

# A study of learning resource evolution in ubiquitous learning environment

## Analysis of some key issues and the solutions

Xianmin Yang

Institute of Modern Educational Technology  
Beijing Normal University  
Beijing, China  
mooyee2006@gmail.com

Shengquan Yu

Institute of Modern Educational Technology  
Beijing Normal University  
Beijing, China  
toyusq@gmail.com

**Abstract**—Driven by ubiquitous computing technology, ubiquitous learning (u-Learning) has become the future way of learning. More and more attention is drawn to u-Learning, which requires learning resource with strong evolutionary capability to realize in-time update of knowledge and dynamic linking between resources. However, current learning resources in Web 1.0 environment always update rather slowly, which can't meet the need of acquiring instant knowledge by learners. In Web 2.0 environment, learning resource is labeled by OPENNESS and COLLABORATIVE CONSTRUCTION. A big quantity of all kinds of learning resources are emerging and updating frequently, but another key problem has appeared. It is the orderly growth of learning resource, which leads to the discursive growth and in poor control of quality of learning resource. This paper gives a systematic definition of learning resource evolution, design two kinds of evolution model, content-based resource evolution and association-based resource evolution. Some key issues and the technical solution methods during the study of learning resource evolution are emphatically analyzed. It is anticipated to guide the development of learning resource evolution technical support environment, and promote further study of u-Learning in the layer of learning resource.

**Keywords**—learning resource evolution; ubiquitous learning; semantic modeling; dynamic association; orderly evolving

### I. 引言

普适计算技术推动下的泛在学习已经成为下一代 e-Learning 的重要发展方向。当前泛在学习的研究主要聚焦在概念模型和支撑环境的设计上，而泛在学习的实现与普及不仅仅需要基础设施及智能学习环境的构建，还需要在学习资源层面，考虑如何为泛在学习环境提供适合泛在学习特性的学习资源。终身学习、学习型社会的宏观理念和泛在学习的微观技术环境都要求海量的、能满足不同群体个性化需求的学习资源。在非正式学习的情境下，学习者的学习动机往往都来自于实际的问题解决需求，学习资源的时效性也非常重要，要能反映相关领域的最新变化和和相关群体的最新需求。数字时代的新学习理论——联通主义[1]，也非常强调知识的流动性和实时更新，而学习资源作为知识的载体也需要具备持续进化和更新的能力。

当前的网络课程、学习对象等资源存在内容封闭、更新速度缓慢、只能通过简单的复制式“繁殖”实现共享等缺陷；而以 Wikipedia、Cloudworks、Google Knol、Freebase 等代表的开放知识社区，虽然可以发挥集体智慧，通过开放共创实现资源的及时更新，但依据存在资源“散乱”生长，缺乏有效机制来保证资源的持续、有序进化，资源间语义关联不足，学习过程性信息流失等缺陷。当前 e-Learning 领域的学习资源无法有效满足泛在学习对资源持续进化发展的需求，无法适应在泛在学习所倡导的“学习消融于生活”的新型学习理念以及非正式学习对知识时效性和“新鲜度”的强烈需求。余胜泉等[2]在对泛在学习环境下的新型资源模型的设计研究中指出，泛在学习需要更多可进化的学习资源，传统的静态的、固化的、更新迟缓的 e-Learning 资源无法满足泛在学习的实践需求。程昱等[3]综述了学习资源技术标准的最新进展，并概括了学习资源五个方面的发展趋势：可进化性、分布式、社会性、情境性、开放性和复合性。基于生态学视角，从生命有机体的角度看待泛在学习资源，赋予学习资源持续进化、发展的能力，已经成为泛在学习资源的重要特征和趋势，将对当前更新缓慢、缺乏进化动力的 e-Learning 资源带来巨大的挑战，学习资源的进化研究已经成为泛在学习的重要研究方向。

Web1.0: 封闭环境、进化不足



Web2.0: 开放环境、进化失控

图1 学习资源的有序进化

文章首先对泛在学习资源进化的概念及模式进行定义和预设，然后对泛在学习资源进化研究中的一些关键问题及其解决思路进行了阐述，最后对已有的研究基础和下一步研究计划进行了说明。期望能够进一步推动泛在学习资

