

Design and Implement of Adaptive Training System

Jixuan Jia, Yubing Yang, Shan Jin
School of Electronic and Information
Ningbo Dahongying University, NDU
Ningbo, China
Email: jiajixuan123@126.com

Fang Xu, Qingzhang Chen
College of Computer Science and Technology
Zhejiang University of Technology
Ningbo, China
Corresponding author Email: qzchen@zjut.edu.cn

Abstract—Most of the current network training systems provide static courseware and poorly interactive contents only. This thesis is devoted to the design of a network training system which is super adaptive and highly tunable in terms of trainee's current status and training materials for the purpose of producing a better effect on all subjects of training. Grounded on the research for the practical training system, this paper aims to propose system modules and function modules for the self-adaptive network training structure, to design an algorithm to measure difficulty and adaptability on the basis of the Logistic model and True score theory Model, and to build an organic reservoir of training materials for adaptive training, and thereby develop a practical application based on ASP.net, VB.net, and Visual Studio. Pilot test of the new system reveals great promises for future application.

Keywords—adaptive training; educational measurement; logistic model; adaptive training algorithm

I. 引言

二十世纪九十年代, Internet 和多媒体技术蓬勃发展, 社会进入了信息化时代。由于网络培训能够满足人们随时随地学习、终身学习的愿望, 因此越来越受到人们的青睐。特别是在计算机远程教育、成人培训、认证考试等领域中, 网络培训已经成为了一种很重要的教学模式。在传统“课堂式培训”中, 教师和学员进行面对面的教学, 教师与学员间可以有充分的交流。基于 Web 的网络培训教学, 与传统的“课堂式培训”不同。学员人数众多, 来源不同, 知识背景、个人能力不一样, 从事的工作也不一样, 因此在学习中, 对同一门课程, 需要学的知识、学习的进度、理解的程度等都不一样。在我国, 目前对于网络培训系统的研究还大多停留在按照传统教学模式设计阶段, 存在两个明显的缺陷:

1、当前的网络培训系统是按照传统教学模式设计, 内容基本上都是静态的且页面结构和超链接结构都不能动态优化。学员从系统中获得的信息是统一和固定的、不可选择的, 无非是不同的人对相同的知识掌握的程度深浅而已。现有培训系统不能通过系统获知学员的学习基础和学习能力, 对所有学员千人一面地提供培训内容, 无法实施因材施教, 影响培训效果。

2、当前的网络培训系统忽视了系统与学员、教师与学员、系统与教师之间的互动及实际情况相结合。比如课程学习中, 系统无法获取学员在学习过程中对知识的掌握情

况, 从而不能动态优化知识导航, 引导学员根据自身情况逐步掌握相关知识。

目前很多的网络教学研究都已经指出当前的网络培训系统存在课程学习静态呈现、缺乏互动、不能因材施教等缺陷, 有的也提出了适应性教学的观点和模式[1,2,3], 但大多只停留在适应性教学的教学逻辑以及理论的研究上, 很少给出具体有效的适应性算法及这些算法在此类教学系统如何实现, 而对于如何实现培训内容根据学员的学习情况动态调整优化的方面还没有比较成熟的算法。

为了有效地解决以上问题, 我们设计和开发了一个适应性培训系统, 并以《计算机网络》为实例, 对系统进行了运行和测试。

II. 基本设计思想

适应性培训系统是以建构主义学习理论为基础, 强调每个学生的个性化的学习, 核心特征是提供适合个别需求的学习内容和学习环境的支持。它在本质上突破了传统网络培训的内涵, 是一种全新的学习理念与学习方式, 是今后网络培训教育模式发展的趋势[4]。一门适应性教学系统中的课程是由结点(页面)和链组成, 在每一个页面上除了有内容信息外, 还包含着许多指向其它页面的链。因此, 能被适应的大体上就可以分为两大类: 适应性的内容呈现和适应性的导航支持, 本文所设计的适应性模型是针对内容呈现的适应性。适应性学习模式的关键环节是: 学习内容的学习诊断、学习内容的动态组织、学习策略。

