

在线协作讨论中个人贡献的分析研究

Analyzing Individual Contributions in Online Collaborative Discussions

徐唱，郑娅峰，康佳，胡贺宁，李艳燕*

北京师范大学教育技术学院 知识工程研究中心

* liyy1114@163.com

【摘要】 目前，伴随在线教育的不断发展，基于讨论区开展的协作讨论以其便捷性和有效性而成为在线协作学习的主要方式。在协作讨论中，个人贡献能够直接影响小组成绩，通过对个人贡献的分析能够对小组表现做出解释。然而，目前对个人贡献的研究相对匮乏。本文针对在线讨论中学生学习行为及言语对话进行定量分析，从知识贡献、参与贡献、新颖性贡献三个维度对在线学习中个人贡献进行全面刻画。并采用数据挖掘技术，基于个体成员三个维度的特征值，将具有不同贡献特征的成员进行特征聚类，为教师开展和实施更好的协作活动及教学干预提供有力支持。

【关键字】 在线协作讨论；个人贡献；聚类分析

Abstract: Nowadays, with the increasing development of online education, online discussions have been widely utilized as a CSCL activity because their high degree of efficiency and effectiveness. In online discussions, individual contributions directly influence group performance and the deep analysis on individual level could be used to explain what happens within groups. However, studies on the relationship between and individual contributions is limited. This study explores the individual contributions from knowledge, involvement and novelty using quantitative analysis of students posts produced from online discussion. Then, cluster analysis on the resulting contribution characteristics resulted in four types of student groups. Comparisons of the contribution characteristics and instructor intervention are discussed.

Keywords: online discussions, individual contributions, cluster analysis

1. 前言

伴随在线教育的蓬勃开展，各级各类的教育机构特别是高等教育已将在线的协作学习作为一种主要的学习方法。在线协作讨论以其便捷性和有效性已经被广泛应用在真实的教学情境中，许多研究探讨了在线协作讨论对学习的益处。协作讨论活动能够促进学习者的协作学习、认知技能和批判性思维(Anderson, Liam, Garrison, & Archer, 2001)。通过与其他人谈话和讨论，学习者能够建构知识，进行意义协商，获得最终共识，并培养态度和观点，这有助于他们在学习活动中更好地做出判断和决策(Buder, Schwind, Rudat, & Bodemer, 2015)。

协作学习是学生以小组形式参与、为达到共同的学习目标、在一定的激励机制下最大化个人和他人习得成果，而合作互助的一切相关行为(冷静、黄荣怀和李乾, 2007)。在协作学习的基本要素中，个人责任是要素之一(Johnson & Johnson, 1989)。学习者通过在一起解决复杂问题而建构知识，这个过程包括个人为问题解决做出贡献。个人积极贡献并参与到讨论中，最终达成共同的解决方案(Roschelle & Teasley, 1995)。教师通过充分调动每个学生的参与热情，可以发挥每个学生的专长，以实现整个小组学习成果的最大化。因此，个人贡献的分析是理解学生如何达成有效的协作任务解决中一个有用的指示器。而在协作学习中，经常会有处在边缘参与的学生，他们在协作学习中常常是消极的、被动的，不能充分利用协作学习的优势。分析和监控学生的个人贡献可以识别不同的学生状态，为那些需要额外帮助的学生提供有效

的支持。更进一步，学生的个人贡献的分析与测量也能够为学生自我调节、自我监控的学习提供有效的脚手架。同时，发展有效的个人贡献测量方法并将在线讨论情况的数据呈现给教师也为教师明确教学问题，改进教学策略提供依据。

目前已有部分研究从不同的视角探索了用于测量个人贡献的方法，但这方面的研究还很不成熟，忽略了一些非常重要的分析维度。本研究在已有研究的基础上，提出了更为全面的个人贡献的分析维度，并通过聚类分析的方法总结个人贡献的特征类型及其对协作小组整体表现的影响。

2. 文献综述

目前对协作学习的研究主要从个体、小组及社区三个层面进行。对协作小组的分析将协作成员看作一个整体，大多研究关注协作小组的总体效果及产品。然而，仅对小组整体表现的分析会丧失个人贡献的信息，不利于充分发挥每位成员的智慧。另外，对于小组有效协作的成因及其内部机制的探索，必须通过对个体的分析进行解释。因此，分析不能仅局限在小组层次上，个体层次被用来解释在协作小组内的运行机制(Häkkinen, 2013)。对学生个体行为、参与、言语的深入分析，能够更深入地探究在协作过程中群组成员贡献的差异对小组协作学习效果的影响机制。