源层面的系统研究，为未来泛在学习的普及和推广提供资源进化方面的理论和技术支持。

II. 学习资源进化的概念及模式

生物学上的进化是指族群里的遗传性状（基因的表现）在世代之间的变化。而《现代汉语词典》将进化定义为事物由简单到复杂，由低级到高级逐渐发展变化。从《现代汉语词典》对进化的解释，我们可以发现进化并不仅仅是生物学意义上的演化过程，而是涵盖了所有总体上朝进步方向的变化，分子、天体、社会、文化、观念、信仰、学科等各种事物都可以不断进化。进化所体现的核心思想是“发展、变化、适应”，事物通过与外界环境的交互作用来慢慢改变自己，逐渐成长，以更好的适应生存的环境。

所谓学习资源进化是指，在数字化学习环境中学习资源为了满足学习者的各种动态的、个性化的学习需求而进行的自身内容和结构的完善和调整，以不断适应变化的学习环境[4]。学习资源的进化具体体现在两个方面，一是资源内容的调整和完善；二是资源内外结构的优化。内容是学习资源的核心要素，开放的内容组织可实现多用户参与下的协同内容编辑，从而实现学习内容的快速更新、持续发展。结构决定功能，资源内部要素之间的关系及其组织方式构成了资源的结构，结构的不断完善能使学习资源的功效达到最优，学习者也将获得更好的学习绩效。

明确了学习资源进化的概念后，接下来需要确定学习资源进化的模式，即如何体现学习资源的进化。依据资源进化的定义，可以将资源进化分为内容和结构两方面。据此，本研究预设了两种资源进化的模式，分别是学习资源的内容进化和学习资源的关联进化（资源间的关联是资源结构的重要组成部分）。

A. 进化模式一：学习资源的内容进化

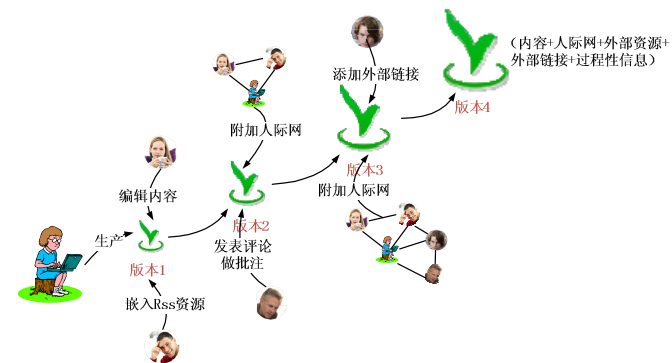
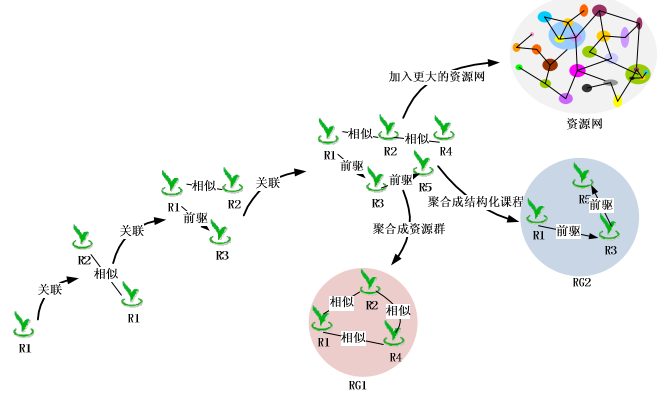


图2 学习资源的内容进化

用户首先生产出学习资源，然后对外发布，邀请协作来编辑资源内容，由于资源对外开放，任何普通学习者都可以编辑已有的资源内容，添加图片、修改文字、嵌入外部的RSS资源等。随着资源的成长，越来越多的用户开始接触到该资源，开始发表评论信息、写笔记、作批注等。用户基于该资源，在编辑、学习、评论、批注的过程中自然而然围绕当前的学习资源形成了一个微型的人际