1、学习诊断: 学习诊断就是利用一些经过测量理论校订的测试练习题对学员进行测试, 并根据学员的反应情况来估测学员能力以及领域知识的掌握程度, 是系统对学习内容进行动态组织的重要依据。学习诊断可以发生在学习的开始、学习的结束或学习的过程之中进行。

2、学习内容的动态组织: 学习内容的动态组织是指适应性培训系统根据学习诊断的结果以及学员的学习历史记录, 动态地组织与呈现和学员当前学习能力最相关的学习内容。适应性学习系统根据学习历史记录和能力估计的结果, 选择学员没有掌握或是没有学习过的与当前学员能力最接近的学习内容。学习内容选择与组织以课件单元为最小单元, 一个课件单元就是教学目标中所规定的最小知识点, 针对这个小知识点所展开的教学内容称

之为一个课件单元。每个学习阶段，可以选择一个或几个课件单元。

3、学习策略的选择：学习策略的选择是学员进行学习时，针对特定的学习内容所采取的学习方法。

III. 系统相关模型

我们将一个适应性培训规划成四个构件和一个算法：即领域模型、学员模型、教学模型、导航模型和适应性培训算法。通常一个网络培训系统都是由学员，教师，领域知识组成，而学习者通过学习导航的方式来获得领域知识，培训通过教学模型来传达给学员领域知识，学员通过适应性培训算法来达到最优的学习目的。适应性培训算法不单体现在与学员的交互中，它同时会影响教学模型和导航模型，使之具有适应性[5]。系统模型交互情况见图 2。

我们将一个适应性培训规划成四个构件和一个算法：即领域模型、学员模型、教学模型、导航模型和适应性培训算法。通常一个网络培训系统都是由学员，教师，领域知识组成，而学习者通过学习导航的方式来获得领域知识，培训通过教学模型来传达给学员领域知识，学员通过适应性培训算法来达到最优的学习目的。适应性培训算法不单体现在与学员的交互中，它同时会影响教学模型和导航模型，使之具有适应性。系统模型交互情况见图 1。

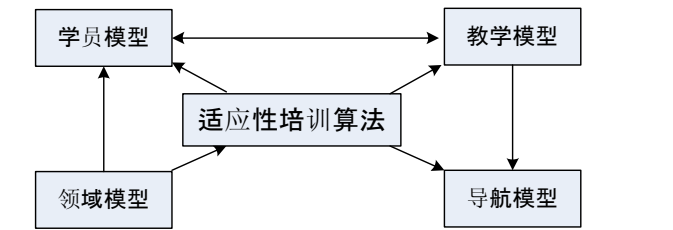


图 1 适应性培训系统模型交互设计图

A. 领域模型

领域模型是领域知识的结构化，是关于领域知识的知识。领域模型是领域知识的教学结构，定义一个领域模型即确定他的实体及实体间存在的关系。前者描述与主题相关的对象的特性，任何两个实体各自的属性不同；后者保存这些对象间的关系。为了实现适应性培训，知识的关系表示更为重要。本系统通过领域模型将课程知识分割成一个个知识点，并建立好知识点之间的关系。

本系统以《计算机网络》课程为例，对其进行领域模型的课程内容设计。课程内容设计的步骤分为以下几点：

1、抽取知识元素——确定教学子目标。这一步要由有经验的教师或该学科的教学专家通过主题分析和技能分析把实现给定教学目标的教学内容分解为众多的知识元素（即“知识点”）。如将《计算机网络》这门课程按树形结构将知识内容进行划分，设置第三层的知识元素即为本系统所谓的知识点。