现有对协作学习中个体成员表现的研究大多从参与行为和互动结构等方面进行分析。通过对协作讨论中产生的言论或帖子的数量，参与时间等进行分析，作为评价个人的参与度的指标(Chiru, Cojocar, Trausan-Matu, Rebedea, & Mihaila, 2011)。互动结构主要关注个体成员之间的交互行为，通过对个体成员交互行为的分析与测量，从个体的社会交互位置和交互行为解释成员间互动对协作过程及结果的影响(Li, Liao, Wang, & Huang, 2007)。

现有的研究已经在评价个人贡献上做了一些探索，但在文献检索过程中我们发现，对个人贡献进行专门深入分析的研究仍是非常少的，而且忽略了一些非常重要的分析维度。首先，有研究指出，协作小组通过对话构建集体和个人观点，学习者需要积极讨论贡献帖子以及从现有帖子获取信息(Wise, Speer, Marbouti, & Hsiao, 2013)。有研究进一步指出那些最积极获取他人帖子的学生通常也是最积极做出贡献的学生(Muller, Shami, Millen, & Feinberg, 2010)。这既肯定了发帖量作为衡量学生贡献的意义，同时又指出了对别人帖子进行积极响应和回复的重要性。但是研究不能仅停留在评估个体对其他成员的回复数量上。在实际的协作讨论的过程中往往存在这样的问题：一些个体在与其他成员交互时呈现出不均衡性，个体成员仅局限在与组内个别成员进行交互，最终限制了小组内信息的良好沟通和学生协作能力的发展。第二，从认知加工的视角看，知识的贡献是刻画个体贡献非常重要的一个方面，但这并未引起广泛的学术关注。Hwang and Arbaugh (2009)发现，相比那些讨论量很多但仅局限在一个话题的学生，那些虽然发帖量很少但能够触及到更广泛话题的学生往往在最后的知识测试中取得更好的成绩。另外，对关键词的重复次数越多，表明该成员在所讨论的关键词上知识加工程度越深。同时对知识点的重复加工能够促进小组其他成员对该知识点的深入理解。最后，Newman, Webb and Cochrane (1995)和 Liu, Zhu, Chen and Huang (2005)都将话题新颖性作为评价交互文本质量的重要标准。Li et al. (2007)也将学生个体首次提出的关键词作为衡量个体在小组知识建构过程中所做的贡献。

为了弥补现有研究在衡量个人贡献时的不足，结合最新的研究发现，本文从三个不同的维度对协作学习中的个人贡献进行更全面的刻画。并通过实证研究，基于三个维度下的子指标对个体在线协作讨论活动中的贡献进行数据分析。通过基于不同特征类别学生的聚类分析，对每类成员的特征进行细致的阐述，探讨个体贡献对小组问题解决结果的影响，并为教师有效的教学干预提供支持。

3. 个人贡献分析维度

在已有研究的基础上，本文提出从知识贡献、参与贡献和新颖性贡献三个方面对个人在协作讨论中的贡献进行分析。

3.1. 知识贡献

在本文中，知识贡献包括个人的生产力和激活度两个指标。其中，生产力指个人在讨论活动中所能触及到的相关知识点个数。它反映了个体在讨论问题解决方案时所能触及到的知识广度。个体讨论到的知识数量越多，说明其所能覆盖的知识广度越好。激活度指个人在讨论活动中重复提到每个知识点的频数的总和。它反映了个体在知识点上的讨论深度。重复提到知识点的次数越多，说明该个体的知识加工水平越深。

3.2. 参与贡献

发帖量一直被用来作为评价个人参与积极性的重要标准。在本文中，沿用发帖量这一指标，然后增加回复均度作为衡量个体参与贡献的指标。回复均度指个人在讨论活动中回复组内其他成员的均匀程度，用公式(1)计算。其中， i 指成员个体， RE_i 指成员 i 的回复均度， N 代表小组成员的数量， R_j 代表成员 i 回复其他 $N-1$ 个成员的帖子数量。值的结果越大说明该个体能与其他成员形成均等、良好的沟通交流。

$$RE_i = \frac{\mu}{\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} (R_j - \mu)^2}}, \quad \mu = \frac{\sum_{j=1}^{N-1} R_j}{(N-1)} \quad (1)$$