网。之后，更多的用户参与到资源内容的编辑完善中，有的用户将外部相关或参考的资源链接附加到当前学习资源上，关注当前资源的人越多，人际网络也就越来越大。随着时间的推移和用户集体智慧的不断汇聚，资源的版本不断升级更迭，最终形成高质量的、满足不同用户需求的学习资源。

B. 进化模式2：学习资源的关联进化



注：R代表Resource，RG代表Resource Group，即资源群  
图3 学习资源的关联进化

学习资源在不断生长的过程中会与其它资源通过手动（用户在自己创建的资源间通过可视化关系编辑器建立语义关联）或自动（系统通过语义关联器自动在资源间挖掘语义关系）的方式建立某种语义关系，比如相似关系、上下位关系、前驱关系、包含关系、等价关系等。依据学习资源进化的定义，关联也是一种宝贵的学习资源，资源之间语义关系的挖掘可以用于知识导航，引导学习者总体了解某领域的知识关系。随着资源关联的不断生长，相似资源之间将依据资源进化的关联机制自动形成主题资源群。另外，用户还可以将具有语义关联的资源之间按照知识的内在逻辑组织成结构化的课程，用于学习者对某方面知识的系统学习。无论是主题资源群还是结构化的课程都是依据资源之间的语义关联信息进行的逻辑层面的资源二次组织，不涉及到物理层面的资源实体拷贝。最终，所有的资源都将成为资源网的一个结点，在与其它资源结点的动态关联中实现自我发展。

III. 学习资源进化研究的关键问题及解决思路

上述泛在学习资源进化的概念及其进化模式为资源进化的研究提供了明确的指导。而要真正实现泛在学习资源持续、有序、健康的进化和发展，离不开相关技术的支持。尤其在学习资源的语义建模、学习资源的动态语义关联、学习资源的动态聚合以及学习资源的有序进化控制等方面进行重点的技术探索。接下来，将对泛在学习进化研究亟需解决的关键技术问题及其解决思路进行重点分析。

A. 学习资源的语义建模

泛在学习资源的语义化表征是实现资源间动态聚合和有序进化的基础，通过对学习资源进行本体化的建模，实现学习资源的形式化描述，并通过适当的标注工具方便

用户对资源进行快捷的语义标注。本研究拟使用 W3C 的 Web 本体语言推荐标准 OWL 语言作为学习元知识本体模型的基础描述语言。借鉴 GoogleBase 和 Freebase 的动态元数据实现方式。采用采用自下而上的本体知识库构建方式。我们为学科知识本体设计一个泛化的框架，用户可以在这个框架下根据学科的特性自主扩展，在运行过程中以用户的使用数据为基础，借助语义相似度计算、本体映射等手段，不断将趋于稳定的、被普遍接受的知识本体纳入到系统本体中，逐步形成各个学科领域的以群体智慧为基础的、可进化的知识本体，构建未来泛在学习环境智能化、支持个性化学习的数据基础。因此，泛在学习资源的元数据描述，可以是一个基于本体的、可扩展的模型，不同的学习系统、用户可以根据具体需求的不同，灵活的扩展资源的语义元数据，这些附加的语义信息是学习资源进一步被动态关联和聚合的关键性信息。图 4 显示了基于通用知识本体模型的本体创建与标注的技术实现思路。