2、确定各个知识点之间的直接关系。这一步也要由有经验的教师或学科教学专家来完成。如《计算机网络》中设置知识点“分层”为知识点“物理层”的父知识点。

3、设计实际培训内容，在每个知识点下设立不同难度值的课件单元，每个课件单元下相对应相同难度值的测试题。这一步也要由有经验的教师或学科教学专家来完成。

本系统中，课件单元的难度范围取值为[1.0, 10.0]，系统自动根据算法对提取的课件单元难度值做最接近匹配，故专家可以根据需要对一个知识点进行多个难度值的课件单元设置。为了使难度值符合学员的实际能力值，系统对此做了设计，即如果 100 位学员的第一次学习该课件单元的通过率大于 60%时，系统会提醒专家是否降低课件单元难度值设置；如果 100 位学员的第一次学习该课件单元的通过率小于 50%时，系统会提醒专家是否提高课件单元难度值的设置。

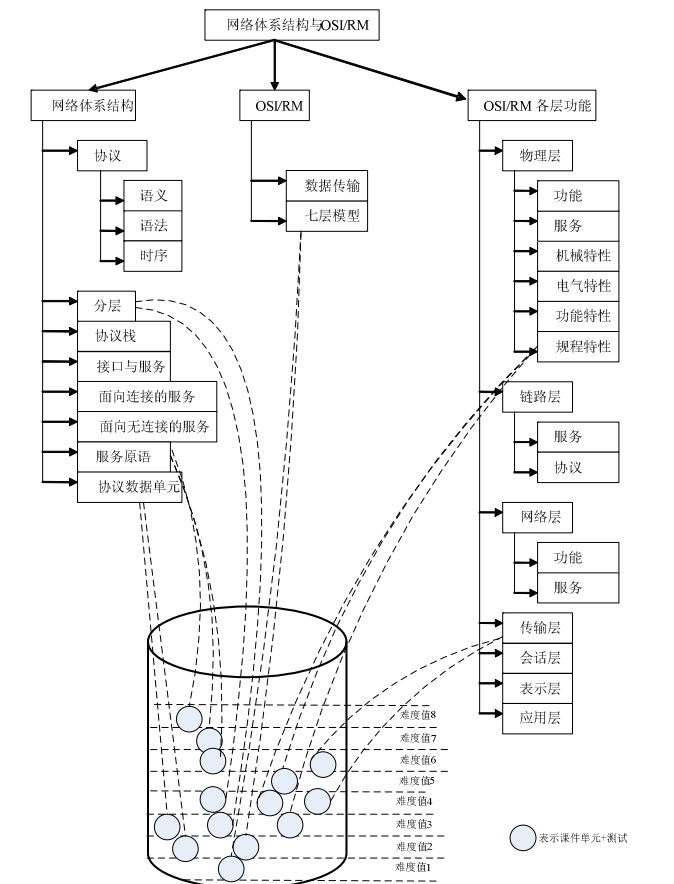


图 2 课程设计方案图

图 2 描述了该课程第三章的部分内容的知识点及其关系，并且确定了部分课件单元的难度值。图中“分层”知识点的课件单元难度值有 3 和 4；“协议数据单元”知识点的课件单元难度值有 2 和 3；“服务原语”知识点的课件单元难度值有 6、7、8；“七层模型”知识点的课件单元难度值有 1 和 2；“规程特性”知识点的课件单元难度

值有 4 和 5; “传输层”知识点的课件单元难度值有 4 和 6。

知识对象的关系为:

1、科目+等级与知识点之间为一对多关系,即科目与等级可唯一确定多个知识点构成的序列;其中知识点序列通过父子知识点机制建立关联顺序。

2、知识点与课件单元为一对多关系,课件单元为培训内容的最小单位。即,一个知识点包含多个不同难度的课件单元。同一知识点内的课件单元可根据课件单元之间的关联关系建立父子课件单元关系,父课件单元的难度值必须大于子课件单元的难度值。根据学员上一知识点学习后评估而取得本知识点课件单元的难度,而课件单元则由知识点 ID 与课件单元难度唯一确定。