3.3. 新颖性贡献

在论坛讨论中，越来越多的学者引入话题新颖性的概念。在本研究中，将新颖性定义为个人在讨论过程中首次引入的相关知识点的个数。个体在讨论活动中首次提出的相关知识点数量越多，说明该个体在问题解决过程中具有引领性的作用，能够推进小组整体的问题解决进程。

4. 实验设计

4.1. 被试和实验过程

有25名教育技术专业的大二学生选修了为期18周的数据结构课。他们在之前都有修过C语言课，具有基础的编程能力和使用Moodle平台的经历。这些学生被随机分到五个小组，且保证每个小组都是男女生混合。

该研究共组织了四次基于问题解决的在线协作讨论活动。四次活动的主题分别是“藏品管理”、“密文破译”、“校园导游”和“校园规划”。考虑到手工处理时间和人力的问题，本文只随机抽取了一次讨论活动的实验数据，进行处理和分析。此次活动的主题是“校园导游”，具体问题是：小组成员作为学校接待部门的工作人员，利用数据结构中图的存储和遍历等知识，为学校来访参观人员提供学校景点的游览顺序。该研究使用Moodle平台作为小组协作讨论的工具。每次活动开始，教师首先在Moodle平台的讨论区发布讨论问题和要求，然后每个小组在讨论区开辟本小组的子主题，小组成员在子主题下通过发帖共同讨论解决方案。在这个过程中，学生需要阅读学习材料，搜集相关资料，提出问题，互相争论，最终达成一致的解决方案。整个过程没有教师干预。学生所有的讨论内容和行为信息都将被记录到Moodle平台的数据库中。

4.2. 数据处理

我们首先请有多年教授该课程经验的教师制定了此次活动所涉及的全部知识点。然后由研

究人员对5个小组的讨论贴进行人工统计。研究人员以个人为单位，按照5个子维度的定义统计了数据。之后将数据结果进行标准化，并基于数据挖掘的聚类分析方法，基于个人贡献特征对学生进行了分类。

为了深入分析个体贡献对小组成绩的影响，我们邀请三名教师对小组讨论内容的质量进行了等级排序，排序标准包括：小组讨论内容是否包含问题解决所需要的全部知识点；小组在每个知识点上是否进行了深入的讨论；达成的解决方案的正确性。我们采用了肯德尔和谐系数对三名评分者的评分一致性为进行了检验，三名评分者的 $W=0.778$ ， $S=70.02$ ，在0.05的水平上是显著的，说明三名评分者的评分达到一致性。小组的平均排名从高到底分别为：组1，组2，组3，组4和组5。

5. 实验结果

5.1. 个人贡献

此次活动在讨论区共产生了221条帖子，表1展示了全部25个成员在本次讨论活动中的贡献情况。为了保护学生的隐私，我们用编号代替学生姓名。通过该结果，教师可以了解每位成员在协作任务中的贡献量。例如，从表中我们可以发现，编号为415的学生在前四个子维度上的值都是最高的，在新颖性上的值也是比较高的，说明该学生在知识、参与和新颖性上的贡献都是非常好的。而编号为438的学生在五个子维度上的值都是非常低的，教师需要进一步分析他在协作讨论中存在的问题，然后给予有针对性的指导。

表1 个体在5个子维度上的数据结果

组号	成员编号	生产力	激活度	发帖量	回复均度	新颖性
1	419	6	9	14	1.4434	0
	415	10	39	15	1.4703	7
	417	8	23	8	1.5	0
	418	6	12	12	1.8333	1
	416	10	24	7	0.7406	3
2	420	8	17	8	0.7892	6
	422	9	17	9	1.8278	4
	423	4	8	4	0.8660	0
	421	2	3	6	1.1619	0
	425	4	6	14	1.0190	0
3	441	5	15	13	0.8333	4
	426	6	11	9	0.7071	5
	427	5	9	8	1.1667	2
	424	7	8	8	2.4495	2
	442	6	17	11	4.3301	0
4	431	11	29	15	1.015	5
	430	3	9	8	0.9258	2
	433	9	14	9	1.0954	4
	443	5	9	6	0.5	0
	434	4	6	7	1.1619	1
5	437	5	28	13	0.6301	5
	439	3	11	6	0.6301	0

	435	7	11	4	0.7071	5
	436	4	7	5	0.8333	1
	438	2	2	2	0.8660	0
平均数	5.96	13.76	8.84	6.12	1.220	
标准差	2.541	8.894	3.659	2.351	0.791	

