比	主观团队评分
1	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9
1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9
1	0.7	0.8	0.6	0.6	0.8
1	0.8	0.7	0.6	0.6	0.8
0.9	0.8	0.9	0.6	0.4	0.7
1	0.6	0.8	0.8	0.9	0.8
0.5	0.3	0.6	0.5	0.4	0.6

4 运用层次分析法分配权重

在层次分析法中，选择个人能力、团队水平和团队协作水平作为中间层，如图 2。其中，个人能力指的是学生自身的能力，可以视作非团队协作状态下，

学生的水平；团队水平指的是学生所属团队的水平；团队协作水平指的是学生在团队中和他人一起协作的能力，把这三个方面作为评价学生能力的因素。例如，如果一个学生自身水平很高，但是很少参与团队会议、团队调试代码等团队活动，他所在的团队成绩也不好的话，这个同学的个人能力较高，团队水平和团队协作水平就都较低。在运用层次分析法的时候，由于需要比较因素之间的重要性，可以根据教师认为的教学目标或是学生投票决定重要性。具体来看，从最高层到中间层构造判断矩阵时，可以由学生投票决定这个人能力、团队水平、团队协作水平三个因素两两之间的重要性比较结果，从中间层到最底层构造判断矩阵的时候，由于有六个因素，两两比较需要的次数很多，可以由教师自己决定重要性比较结果。

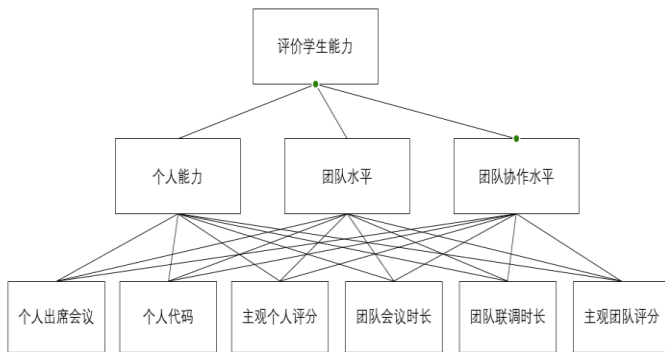


图 2 层次分析

最顶层与中间层的判断矩阵取值为：

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 1/2 \\ 1/4 & 1 & 1/4 \\ 2 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

经过运算，中间层三个元素的权值是：

$$[0.3459503459503459 \quad 0.1102971102971103 \quad 0.5437525437525438]$$

个人能力与最底层的判断矩阵取值为：

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1/4 & 5 & 4 & 1 \\ 1/2 & 1 & 3 & 1 & 5 & 3 \\ 4 & 1/3 & 1 & 4 & 5 & 2 \\ 1/5 & 1 & 1/4 & 1 & 6 & 1/8 \\ 1/4 & 1/5 & 1/5 & 1/6 & 1 & 1/6 \\ 1 & 1/3 & 1/2 & 8 & 6 & 1 \end{pmatrix}$$

CR=0.265>0.01，不具备一致性，需要重新建立判断矩阵

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 1/4 & 6 & 6 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1/7 & 1/3 & 2 & 3 \\ 4 & 7 & 1 & 5 & 7 & 8 \\ 1/6 & 3 & 1/5 & 1 & 3 & 4 \\ 1/6 & 1/2 & 1/7 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/7 & 1/3 & 1/8 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

权重向量为

$$[0.27527 \quad 0.06934 \quad 0.45244 \quad 0.11692 \quad 0.05480 \quad 0.03119]$$

同理，取团队水平和团队协作水平对最底层六个因素的判断矩阵，并算出权重向量

$$[0.35874 \quad 0.4204 \quad 0.01231 \quad 0.13212 \quad 0.0568 \quad 0.02648]$$

$$[0.04523 \quad 0.0216 \quad 0.21546 \quad 0.14616 \quad 0.0856 \quad 0.48919]$$

把这三个向量联立成矩阵，与中间层三个元素的权值向量相乘得到结果，即为底层六个元素的权值：

$$[0.159392 \quad 0.082102 \quad 0.275036 \quad 0.134496 \quad 0.071768 \quad 0.279709]$$

5 通过模糊 C 均值算法处理数据

首先由教师确定确定要区分学生能力的等第数量，例如分成 A, B, C, F 四档，则分类数 k=4。然后运用模糊 C 均值算法处理数据，将样本分成 4 类。令指数 b=2，设置好迭代的次数，然后初始化一个隶属度以开始迭代，再根据这个初始化好的隶属度来计算聚类中心 m，根据聚类中心 m 和隶属度 μ 计算目标函数 J，再根据聚类中心 m 计算并修改隶属度 μ 不断迭代直到结束。最终数据被分成了四类，并传入可视化部分。