3、知识点与试题为一对二关系,即每个知识点对应初始试题和总结试题两个试题。每次进行适应性培训前,系统会要求学员做一套由本次培训目标唯一确定的知识点序列中各知识点对应的初始测试题。即之上所说的学员基本能力测试,并保存根据测试结果利用真分数算法得出的学员能力值。当学员完成整套知识点培训后,将做一次总结测试题,并保存学员能力值,对两者进行比较,得出培训效果评估。

4、课件单元与试题关系为一对一关系,即,每一课件单元都会对应一个试题。当学员培训该课件单元后,系统要求学员做相对应的试题,并采用单参数逻辑斯谛模型算法根据试题对应的课件单元难度、学员做试题的对错结果和学员的能力值计算出下一课件单元的难度。

B. 学员模型

本研究透过学员模型建立学员的相关信息,以便依学员的特性提供适性化的培训。学员模型应表示学员领域知识和学员的个别特征或认知特征,因此本研究把学员模型设计如下:

1、个性特征是共同表示学员身份的属性,可以是姓名,年龄,身份号码,性别,地址等。

2、认知特征是表示学员认知风格属性,通常是一个长期特征。

3、领域知识状态表示学员领域知识,用与领域模型中学习元素相关联的属性表示。在这个模型中,学员知识被认为是专家知识的一个子集。它与基于知识的领域结构化模型相似,对每一个知识点,包含一个整数值,对其中的每一个概念均有一个表示学员知识水平状况的度量值与之对应,在本论文中即为学员能力值与课件单元难度值。

C. 教学模型

教学模型是把教学专家所具有的领域知识,丰富的教学经验相互融合到一起而建立的模型,能对学员在学习过程中所提出的问题给予令人满意的答复。本论文中的教学

过程概括为:学员进入系统学习,系统分析学员模型,推荐适合学员需学习的培训目标;由学员选择培训目标,系统判断学员是否有能力学习此内容,如果学员准备不充分,或完全没有学习的基础,则给予适当的建议。如果学员具备学习的条件,则根据学员模型,决定最适宜的学习过程。

D. 导航模型

现行的导航方式很多,如:下拉式选择、Rule Base 和知识地图等,本研究选择知识地图的方式进行学习辅助,引导学员进行学习。此领航模型包含学员端与系统端,由不断地互动来完成整个学习的过程。

IV. 适应性培训算法构造

适应性培训算法会响应学员的请求,根据学员的基础资料自动筛选出适合学员学习的内容,在学员学习过程中根据学员的学习测试情况不断地优化培训内容,引导学员逐步的达到预期的培训目标。

适应性培训算法的主要功能就是根据学员的基础资料自动筛选出适合学员学习的内容,在学员学习过程中根据学员的学习情况即测试情况不断地优化学习内容,引导学员逐步的达到预期的培训目标。

首先,培训目标由科目和等级唯一决定,即学员在登陆后系统根据学员资料中的专业背景及等级分析出可能适合学员的培训内容。学员选择一个培训目标,系统调用知识点序列生成函数,自动从对应表中找到相应的科目及等级并生成一系列知识点序列。(不同等级的科目由一系列不同的知识点构成)

当学员选择好培训目标后,也就是明确了一系列的知识点序列。系统首先调用能力评估函数,要求学员做一套与该知识点序列对应的基本能力测试题(该测试题由教师根据经验就不同的知识点一对一设置,即数据库中试题表与该知识点对应的 time 字段为 s 的试题),通过学员的测试结果分析计算得出学员在培训前的能力值。系统调用适应性培训函数根据学员能力值计算下一知识点课件单元难度,并根据知识点 ID 和课件单元难度系数唯一确定该课件单元。系统在学员培训完一个课件后要求学员做课件单元测试题,学员做完测试题目后,系统利用单参数逻辑斯谛模型算法得出下一知识点所对应课件单元的难度值,并根据该难度值及知识点编号到课件单元库中提取唯一课件单元供学员培训。如此循环,完成一系列知识点的培训,并在科目培训最终调用能力评估函数做一次总结测验,测试学员的能力,与学员最初的能力值对比评估培训效果。