5.2. 聚类分析

基于以上数据统计结果，为了进一步发现成员个体贡献的共性与差异，我们采用聚类分析方法进行学生群体的分类。根据聚类分析的结果，可以将个体的贡献分为四类。为了更清晰地描述每类的特征，我们计算了每类的平均值和标准差，结果如表 2 所示。

表 2 个体贡献特征聚类结果

	聚类 1		聚类 2		聚类 3		聚类 4	
	2/25		5/25		9/25		9/25	
	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差	平均值	标准差
生产力	1.787	0.2783	-0.063	0.431	0.585	0.713	-0.947	0.445
激活度	2.276	0.7950	-0.378	0.481	0.452	0.672	-0.748	0.335
发帖量	1.683	0	0.809	0.681	0.013	0.766	-0.837	0.525
回复均度	0.029	0.407	1.258	1.636	-0.302	0.527	-0.403	0.299
新颖性	1.617	0.615	-0.730	0.389	0.748	0.753	-0.701	0.376

聚类的描述数据基于标准分（平均值=0；标准差=1）

聚类 1：突出贡献者

第一类包括两名成员（成员 415，成员 430），他们在三大方面的贡献值都很高。在知识贡献方面，该类学生的讨论内容覆盖了大量的问题解决所需要的知识点（1.787），并且不断重复加工这些知识点（2.276），对知识内容有更深的认识。在参与贡献方面，该类学生积极发言（1.683），并且能够跟其他每位成员进行较均匀的交互（0.029）。在新颖性贡献方面，该类学生能够不断地引入问题解决需要的知识内容（1.617），促进任务的向前推进。

在回看该类成员个体的讨论贴时，我们发现每条帖子的内容几乎都含有专业的知识点名词，讨论内容逐渐深入，不断引入新的知识点推进问题的解决。另外，我们也发现，当组内对一个问题基本达成共识后，该组的成员会进行总结，如编号为 415 的学生在讨论对比图的存储结构的优缺点时，在经过各成员广泛讨论后，他总结道：“我觉得是的。邻接矩阵：优点应该是便于直接取出某个数据，因为可以直接用下标来定位。缺点是占用空间大，浪费内存。所以比较适合用于稠密图。邻接表：优点是充分利用内存。缺点：不能直接定位某个数据，操作麻烦。比较适用于稀疏图。”

聚类 2：组织协调者

第二类包括 5 名成员，他们在参与贡献上是比较好的。他们能够积极发言（0.809），而且他们在回复均度上的值是最好的（1.258），说明该类学生能够对小组其他每位成员的帖子进行回应。但是该类学生在生产力（-0.063）、激活度（-0.378）和新颖性（-0.730）上都低于平均值，说明该类学生的讨论内容很少能触碰到知识点，也不能为小组任务解决引入知识点。

在回看该类成员个体的讨论贴时，我们发现该类成员在积极地组织小组成员一起合作完成任务方面贡献突出，当其他成员参与较少时，他们会要求每个人都要积极讨论或鼓励其他成员发言，并给以积极的肯定和赞扬，如编号为 425 的学生在讨论中常有这样的表达：“大家觉得有没有问题啊”，“大家对照图片检查一下”，“瞬间感觉你说的好有道理”，“有趣的想法！”

我觉得既然都可以的话，就用你的试试”。另外，我们还发现该类成员会首先发起该小组的起始讨论贴，并负责控制讨论的步骤和进度，如编号为 441 的学生，讨论开始后先在规划了三个子问题的讨论区域，“问题一在此条下回复”，“问题二在此条下回复”，“问题三在此条下回复”。

聚类3：自我导向者

第三类包括 9 名成员，他们在知识上的贡献较好，讨论的内容既能涉及较全面的知识点 (0.585)，又能对知识点进行深入的加工(0.452)。而且他们在新颖性贡献上也比较高(0.748)，能够推进小组的任务解决。但是他们的参与积极性不高，发帖量接近平均水平 (0.013)，更为显著的问题是他们局限在跟团队内的一两位成员进行交互 (-0.302)，没有与全组成员开展有效合作。

在回看该类成员的讨论内容时，印证了其在知识贡献和新颖性上都比较好的结果。他们的含有知识点的帖子数量占全部帖子数量的比例都较高。但是他们确实没有跟小组的全部成员形成良好的协作，如编号为 420 的学生在讨论时集中在与编号为 425 的学生进行交流，而忽略了对其他成员的帖子进行回应。

