

# 一种基于学生学习习惯的实验教学设计模型<sup>\*</sup>

毛斐巧 梁正平 冯禹洪 明仲

深圳大学计算机与软件学院, 深圳, 518060

**摘要** 针对计算机类专业课程实验教学设计缺乏学生特点针对性的显著现状, 在以学生为中心教育理念指导下, 提出一种基于学生学习习惯的实验教学设计模型。给出了模型构建理论和计算公式及推理规则, 探讨如何通过分析学生学习习惯数据, 产生以学生为中心的个性化实验教学设计方案, 最后通过软件体系结构与模式课程实验教学设计方案生成, 初步验证了模型的有效性。为个性化实验教学方案的自动生成奠定基础。

**关键字** 实验教学设计, 学习习惯, 计算机类专业课程, 以学生为中心

## A Model for Experiment Teaching Design based on Study Habits

MAO Feiqiao LIANG Zhengping FENG Yuhong MING Zhong

College of Computer Science and Software Engineering Shenzhen University, Shenzhen 518060, China  
feiqiao@szu.edu.cn, liangzp@szu.edu.cn, yuhongf@szu.edu.cn, mingz@szu.edu.cn

**Abstract**— Aim at the significant current situation of experiment teaching design which ignores students characteristics for computer specialty courses, we propose a model for experiment teaching design based on students' study habits guided by the education idea of students centered. The model construction theory, calculation formulas and reasoning rules are given, so can be used to analyze students' study habits data to produce student-centered characteristic experiment teaching design. Finally, this model's efficiency is illustrated with an application example of the Software Architecture and Design Pattern course.

**Keywords**—experiment teaching design, study habits, computer specialty courses, students centered

## 1 引言

在计算机类专业课程教学中, 实验教学频繁且重要, 大多每周都有一次理论课和实验课。实验教学是培养学生创新能力和实践能力的关键环节<sup>[1]</sup>。实验教学设计在计算机高等教育过程中备受关注和重视。不论是工程教育理念<sup>[2]</sup>, 还是以学生为中心的教育理念<sup>[3]</sup>, 在计算机类专业课程教学活动中, 实验教学设计都是不简单且非常重要的工作。

在实际教学活动中, 往往是一个课程组多个课程班共享一个实验教学设计方案, 一个实验教学设计方案重复沿用多个学期。经常会遇到一些有意思的情况, 比如相同的任课教师, 相同的教学方案, 一样的教法, 不同班级和不同学期的学生经常有不同的学习效果呈现, 有的称赞实验内容有挑战性, 实验很有收获, 有的抱怨太难了, 希望实验作业量少点, 再简单点儿等。

越来越多的同行, 意识到并重视实验教学设计方案的设计应考虑到学生的特点和基础<sup>[4]</sup>, 实验环境的限制<sup>[5]</sup>, 倡导因材施教<sup>[6-7]</sup>, 以生为本, 并开展了不少有意义的实验教学改革工作<sup>[8-10]</sup>。特别是文献 11 以学生为中心, 关注不同层次的学生, 将程序设计实验教学内容分层化, 力求每个层次的学生都能有好的学习体验。

## 2 实验教学设计主要问题

计算机类专业课实验教学设计通常与理论课进度和内容紧密结合, 理论教学方案给定的情况下, 实验教学目标大致已明确, 实验的次数、每次实验的主题和实验时间基本已知, 学生的实验环节主要是围绕理论知识的理解和掌握、应用和创新能力培养等目的开展编程或设计或应用问题解决等实践活动。实验教学方案设计主要针对的是实验内容的量、型、评价等。目前设计实验教学方案存在一些问题。

(1) **缺乏学生特点针对性**。这是一个显著且普遍存在的问题。不重视受众对象学生本身, 特别是忽略了学生基础的差异, 学生学习与认知能力的差别, 学习习惯的不同, 主要从教授知识、教学内容覆盖或

<sup>\*</sup>基金资助: 本文得到以下项目资助: 深圳大学教学改革项目, 项目名称: 面向工程教育认证的中间件技术课程教学改革与实践, 项目编号: 803/000029110149

培养能力等教学的角度出发设计教学方案。多个课程班,不同的受众对象,使用一个方案,多个学年度使用同一个方案。学生找往届老生寻实验报告答案的现象很难避免。

(2) **实验类型随意和内容简单单调。**实验类型是一刀切全部过难的开放性问题解决,缺乏实验指导,学生无从下手。或者是大量不用思考的验证型内容,学生花掉大量时间,却索然无味,难以激发学生的专业兴趣,特别是程序设计类课程。实验内容与先修课程关联很少。