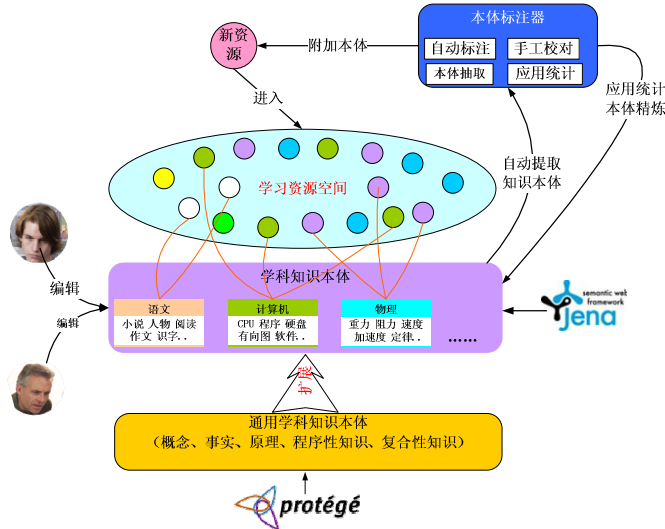


图 4 基于通用知识本体模型的本体创建与标注

## B. 学习资源的动态语义关联

从学习资源进化的定义可知，资源间的关联是进化的重要组成部分，无论对于学习者还是资源本身都具有极其重要的意义和价值。学习资源关联的目的是要在不同的资源之间建立利于促进学习的语义关系，在资源结点间实现有意义的连通，最终形成可无限扩展的资源网。

拟开发可视化的语义关系编辑工具，允许用户在不同的资源结点间手工创建语义关系。其次，通过利用语义 Web 中的推理技术实现资源结点间潜在语义关系的自动挖掘。领域专家有权在所属领域的资源间手动构建、维护语义关系、聚合资源群，这些资源关系较稳定、更加科学合理，属于严格知识层面的关系构建。基于语义本体和推理规则的资源自动语义关联的总体技术实现思路为：首先，创建或利用现有的资源本体，构建资源本体库；然后，利用现有本体描述资源的语义信息，推荐使用 W3C 推荐的 RDF (S) 或 OWL 语言；接下来，制定领域资源的推理规则；最后，依据资源本体描述信息和推理规则，编写资源语义关联的算法并利用现有的推理机（Jena、Jess 或

Pellet）自动计算资源间的语义关联，并依据资源动态聚合机制实现资源群组。

在语义关联算法的设计上，可以借鉴李艳燕博士提出的实体关联路径(Get\_AssociationPath)算法[5]。图 5 描述了两个实体间语义关联的建立过程。假定有两个属于同一概念 Researcher 的实体，首先搜索两个实体的三元组。Gender(Tom, "male")和 Gender(John, "male")，于是两个实体存在一个数据值关联。由于该属性是一个数据值，不能用于进一步的搜索。考虑两个实体的其他属性，存在两个三元组 Affiliate(Tom, IIP Lab)和 Affiliate(John, AI Lab)。由于 IIP Lab 和 AI Lab 都是实体，可以进一步搜索，发现两个三元组 part of(IIP Lab, ICT)和 part of(AI Lab, ICT)，于是这两个实体间又有了对象关联，即属于同一个研究机构。

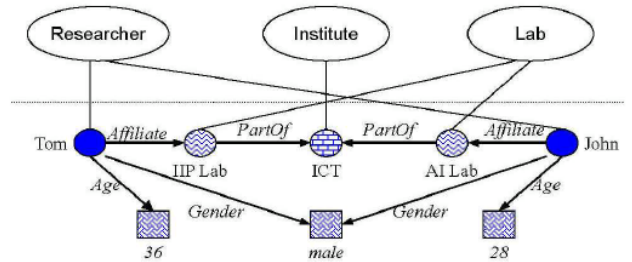


图 5 两实体间语义关联的例子

## C. 学习资源的动态语义聚合

学习资源聚合是将具有内在逻辑关系的、高度内聚的资源有机结合在一起，形成更加结构化的资源，如课程、主题资源群等。泛在学习资源动态聚合的实现依赖于资源之间语义关联的建立。正如在资源进化模式部分所提到的，基于关联的资源间的自动聚合是泛在学习资源进化发展的重要体现。

这部分主要通过设定一系列的聚合规则，通过资源聚合器自动将资源聚合成课程。聚合规则实际上一组事先约定的推理规则。聚合规则的表示将采用 W3C 推荐的 SWRL 语言来描述，SWRL 是以模型论为理论基础的规则语言，具有强大的规则表达能力。SWRL 规则的基本形式是：antecedent =>consequent，antecedent 表示先行条件，consequent 表示输出的结果。聚合规则样例设计如下：

**Rule 1:** prerequisite (?a, ?b) ∧ prerequisite (?b, ?c) ∧ prerequisite (?c, ?d)... ∧ prerequisite (?y, ?z) ⇒ orderedCourse(?a, ?b, ?c... ?z)