聚类4：边缘者

第四类包括 9 名成员，他们在生产力 (-0.947)、激活度 (-0.748)、发帖量 (-0.837)、回复均度 (-0.403)、新颖性 (-0.701) 上都明显低于平均值。这部分学生不能真正地投入到协作小组讨论中，几乎没有存在感。

在回看该类成员的讨论内容时我们发现，该类成员的帖子并没有出现明显的讨论偏题情况，而且大部分的帖子内容中都含有专业的知识点名词。该类成员可能并不是参与热情低，而是在自学和理解学习材料和任务要求的速度比较慢，跟不上小组讨论的节奏，如他们的发帖中常有类似“适才我也在看”，“原谅我忽略了”，“两条路线同时存储是什么意思？”。他们不能给出确定的意见，也不能理解小组其他成员的讨论内容，发言以提问为主。

5.3. 个人贡献对小组成绩的影响

通过专家打分排序后得到的小组成绩排序依次为组 1，组 2，组 3，组 4 和组 5。同时我们将 5 个小组在四类聚类上的数量分布进行统计，如表 3 所示。从表 3 中我们可以看出，组 1 的成员都集中在前三类，各成员个体中，有一位学生扮演着全能的角色外，其余四人发挥自己的优势，团队成员共同努力共同促成高质量的解决方案。组 2 和组 3 中虽然没有突出贡献者，但既有发言积极且与同伴交互好的个体，也有能不断引入新知识点并在知识加工上较深入的个体，所以这两个组也通过协作较好地完成了任务。而在组 4 中，尽管有一位突出贡献者，但大部分的成员属于消极被动的协作讨论，因此该组的整体表现也较差。组 5 的成员只分布在第三和第四类，说明该小组的帖子量很少，5 名个体间没有很好的交互，只有两名成员的讨论内容涉及知识点，最终导致该组的成绩最差。从某种程度上也反映出，小组成员贡献类型的分布对协作组成绩的影响。

表 3 小组成员在四类贡献上的人数分布

	聚类 1	聚类 2	聚类 3	聚类 4
组 1	1	2	2	0
组 2	0	1	2	2
组 3	0	2	2	1
组 4	1	0	1	3
组 5	0	0	2	3

6. 讨论

从数据分析的结果中我们可以发现，协作学习的不同成员有着不同的贡献，并扮演了不同的角色。在实际教学应用中，教师可以根据个体贡献量的多少给每位学生不同的成绩，并基于每位学生的贡献特征分析其在协作小组中发挥的作用，并针对不同的个体给予相应的教学指导。从聚类结果中我们可以进一步看出，突出贡献者在各维度上的值都非常好，对协作小组产生优质的学习结果具有举足轻重的作用。但突出贡献者所占的比例是最少的，而且不是每个小组都有突出贡献者。另外，第4组虽然有一位突出贡献者，但在小组其他成员的贡献都非常低的情况下，也不能保证小组最终取得好的任务解决成果。因此，在协作学习中，还是需要调动每位成员的努力来共同促进小组的问题解决。组织协调者的讨论内容尽管很少涉及专业的知识点，但他们是协作中的活跃成员，对促进及维持协作有效开展的提供必要的情感及互动支持。这类成员具有积极的团队协作意识，能敏锐的感知协作进程中的问题并更好的规划协作进程，对协作开展具有重要的支持作用。对于这样的成员，教师可以指定担任组长的角色。Hrastinski (2009)在研究中强调了参与度对理解在线学习的重要性，但同时又表达了只是计算帖子量来测量参与度的担忧。在我们的研究中也发现，对于那些自我导向型的贡献者，他们的发帖量接近平均水平，但是他们没有留意到所有协作成员的问题。他们不断地在论坛里贡献知识，却更像是独白。Chan and Chan (2011)在研究后指出，学生的参与可以通过学生是否积极建构意义并为小组其他人的理解做出贡献来测量。因此，对于这部分只贡献知识但不能服务于小组其他成员的学生，如果教师能够鼓励他们与更广泛的成员进行交互，这样可以更多地帮助处于边缘参与的小组成员，并将有助于他们转换为突出贡献者。最后，在以往的研究中，常把第四类成员定义为消极参与的个体，但本研究发现，边缘者并非是消极的参与态度，对待第四类学生，教师需要给予更多的指导和帮助。