(3) **实验考核方式不合理。**实验考核主要依据学生完成实验报告情况和学生实验表现<sup>[12]</sup>,缺具体评分标准,有时是助教帮忙,主观性和随意性较强,有的学生喜欢在宿舍自己的机器上做实验,非常认真且实验内容完成的很好,但不注意报告的填写,也没能在实验现场与教师互动,结果可能获得较差的实验成绩,成绩值不能真实地反映出学生的实践水平和实验教学目标。

### 3 基于学生学习习惯的模型

这里给出基于学生学习习惯的实验教学设计模型。

#### 3.1 模型的提出与定义

假设课程 $y'$ 是要给出实验教学设计方案的目标课程,实验目标和进度安排已定,随从理论教学进度安排。共安排几次实验,每次实验的主题、要达到的实验教学目的和实验时间已定。

需要针对性设计的是实验内容的量(小、中、大)、型(难易梯度包括验证、应用、创造)、完成形式(现场、非现场)、提交时效(有要求、无要求)、时效评价(参与考核、不参与考核)、书面报告规范性评价(参与考核、不参与考核)、结果展演评价(参与考核、不参与考核)。

**定义1** 设课程 $y'$ 的实验教学设计方案为 $DS(y')$ ,且 $DS(y') = (cc, ct, cf, tl, te, ne, pe)$ ,其中 $DS$ 中各指标元及含义为:

实验内容的量 $cc$ ,  $cc \in \{小, 中, 大\}$ ; 实验任务的型 $ct$ ,  $ct \in \{验证, 应用, 创造\}$ ; 完成形式 $cf$ ,  $cf \in \{现场, 可非现场\}$ ; 提交时效 $tl$ ,  $tl \in \{有要求, 无要求\}$ ,“有要求”表示需要显式给出单次实验作业的提交截止时间,“无要求”表示不需要显式给出单次实验作业的提交截止时间。默认取值是“有要求”。

时效评价 $te$ ,  $te \in \{参与考核, 不参与考核\}$ ,“参与考核”表示只认可和批改时限内提交的实验报告,且学生一次实验作业的提交是否在截止时间内应占这

次实验作业成绩一定的比例;“不参与考核”表示学生一次实验作业的提交是否在截止时间内不影响这次实验作业成绩的给出,接受过期补交的作业,并会正常批改,不会因此而额外扣分。默认取值是“不参与考核”。

书面报告规范性评价 $ne$ ,  $ne \in \{参与考核, 不参与考核\}$ ,这里的“不参与考核”表示只要学生这次实验作业结果正确,报告书写或编辑不规范也不会额外扣除分数。默认取值是“参与考核”。

结果展演评价 $pe$ ,  $pe \in \{参与考核, 不参与考核\}$ ,这里的“参与考核”表示学生需在实验课上现场向老师展示每次实验作业的结果,并回答提问,且学生一次实验作业的展示和答问情况占这次实验作业成绩一定的比例。默认取值是“不参与考核”,但若该课程的选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩频数大于0且实验作业及时交率不足60%,结果展演评价应取值是“参与考核”。

#### 3.2 模型中的数据源及观察元

以课程为单位采集目标课程 $y'$ 所有选课学生的已修课程学习数据,作为一种观察类数据源,从中提取学习习惯特征。需采集的I类观察元素包括计算机类专业课开课单位开设的课程、课程号、课程类型、开课学期、修课学生、修课学生的百分制课程总评成绩、实验作业次数、修课学生各次实验作业的百分制成绩、每次实验作业提交情况(未提交、及时交、延期交)。II类观察元素包括目标课程 $y'$ 的选课学生和不同影响力的课程(先修课程、最近一学期课程和同类(类型是指专业必修/选修/公共必修/公共选修)课程)。

**定义2 I类观察元的形式化定义** 设开课单位开设所有课程的集合为 $C$ ,所有选课学生集合为 $U$ ,课程集中的任一课程记为课程 $y$ ,学生集合 $U$ 中的任一学生记为学生 $x$ ,则有:

课程 $y$ 的选课学生集合为 $U_c(y) = \{x|x \in U\}$ 且 $U_c(y) \subset U$ ;课程 $y$ 上修课学生的课程总评成绩集合为 $TM(y)$ ,且 $TM(y) = \{tm_x | tm_x = \varphi \vee tm_x \in [0,100], x \in U_c(y)\}$ , $tm_x$ 表示课程 $y$ 上学生 $x$ 的总评成绩值。