A. 适应性培训算法构造

1、课件单元难度值算法构造

在本系统中每一个课件单元均设有测试题，学员每学完一个课件后须完成相对应的课件单元测试题，然后系统根据测试结果计算得出下一知识点所对应课件单元的难度值，并根据该难度值及知识点编号到课件单元库中提取适用于该学员的下一课件单元。

虽然单参数模型可以看作逻辑斯谛模型的特例，但由于它本身还有一些独特性质，所以对于测验使用者仍有相当的吸引力。首先该模型只有较少的项目参数，比较容易处理；其次，在进行参数估计时，它比其它模型遇到的问题要少些；第三，它可以使对项目参数和能力参数的估计完全分开，达到某种特定的客观性。这就意味着：只要项目是符合该模型的，对于学员能力参数的估计就是独立于所使用的测验项目和无偏的；只要学员是符合于该模型的，对题目参数的估计就独立于学员样组的能力分布和无偏的。单参数模型的这一特点可以使我们对模型中的项目难度参数和学员能力参数分别进行估计而不相互干扰。所以本系统中的课件单元的难度值由题目反应理论中的单参数逻辑斯谛模型得出^[6,7]。

单参数逻辑斯谛模型数学标准表达式为：

$$P_i(\theta_i) = \frac{e^{(\theta_i - b_i)}}{1 + e^{(\theta_i - b_i)}} \quad (i=1, 2, 3 \dots n)$$

在本系统中，定义 θ_i 为学员 i 的能力水平值， b_i 为课件单元 i 的难度， $P_i(\theta_i)$ 为第 i 个学员适合课件单元 i 的概率。随着 $P_i(\theta_i)$ 的不同， b_i 值是变化的。从式中可以看出，当学员的能力 θ_i 强于项目难度 b_i 时，即 $\theta_i > b_i$ 时， $(\theta_i - b_i)$ 为正值，此时，该学员成功的概率将大于 0.5；当 $(\theta_i - b_i)$ 的值越大，学员成功的概率就越接近于 1。当学员能力值低于项目难度值时，即 $\theta_i < b_i$ 时， $(\theta_i - b_i)$ 为负值，此时，该学员成功的概率将小于 0.5；学员能力越低，项目难度越高，该学员成功的概率越接近于零。

在本系统中，假设学员的能力值是固定的，利用 $P(\theta) = \frac{e^{(\theta - b)}}{1 + e^{(\theta - b)}}$ 计算得出课件单元的难度值。系统在调用第一个课件单元时，其难度应该是适应学员能力的，故设置 $P(\theta) = 0.5$ ，即难度值等于能力值。而在接下来的培训中，如果课件单元的难度值低于学员的能力值，则降低 $P(\theta)$ 值，获得下一课件单元的难度值；如果课件单元的难度值高于学员的能力值，则上升 $P(\theta)$ 值，获得下一课件单元的难度值。也就是说系统利用调整 $P(\theta)$ 值来调用难度值不同的课件，提供适应学员学习的培训内容，实现因材施教。在本系统中设置每次调整的 $P(\theta) = 0.1$ 。

2、能力值算法构造

在培训前系统要求学员做一套与知识点序列对应的基本能力测试题，通过测试结果计算得出其在培训前的能力值，然后根据能力值计算得出第一个知识点课件单元难度

值。在科目培训完后须做一套总结测验，计算得出学员的培训后的能力值，用以对比评估培训效果。学员的初始能力值和最终能力值就是系统根据测试结果利用经典测量理论的真分数模型得出的。

真分数公式简化如下： $T = X$

式中： X 为被试在测验上的实得分数（本系统中设定测试题总分为 10）， μ 代表数学的期望， T 即被试的真分数。在本研究中，我将 μ 简化为学生在测试中做对的题目难度总和除以总题目难度总和。