把数据按照前面最后得到的权值向量加权后，作为数据集进行模糊 C 均值算法分类，分类数设置为 3，迭代 50 次，目标函数曲线如图 3：

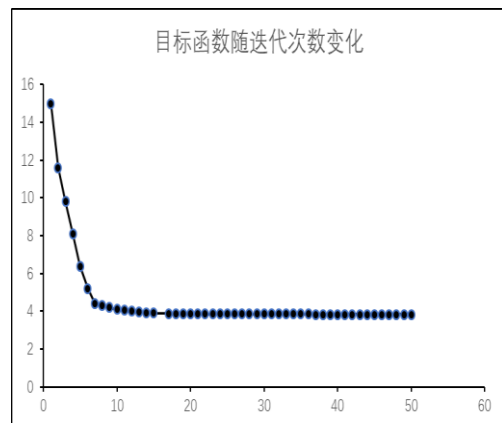


图 3 目标函数曲线

6 用 tSNE 降维可视化结果

t-SNE (TSNE) 将数据点之间的相似度转换为概率。原始空间中的相似度由高斯联合概率表示，低维空间下用 t 分布表示两点之间的相似度。降维的过程中，原本在高维空间可以区分的数据，可能在低维情况下聚集在一起，难以被区分，因此在低维空间下，使用更加偏重长尾分布的方式来将距离转换为概率分布，而高维空间下通过高斯分布将距离转换为概率分布，从而避免这个问题。

输入模糊 C 均值算法得到的分类结果，调用 sklearn. Manifold 中的 TSNE 函数，最终输出二维图像作为结果。tSNE 降维后，最终输出结果如图 4

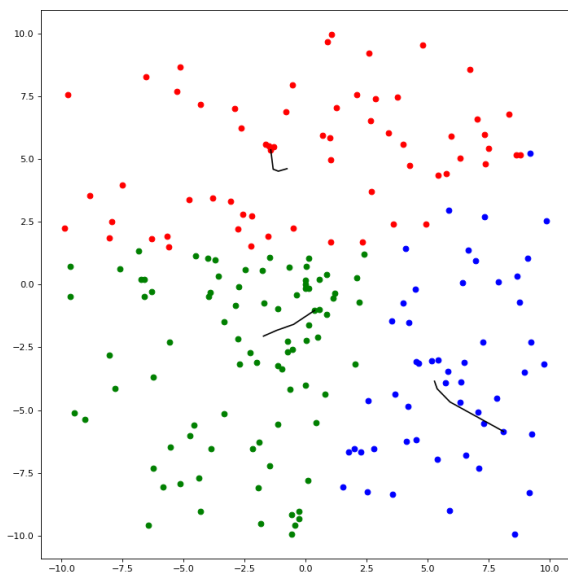


图 4 tSNE 降维后的输出

7 结束语

针对软件工程教育中评估学生在团队协作过程的能力的需求，本文提出了一个软件工程教育中学生能力评估方案。该方案首先通过层次分析法为收集到的学生数据分配权重，然后通过模糊 C 均值算法把样本分成指定的类数目，最后通过 tSNE 降维可视化输出。该方案需要输入原始数据的输入，也需要教师在层次分析法建立判断矩阵的过程中，做出因素的重要性比较，该方案输出结果是对学生的分类。实验结果表明，该方案的效果符合预期，能够满足对软件工程教育中学生在团队协作过程的能力评估的需求。

参考文献

- [1] 范洁, 杨岳湘, 温璞. C4.5 算法在在线学习行为评估系统中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2006(06):946-948.
- [2] R. C. Raga and J. D. Raga. "Early prediction of student performance in blended learning courses using deep neural networks". In 2019 International Symposium on Educational Technology (ISET), 2019
- [3] 郑友杰. 基于网络日志的高校学生成绩预测系统的研究与实现[D]. 重庆大学, 2016.
- [4] M. M. Ashenafi, G. Riccardi, and M. Ronchetti. Predicting students' final exam scores from their course activities. In Frontiers in Education Conference, 2015
- [5] L. Tartibu and R. Steenkamp, "An assessment of the students' attitudes toward engineering design and build projects," 2020 IFEEES World Engineering Education Forum - Global Engineering Deans Council (WEEF-GEDC), 2020, pp. 1-5