课程 $y$ 上的学生 $x$ 的实验作业成绩集合 $M_{x=stuID}^{y=couID} = \{m_i | m_i = \varphi \vee m_i \in [0,100], i \in \mathbb{N} \wedge i \leq n\}$ , $m_i$ 表示第 $i$ 次实验作业的百分制成绩。 $m_i = 0$ 表示学生的第 $i$ 次实验作业抄袭, $m_i = \varphi$ 表示学生的第 $i$ 次实验作业未提交。

课程 $y$ 上的零分实验作业成绩黑名单集合 $BM_y = \{(x, i, y) | m_i = 0 \wedge x \in U\}$ 。

**定义 3 II 类观察元的形式化定义** 目标课程 $y'$ 的选课学生集合为 $U_c(y') = \{x|x \in U\}$  且 $U_c(y') \subset U$  , 其先修课程集为  $PC(y')$  , 其最近一学期课程集为  $LC(y')$  , 其同类课程集为  $CC(y')$  。

通过问卷内容如课程意愿调查表见表 1 所示, 对课程 $y'$ 的选课学生开展实名问卷调查 (可在学生选择课程 $y'$ 的时候或课程 $y'$  第一堂课的时候开展), 采集到的学生偏好选择数据, 代表了学生的学习行为发展趋势, 作为一种偏好类数据源。采集的各影响因素数据应尽量全面和丰富。

**定义 4 学生意愿集** $IL(y') = \{(x, QL(x))|x \in U(y')\}$  , 其中,  $U(y')$ 是选了课程 $y'$

的学生集合,  $QL(x)$  是学生  $x$  对课程 $y'$  的意愿调查表的反馈结果,  $QL(x) = (ql_1(x), ql_2(x), ql_3(x), ql_4(x),$

$ql_5(x), ql_6(x), ql_7(x), ql_8(x), ql_9(x), ql_{10}(x))$  且  $ql_i(x) = A|B|C, i = 1, \dots, 10$ ,  $QL(x)$  中的每一个元素  $ql_i(x)$  表示学生  $x$  对课程 $y'$ 的意愿调查表中第  $i$  项问题  $Q_i$  的反馈结果。

**定义 5 影响力系数K** 表示对目标课程 $y'$ 不同影响力课程上的观察元素和学生偏好选择对应的影响力参数,  $K = (k_1, k_2, k_3, k_4)$  , 其中,  $k_1 = 0.25$  是先修课程影响力参数,  $k_2 = 0.3$  是最近一学期课程影响力参数,  $k_3 = 0.35$  是同类课程影响力参数,  $k_4 = 0.1$ 是偏好选择影响力参数。

表 1 学生  $x$  的课程 $y'$ 意愿调查表

编号	问题内容	选项
Q1	期望的课程总评成绩 ( ) 。	A.优秀(85,100] B.良好 (75,85] C.及格通过即可
Q2	期望每次实验作业任务的类型偏 ( ) 。	A.需创新和有难度挑战 B.需一些思考和灵活应用 C.简单的直接应用和验证实践
Q3	期望每次实验作业的内容量 ( ) 。	A.大一些 B.适中 C.小一些
Q4	期望每次实验作业成绩 ( ) 。	A.优秀(85,100] B.良好 (75,85] C.及格通过即可
Q5	期望每次实验作业的完成形式 ( ) 。	A.实验课现场完成 B.可非现场完成
Q6	期望每次实验作业提交时效 ( ) 。	A.有要求 (每次实验作业有提交截止时间) B.无要求 (每次实验作业无提交截止时间)
Q7	期望每次实验作业的时效评价 ( ) 。	A.参与考核 (只认可和批改时限内提交的实验报告, 且学生一次实验作业的提交是否在截止时间内应占这次实验作业成绩一定的比例) B.不参与考核 (一次实验作业的提交是否在截止时间内不影响这次实验作业成绩的给出, 接受过期补交的作业, 并会正常批改, 不会因此而额外扣分)
Q8	期望每次实验作业的书面报告规范性评价 ( ) 。	A.参与考核 B.不参与考核 (只要学生这次实验作业结果正确, 报告书写或编辑不规范也不会额外扣除分数)
Q9	期望实验结果展演评价 ( ) 。	A.参与考核 (学生需在实验课上现场向老师展示每次实验作业的结果, 并回答提问, 且学生一次实验作业的展示和答问情况占这次实验作业成绩一定的比例) B.不参与考核
Q10	期望自己每次实验作业提交能 ( ) 。	A.及时 B.延期 (不能在截止时间前完成实验和提交)