**Rule 2:** similar(?a, ?b) ∧ similar (?b, ?c) ∧ similar (?c, ?d)... ∧ similar (?y, ?z) ⇒ subjectCourse(?a, ?b, ?c... ?z)

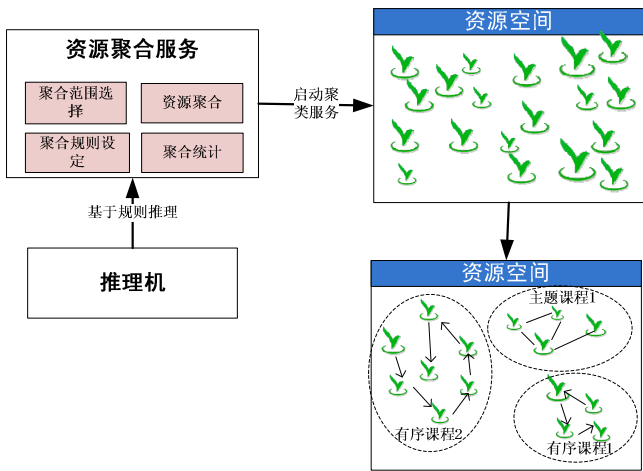


图6 学习资源的语义聚合

设定完聚合规则后，便可以借助理推机在资源间自动挖掘语义关系，并将符合规则的资源自动资源聚合服务自动聚合成各种结构化的课程资源（依据前序后继关系形成的有序课程、依据相似关系形成的主题课程等）。

#### D. 学习资源的有序进化控制

泛在学习资源系统不是一个纯粹的“自组织”系统，需要借助外部的“他力”来约束、激励资源的持续进化和发展。为了实现泛在学习资源的持续、有序进化，必须综合运用多种技术手段对资源的内在知识结构、资源的内容、资源的关联、资源的聚合进行控制，以确保泛在学习生态系统中的资源可以实现在良性循环中不断进化。本研究拟采取如下技术路线（见图7）。

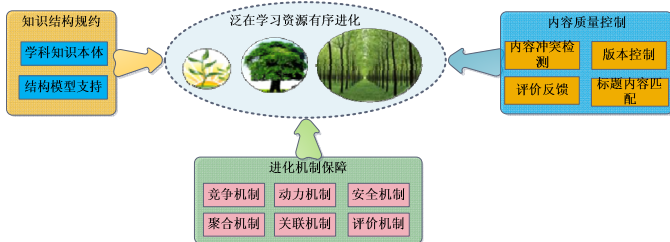


图7 泛在学习资源有序进化控制技术

##### 1. 进化机制保障

在任何一个系统中，机制都起着基础性的作用。没有规矩不成方圆，进化机制是泛在学习资源实现有序进化的重要约束和保障条件。图7的进化机制保障模块主要涉及到资源进化的竞争机制、资源进化的动力机制、资源进化的安全机制、资源进化的评价机制、资源间的动态关联机制、资源间的动态聚合机制等。

**资源进化的安全机制**主要考虑如何避免用户的恶意攻击、删除和评论，如何保障资源的存储、运行、编辑环境的安全可靠等；

**资源进化的动力机制**主要考虑如何发挥集体的智慧和力量，增强资源进化力，使资源具备持久的进化营养和驱动力；

**资源进化的评价机制**主要考虑如何对每个资源实体进行全面的、合适的、客观的、利于促进资源进化的评价，

如何评价资源的质量、资源的进化力等；

**资源进化的竞争机制**主要考虑如何促进资源之间的良性竞争，如何通过竞争淘汰那些陈旧的缺乏进化动力的资源。泛在学习环境下的资源经过一定时间的进化将形成“精品”资源，自身提升的空间已经很小，这时候就不再需要占用系统资源，而将更多的进化“养料”赋予那些产生初期急需完善的资源，而如何判定精品资源也是需要考虑的问题。