7. 结论和研究展望

本研究从知识贡献、参与贡献、新颖性贡献三个维度对个体在协作讨论学习中的贡献进行了聚类分析，根据不同的贡献特征，可以为教师进行教学干预提供有力的支持。同时，由于文本所提出的分析维度都可以通过计算机自动分析，在以后的研究工作中，可以开发学习分析的工具，对个体贡献的数据进行实时分析，然后将结果呈现给教师，更好的促进教学实践的开展。另外，在系列活动及更大样本的支持下，可以进一步分析个体在几次协作讨论活动中贡献特征的变化，探究个体在协作中的随时间演变的发展变化过程。

参考文献

- 冷静、黄荣怀和李乾(2007)。在线协作讨论中成员表现的综合评价研究。《现代教育技术》，17(3)，51-56。
- Anderson, T., Liam, R., Garrison, D. R., & Archer, W. (2001). Assessing teacher presence in a computer conferencing context.
- Baker, M., Andriessen, J., Lund, K., van Amelsvoort, M., & Quignard, M. (2007). Rainbow: A framework for analysing computer-mediated pedagogical debates. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(2-3), 315-357.
- Buder, J., Schwind, C., Rudat, A., & Bodemer, D. (2015). Selective reading of large online forum discussions: The impact of rating visualizations on navigation and learning. *Computers in*

Wu, Y.-T., Chang, M., Li, B., Chan, T.-W., Kong, S. C., Lin, H.-C.-K., Chu, H.-C., Jan, M., Lee, M.-H., Dong, Y., Tse, K. H., Wong, T. L., & Li, P. (Eds.). (2016). *Conference Proceedings of the 20th Global Chinese Conference on Computers in Education 2016*. Hong Kong: The Hong Kong Institute of Education.

Human Behavior, 44, 191-201.

- Chan, C. K., & Chan, Y. Y. (2011). Students' views of collaboration and online participation in Knowledge Forum. *Computers & Education*, 57(1), 1445-1457.
- Chiru, C.-G., Cojocaru, V., Trausan-Matu, S., Rebedea, T., & Mihaila, D. (2011). Repetition and rhythmicity based assessment model for chat conversations *Foundations of Intelligent Systems* (pp. 513-522): Springer.
- Hakkarainen, K. (2003). Emergence of progressive-inquiry culture in computer-supported collaborative learning. *Learning Environments Research*, 6(2), 199-220.
- Häkkinen, P. (2013). Multiphase method for analysing online discussions. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(6), 547-555. doi: 10.1111/jcal.12015.
- Hong, H.-Y., & Scardamalia, M. (2014). Community knowledge assessment in a knowledge building environment. *Computers & Education*, 71, 279-288.
- Hrastinski, S. (2009). A theory of online learning as online participation. *Computers & Education*, 52(1), 78-82.
- Hwang, A., & Arbaugh, J. B. (2009). Seeking feedback in blended learning: competitive versus cooperative student attitudes and their links to learning outcome. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(3), 280-293.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1989). Toward a cooperative effort: A response to Slavin. *Educational Leadership*, 46(7), 80-81.
- Li, Y., Liao, J., Wang, J., & Huang, R. (2007). CSCL interaction analysis for assessing knowledge building outcomes: method and tool. Paper presented at *the Proceedings of the 8th international conference on Computer supported collaborative learning*.
- Liu, H. L., Zhu, L., Chen, Y., & Huang, R. (2005). A research about collaborative knowledge building through interaction analysis. *Open Education Research*, 11(2), P31-37.
- Muller, M., Shami, N. S., Millen, D. R., & Feinberg, J. (2010). We are all lurkers: consuming behaviors among authors and readers in an enterprise file-sharing service. Paper presented at *the Proceedings of the 16th ACM international conference on Supporting group work*.
- Newman, D. R., Webb, B., & Cochrane, C. (1995). A content analysis method to measure critical thinking in face-to-face and computer supported group learning. *Interpersonal Computing and Technology*, 3(2), 56-77.
- Roschelle, J., & Teasley, S. D. (1995). The construction of shared knowledge in collaborative problem solving. Paper presented at *the Computer supported collaborative learning*.
- van Aalst, J., & Chan, C. K. (2007). Student-directed assessment of knowledge building using electronic portfolios. *The Journal of the Learning Sciences*, 16(2), 175-220.
- Wise, A. F., Speer, J., Marbouti, F., & Hsiao, Y.-T. (2013). Broadening the notion of participation in online discussions: examining patterns in learners' online listening behaviors. *Instructional Science*, 41(2), 323-343.