### 3. 3 目标方案的指标元取值推理规则

这里给出目标实验教学设计方案 DS 的指标元取值推理规则。

(1) 实验内容的量  $cc$  的取值规则

产生目标课程 $y'$  的实验教学设计方案 DS 中实验内容的量  $cc$  指标元取值推理见规则 1-1、规则 1-2 和规则 1-3。

$p_1^{cc} \rightarrow q_1^{cc}$  规则 1-1       $p_2^{cc} \rightarrow q_3^{cc}$  规则 1-2  
 $\neg p_1^{cc} \wedge \neg p_2^{cc} \rightarrow q_2^{cc}$  规则 1-3

其中, 前提条件 $p_1^{cc}$ 表示总评成绩良好率最高 $\wedge$ 实验作业成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率  $\geq 90\%$ ,  $p_2^{cc}$ 表示总评成绩差率最高 $\wedge$ 实验作业成绩差率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率  $\leq 75\%$  , 结果 $q_1^{cc}$ 表示 $cc = 大$  ,  $q_2^{cc}$ 表示 $cc = 中$ ,  $q_3^{cc}$ 表示 $cc = 小$ 。

(2) 实验任务的型  $ct$  的取值规则

产生目标课程 $y'$  的实验教学设计方案 DS 中实验任务的型  $ct$  指标元取值推理见规则 2-1、规则 2-2 和规则 2-3。

$p_1^{ct} \rightarrow q_1^{ct}$  规则 2-1       $p_2^{ct} \rightarrow q_3^{ct}$  规则 2-2  
 $\neg p_1^{ct} \wedge \neg p_2^{ct} \rightarrow q_2^{ct}$  规则 2-3

其中, 前提条件 $p_1^{ct}$ 表示总评成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率 $\geq 90\%$ ,  $p_2^{ct}$ 表示总评成绩差率最高 $\wedge$ 实验作业成绩差率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率 $< 70\%$ , 结果 $q_1^{ct}$ 表示 $ct = \text{创造}$ ,  $q_2^{ct}$ 表示 $ct = \text{应用}$ ,  $q_3^{ct}$ 表示 $ct = \text{验证}$ 。

### (3) 完成形式 cf 的取值规则

产生目标课程 $y'$ 的实验教学设计方案 DS 中实验完成形式 cf 指标元取值推理见规则 3-1 和规则 3-2。

$$p^{cf} \rightarrow q_2^{cf} \quad \text{规则 3-1}$$

$$\neg p^{cf} \rightarrow (q_1^{cf} \wedge U_{cf}(y')) \quad \text{规则 3-2}$$

其中, 前提条件 $p^{cf}$ 表示课程 $y'$ 选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩黑名单集合 $BM_0(y')$ 为空,  $\neg p^{cf}$ 表示课程 $y'$ 选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩黑名单集合 $BM_0(y')$ 非空, 结果 $q_1^{cf}$ 表示 $cf = 0$ ,  $q_2^{cf}$ 表示 $cf = 1$ ,  $U_{cf}(y')$ 表示必须现场完成实验作业的学生名单。 $q_1^{cf} \wedge U_{cf}(y')$ 表示出现在名单集 $U_{cf}(y')$ 中的学生必须到实验课现场完成实验作业。其中,  $cf = 0$ 表示“现场”完成,  $cf = 1$ 表示“可非现场”完成。

### (4) 提交时效 t1 的取值规则

产生目标课程 $y'$ 的实验教学设计方案 DS 中实验提交时效 t1 指标元取值推理见规则 4-1 和规则 4-2。

$$p^{tl} \rightarrow q_2^{tl} \quad \text{规则 4-1} \quad \neg p^{tl} \rightarrow q_1^{tl} \quad \text{规则 4-2}$$

其中,  $tl = 1$ 表示每次实验作业提交时效“有要求”, 且是默认取值;  $tl = 0$ 表示每次实验作业提交时效“无要求”。前提条件 $p^{tl}$ 表示总评成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率 $= 100\%$ , 结果 $q_1^{tl}$ 表示 $tl = 1$ ,  $q_2^{tl}$ 表示 $tl = 0$ 。