故能力评估函数的计算公式为：

$$\theta = T = \frac{\sum(b_y)}{(\sum b_n + \sum b_y)} * X \quad (\theta \text{ 即该学员}$$

的能力值)

B. 适应性培训算法流程

(1) 计算学员能力值：系统首先要求学员做一套知识点类的测试题即学员基本能力测试，并根据测试结果数据利用真分数算法计算得出学员的能力水平值 θ 。

系统最初默认 $P(\theta) = 0.5$ ；假设某学员经基本能力测试得出能力水平值 $\theta = 4$ 。即，能力水平为 $\theta = 4$ 的学员对下一课件单元课后测试题的概率 0.5，按照以上算法公式 $P(\theta) = \frac{e^{(\theta - b_1)}}{1 + e^{(\theta - b_1)}}$ 求第一个知识点中第一个课件单元的难度值 $b_1 = 4$ 。（在本系统中课件单元课后测试题难度值即课件单元难度值）

(2) 系统根据知识点的 id 和难度值 b 提取课件单元，学员完成学习后需完成该课件单元的测试题。（计算所得难度值 b 和系统设置的课件单元难度值最近匹配）

(3) 假设学员做对课件单元测试题，则系统判断当前课件单元是否存在父课件单元，如果存在，则调用父课件单元为下一课件单元。重复步骤 (2)。

如不存在父课件单元，则说明已经完成知识点 1 的培训，进入知识点 2 的培训。由 $P(\theta) = \frac{e^{(\theta - b_1)}}{1 + e^{(\theta - b_1)}}$ 求得知识点 2 中第一个课件单元的难度值 $b_2 = 4$ 。因为要求 $b_2 > b_1$ ，故把 $P(\theta)$ 的值下降 0.1（0.1 为本系统中的设置），由 $P(\theta) = 0.4$ 和 $\theta = 4$ ，再次求得 $b_2 = 4.4$ 。重复步骤 (2)。

(4) 如学员做错课件单元测试题，说明没有完成知识点 1 的培训，需在知识点 1 中查找一个难度值低的课件单元。因为要求 $b_2 < b_1$ ，故把 $P(\theta)$ 的值上升 0.1（0.1 为本系统中的设置），由 $P(\theta) = 0.6$ 和 $\theta = 4$ ，由 $P(\theta) = \frac{e^{(\theta - b_1)}}{1 + e^{(\theta - b_1)}}$ 求得 $b_2 = 3.6$ 。重复步骤 (2)。

(5) 在学员学完整个培训知识点序列后, 系统要求学员做一套知识点类的总结测试题, 并根据测试题目测算出学员的当前能力值。

V. 系统实现

A. 功能模块设计

适应性培训系统包括以下功能主模块: 系统门户、用户管理模块、内容管理模块、适应性教学模块、教学互动模块及其包含的各子模块构成。具体结构如图 3。

1、用户管理模块: 包含注册认证、登录、资料管理等。同时包含部分用户基本信息采集, 为用户的个性化培训需求建立初步的数据基础。

2、内容管理模块: 含知识点管理、试题管理、教学评估, 其中知识点管理和试题管理可分为人工设计和自动生成两种方式, 而教学评估功能可协助教师对某个学生进行个性化教学计划的安排及实施。

3、适应性教学模块: 含适应性测试、适应性课程、结果查询等功能, 其中适应性课程模块是本系统的核心内容, 通过它的有效运行, 实现对学生的因材施教和个性化教学计划定制。而适应性测试和结果查询则为其提供了有力的数据参考。