**资源间的动态关联机制**主要考虑资源间自动建立关联需要满足什么样的条件，资源关联的数量有无限制，关联后的资源应该以什么样的形式呈现等问题；

**资源间的动态聚合机制**主要考虑资源个体之间如何依据内在的语义关系自动聚合成结构化的粒度较大的资源，资源聚合的粒度如何设置，聚合的模式有哪些，聚合后的资源如何呈现等问题。

每种机制在设计与运作时，需要遵循如下基本原则：

- 将学习资源作为有机生命体看待；
- 从生态系统的角度出发，综合考虑各种影响资源进化的生态因素；
- 以促进资源持续、有序生长和进化为终极目标；
- 保持适度开放，机制的约束性太强将影响资源的自由进化。

##### 2. 知识结构规约

针对同一个知识点，可能存在不同呈现形式、表达方法和媒体类型的学习资源，但是从中抽象出的内在学科知识结构是相对稳定的，利用本体来表征学习资源中包含的知识结构，就能有效的表征学习资源所包含的与学习相关的语义信息。这个学科知识的本体模型默认包含最基本的知识类型，以及基本的知识属性和关系。在此基础上，参与资源建设的用户可以通过填充这些属性和关系，生成各种知识类型的实例；或者扩展新的知识类型和属性，提供更为丰富的语义表达，最终形成一个与主题相关的、高度内聚的知识网络。

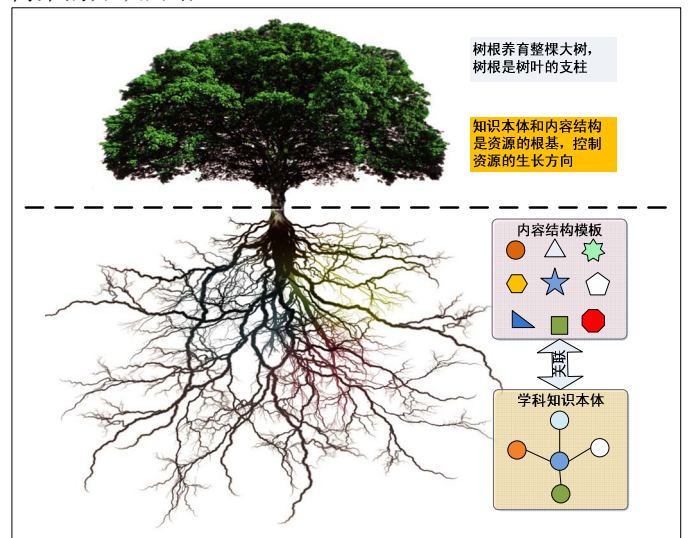


图8 学习资源的知识结构规约

除了通过知识本体规约资源的生长,还可以从内容结构的角为资源生长提供“脚手架”支持。内容结构模型支持主要是辅助资源编辑器总体了解要创建的资源的内容结构,保证资源内容的完整性、逻辑性,符合一般教学设计的原理。不同类型的知识常常有不同的表达方式和内容组织结构。系统通过内置若干经过进行教学设计的内容模板,可以供创建资源内容时依据不同的知识类型选择合适的内容结构模板,快速生产出高质量的、符合教育规律的学习资源。

### 3. 内容质量控制

在资源的内容质量控制方面,可以借鉴 Web2.0 环境常用的内容审核和版本控制技术,同时引入内容冲突检测、标题与内容匹配度计算等技术。版本控制负责对资源进化过程中的各个历史版本进行管理,学习者可以浏览资源的任何历史版本,创建者有权将资源回退到任何版本,以确保资源的安全性。

在完全开放的泛在学习生态系统中,任何用户都可以生产资源,而一个现实的问题是资源的拷贝现象异常普遍。为了杜绝用户之间相互拷贝抄袭内容,保护知识产权,需要通过技术手段创设一个安全、健康的资源生产与流通环境。本研究拟对学习资源空间中的资源结点进行冲突检测。资源冲突检测是对资源内容进行重复性检测,即防止不同资源制作者之间相互拷贝内容。冲突检测的本质是网页相似度检测,因此,可以借用当前搜索引擎常用的网页重复检测技术。当两个资源网页的相似度在阈值以上时,即认为是重复的。