### (5) 时效评价 te 的取值规则

产生目标课程 $y'$ 的实验教学设计方案 DS 中实验时效评价 te 指标元取值推理见规则 5-1 和规则 5-2。

$$p^{te} \rightarrow q_1^{te} \quad \text{规则 5-1} \quad \neg p^{te} \rightarrow q_2^{te} \quad \text{规则 5-2}$$

其中,  $te = 1$ 表示每次实验作业的时效评价“参与考核”;  $te = 0$ 表示每次实验作业的时效评价“不参与考核”, 且是默认取值。前提条件 $p^{te}$ 表示总评成绩差率最高 $\wedge$ 实验作业成绩差率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率 $< 60\%$ , 结果 $q_1^{te}$ 表示 $te = 1$ ,  $q_2^{te}$ 表示 $te = 0$ 。

### (6) 书面报告规范性评价 ne 的取值规则

产生目标课程 $y'$ 的实验教学设计方案 DS 中实验书面报告规范性评价 ne 指标元取值推理见规则 6-1 和规则 6-2。

$$p^{ne} \rightarrow q_2^{ne} \quad \text{规则 6-1} \quad \neg p^{ne} \rightarrow q_1^{ne} \quad \text{规则 6-2}$$

其中,  $ne = 1$ 表示每次实验报告书面规范性评价“参与考核”, 且是默认取值;  $ne = 0$ 表示每次实验报告书面规范性评价“不参与考核”。前提条件 $p^{ne}$ 表示总评成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业成绩优秀率最高 $\wedge$ 实验作业及时交率 $\geq 80\%$ , 结果 $q_1^{ne}$ 表示 $ne = 1$ ,  $q_2^{ne}$ 表示 $ne = 0$ 。

### (7) 结果展演评价评价 pe 的取值规则

产生目标课程 $y'$ 的实验教学设计方案 DS 中实验结果展演评价 pe 指标元取值推理见规则 7-1 和规则 7-2。

$$p^{pe} \rightarrow q_1^{pe} \quad \text{规则 7-1} \quad \neg p^{pe} \rightarrow q_2^{pe} \quad \text{规则 7-2}$$

其中,  $pe = 1$ 表示每次实验结果展演评价“参与考核”;  $pe = 0$ 表示每次实验结果展演评价“不参与考核”, 且是默认取值。前提条件 $p^{pe}$ 表示课程 $y'$ 选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩黑名单集合 $BM_0(y')$ 非空 $\wedge$ 实验作业及时交率 $< 60\%$ , 结果 $q_1^{pe}$ 表示 $pe = 1$ ,  $q_2^{pe}$ 表示 $pe = 0$ 。

## 3.4 模型中的统计分析计算公式

### (1) 观察元数据统计分析计算公式

统计出课程  $y$  上的学生  $x$  已提交实验作业的成绩平均分 $M_e(x, y)$ , 只统计已提交且成绩为非零分的实验作业成绩 $M_e(x, y)$ , 其计算见公式 1。

$$M_e(x, y) = \frac{\sum(M_x^y - \{m_i | m_i = \varphi \vee m_i = 0\})}{|M_x^y - \{m_i | m_i = \varphi \vee m_i = 0\}|} \quad (1)$$

统计出课程  $y$  上的学生  $x$  实验作业提交情况特征为 $S(x, y)$ ,  $S(x, y) = (S_u(x, y), S_b(x, y), S_d(x, y))$ , 其计算见公式 2-1 至 2-3。其中,  $S_u(x), S_b(x), S_d(x) \in N$ ,  $Sum_e(y)$ 表示课程  $y$  实验作业总次数,  $S_u(x)$ 表示课程  $y$  上的学生  $x$  未提交实验作业的次数,  $S_b(x)$ 表示课程  $y$  上的学生  $x$  及时提交实验作业的次数,  $S_d(x)$ 表示课程  $y$  上的学生  $x$  延期提交实验作业的次数。

$$S_u(x, y) = \frac{S_u(x)}{Sum_e(y)} \quad (2-1)$$

$$S_b(x, y) = \frac{S_b(x)}{Sum_e(y)} \quad (2-2)$$

$$S_d(x, y) = \frac{S_d(x)}{Sum_e(y)} \quad (2-3)$$

设目标课程 $y'$ 选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩黑名单集合为 $BM_0(y')$ , 其计算见公式 2-4。

$$BM_0(y') = \cup_{BM_y, x \in U_c(y') \wedge BM_y, y \in LC(y')} BM_y \quad (2-4)$$