4、教学互动模块: 含教学留言板、教学公告、交流论坛, 主要用于老师与学生之间通过网络的形式进行互动交流, 并实现交流记录可供其它用户分享。

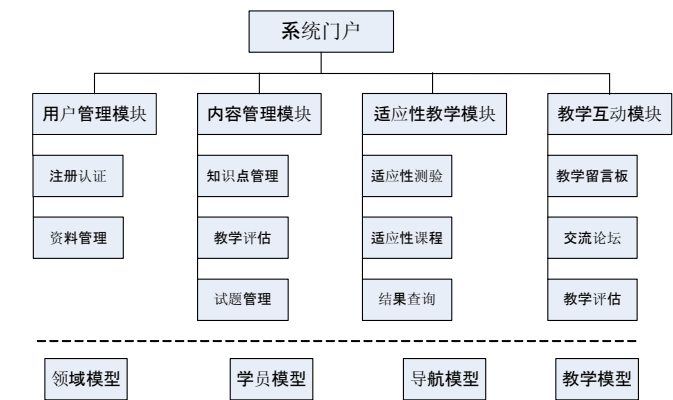


图 3 适应性培训系统功能结构图

B. 系统框架图

系统基于 Brower/Server 模式, 用户通过浏览器来访问用 ASP 实现的培训系统。系统部署在微软的 Web 服务器 IIS 上。系统通过模块化的功能页面来提供系统功能。同时页面通过 ADO.net 来访问建立在 SQL server 数据库的模型来实现相应的功能。

C. 系统试用情况

目前该系统已经在温州智拓软件有限公司内部进行了试用, 学员分别来自客户部、维护部等各个不同的部门; 学员的知识背景也不一样, 有初中毕业的, 也有研究生毕业的。系统通过在学员选定课程之初, 建立了最初适应学员的知识点及课件单元序列。在培训过程中利用逻辑斯谛模型不断根据学员的学习情况修正课件单元序列, 使其更加符合学员的学习能力, 逐步引导学员完成整个培训, 掌握应该掌握的知识点。最后, 对参与的学员进行问卷调查, 结果表明该系统可以很好的提高学员的学习积极性, 且大部分学员学习的过程中较有成就感。这些结果说明系统基本上实现了适应性, 能够满足不同学习基础的学员需要。

VI. 结论

尽管基于网络的培训系统已经有很多, 但真正实现能根据学生学习基础和学习能力来提供培训内容的适应性培训系统仍然是少见的。本文分析了国内外网络适应性培训系统的现状, 对实现适应性培训系统相关的教育理论进行了研究, 尤其是实现适应性培训系统中的难点—适应性算法进行了研究, 给出了一种适应性培训系统的设计和实现。在试运行过程中, 根据学员反馈, 系统具备适应性培训的各项特性, 培训效果得到提升。

目前本文中设计的系统重点研究学员在培训过程中培训计划和内容的适应性调整, 而在学员的其他个性化定制方面还有待进一步深入开发。另外, 本系统在考试测验应用方面还是利用在线方式实现的, 在系统规模化服务后, 可能会对服务器端造成负载困难。

REFERENCES

[1] Xiaosheng Chen: Sum-up of the research on network education&learning adaptation [J]. China Distance Education, 2002.3 (In Chinese)

[2] Shengquan Yu.: Adaptive learning: the development trend of distance education [J]. Open Education Research, 2000.3 (In Chinese)

[3] Youjian Du.: The design and Implement of model of e-learning to sustain adaptive learning [D]. Zhejiang University of Technology, 2005.4 (In Chinese)

[4] Xiangdong Zuo: instructional design of Adaptive learning systems [D]. Shandong Normal University, 2000.4 (In Chinese)

[5] Sun Hao: Research and Implementation of Adaptive Evaluation System under the Distance Education [D]. Kunming University of Technology, 2005.4 (In Chinese)

[6] Xiaoli Dong : Research on Bayesian Networks in Adaptive Teaching System [D]. Taiyuan University of Technology, 2005.5 (In Chinese)

[7] Huang Ronghuai, Creating Web-Based Opening Intelligent Tutoring system, Proceedings of ICCE, Vol.1, 67-72, 1998