资源内容冲突检测的总体实现思路如图 9 所示。首先对资源内容进行去噪处理,即将资源网页代码中的 css、js、html 标签等过滤掉。然后对精华后的资源内容进行关键词抽取,计算关键词出现的频率和各自的权重。接下来,依据抽取的关键词及其权重构建资源内容的特征向量空间,将资源内容用  $n$  维特征词及其权重组成的向量表示:  $\{(t_1, w_1), (t_2, w_2), (t_3, w_3), (t_4, w_4), \dots, (t_n, w_n)\}$ 。最后,采用夹角余弦函数计算两个特征向量的相似度,两向量的夹角越小说明相似度越高,冲突的可能性越大。根据设定的冲突阈值,超过阈值则可判断当前两个资源内容存在冲突。

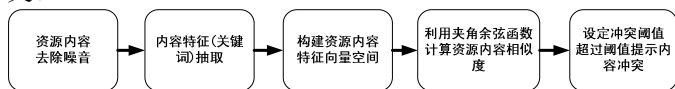


图 9 资源内容冲突检测

另外,为了尽量减少用户毫无目的地随意填写内容,导致资源标题与内容常常出现“驴头不对马嘴”的现象,拟采用资源标题与内容匹配度计算技术,总体实现思路如图 10 所示:

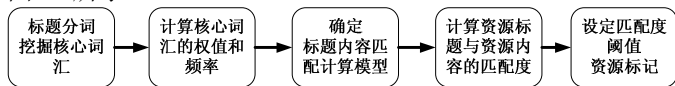


图 10 资源标题与内容的匹配度计算

首先对标题进行分词处理,挖掘标题的核心词汇;然后,采用基于字词统计的向量空间模型法来计算核心词汇的出现频率和权值;接下来,设计标题内容匹配计算模型,计算资源标题与资源内容的匹配度;最后,设定匹配度阈值,将标题内容匹配度低于阈值的标记为“标题与内容关联度低”。标题与内容的关联度将作为用户选择资源的重要指标,同时也会影响资源进化力。

## IV. 总结与展望

从生命有机体的角度看待泛在学习资源,使资源具备持续进化和发展的基本特征,将对泛在学习产生重要的影响。资源进化性研究已经成为学习资源研究领域的新方向,本文对资源进化概念、模式的定义,以及资源进化研究的关键问题及其解决思路的分析,将很好的指导接下来的泛在学习资源进化技术支撑环境的开发和实现。目前,我们已经依托北京师范大学的自主科研重点课题“泛在学习环境下的学习资源设计与共享研究”和国家自然科学基金项目“泛在学习的资源组织模型及其关键技术研究”开发了泛在学习的原型系统——学习元平台 (<http://lcell.bnu.edu.cn>),接下来将重点对泛在学习资源的进化机制及进化技术支撑环境进行设计和开发。期望在不久的将来,泛在学习资源进化的原型系统可以面世,为泛在学习提供持续、有序进化的学习资源。

### 致谢

北京师范大学优秀博士论文培育基金项目“泛在学习环境下的学习资源进化研究”(项目编号:2009072)和国家自然科学基金项目“泛在学习的资源组织模型及其关键技术研究”(项目批准号:61073100)研究成果之一。感谢何克抗教授、崔广佐教授、李艳燕副教授、孟祥武教授对本研究的指导。

## REFERENCES

- [1] George Siemens. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age, International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, Vol. 2, 2005.
- [2] Shengquan Yu, Xianmin Yang, and Gang Cheng. The Learning Resource Designing and Sharing in Ubiquitous Learning Environment—The Concept and Architecture of Learning Cell. Open Education Research, Vol. 15, pp. 47-53, February 2009 (In Chinese).
- [3] Gang Cheng, Jin Xu, and Shengquan Yu. The Latest Development of Learning Resource Standards and a Perspective of Learning Resource. Distance Education Journal, Vol. 17, pp. 6-12, April 2009 (In Chinese).
- [4] Xianmin Yang and Shengquan Yu. The Construction of Evolution Model of Learning Resource in u-Learning Environment. China Education Technology, August 2011 (In Chinese) (In Press).
- [5] Yanyan Li. Semantic-based Learning Resource Management and Intelligent Delivery, Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2005 (In Chinese).