进而根据公式 2-5 统计目标课程 $y'$ 选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩频数(人次) $Occ(y')$ 。 $Occ(y')$ 值是结果展演评价是否参与考核的重要依据。若该值为 0, 结果展演评价可以不参与考核。该值越大, 结果展演参与考核越必要。

$$\text{Occ}(y') = |\text{BM}_0(y')| \quad (2-5)$$

(2) 目标课程 $y'$ 的观察元数据计算公式

统计设课程 $y'$ 上的学生 $x$ 总评成绩观察值为 $\text{TM}(y')^{\text{observe}} \cdot \text{tm}_x$ ，其计算见公式3。其中， $y_1 \in \text{PC}(y')$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 先修课程集 $\text{PC}(y')$ 中的任一课程， $y_2 \in \text{LC}(y')$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 最近一学期课程集 $\text{LC}(y')$ 中的任一课程， $y_3 \in$

$$\text{TM}(y')^{\text{observe}} \cdot \text{tm}_x = k_1 \overline{\text{TM}(y_1)} \cdot \text{tm}_x + k_2 \overline{\text{TM}(y_2)} \cdot \text{tm}_x + k_3 \overline{\text{TM}(y_3)} \cdot \text{tm}_x \quad (3)$$

$$M_e^{\text{observe}}(x, y') = k_1 \overline{M_e(x, y_1)} + k_2 \overline{M_e(x, y_2)} + k_3 \overline{M_e(x, y_3)} \quad (4)$$

$$S_b^{\text{observe}}(x, y') = k_1 \overline{S_b(x, y_1)} + k_2 \overline{S_b(x, y_2)} + k_3 \overline{S_b(x, y_3)} \quad (5)$$

设课程 $y'$ 上的学生 $x$ 实验作业成绩观察值为 $M_e^{\text{observe}}(x, y')$ ，其计算见公式4。其中， $\overline{M_e(x, y_1)}$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 先修课程实验作业成绩的平均值， $\overline{M_e(x, y_2)}$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 最近一学期课程实验作业成绩的平均值， $\overline{M_e(x, y_3)}$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 同类课程实验作业成绩的平均值。

设课程 $y'$ 上的学生 $x$ 实验及时交率观察值为 $S_b^{\text{observe}}(x, y')$ ，其计算见公式5。其中， $\overline{S_b(x, y_1)}$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 先修改课程实验及时交率的平均值， $\overline{S_b(x, y_2)}$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 最近一学期课程实验及时交率的平均值， $\overline{S_b(x, y_3)}$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 同类课程实验及时交率的平均值。

(3) 学生 $x$ 对目标课程 $y'$ 的期望数据计算公式

设学生 $x$ 对课程 $y'$ 的总评成绩期望值为 $\text{TM}(y')^{\text{expect}} \cdot \text{tm}_x$ ，其计算见公式6-1。

$$\text{TM}(y')^{\text{expect}} \cdot \text{tm}_x = k_4 ql_1(x) \quad (6-1)$$

其中， $ql_1(x)$ 是表1中学生 $x$ 对课程 $y'$ 的意愿调查表中第1项问题 $Q_1$ （即期望的课程总评成绩）的反馈结果，且其量化取值见公式6-2。

$$ql_1(x) = \begin{cases} 93, & \text{if } ql_1(x) = A \\ 80, & \text{if } ql_1(x) = B \\ 60, & \text{if } ql_1(x) = C \end{cases} \quad (6-2)$$

设学生 $x$ 对课程 $y'$ 的每次实验作业成绩期望值为 $M_e^{\text{expect}}(x, y')$ ，其计算见公式7-1。

$$M_e^{\text{expect}}(x, y') = k_4 ql_4(x) \quad (7-1)$$

其中， $ql_4(x)$ 是表1中学生 $x$ 对课程 $y'$ 的意愿调查表中第4项问题 $Q_4$ （即期望的每次实验作业成绩）的反馈结果，且其量化取值见公式7-2。

$\text{CC}(y')$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 同类课程集 $\text{CC}(y')$ 中的任一课程。 $\overline{\text{TM}(y_1)} \cdot \text{tm}_x$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 先修课程总评成绩的平均值， $\overline{\text{TM}(y_2)} \cdot \text{tm}_x$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 最近一学期课程总评成绩的平均值， $\overline{\text{TM}(y_3)} \cdot \text{tm}_x$ 表示学生 $x$ 已修的课程 $y'$ 同类课程总评成绩的平均值。

$$ql_4(x) = \begin{cases} 93, & \text{if } ql_4(x) = A \\ 80, & \text{if } ql_4(x) = B \\ 60, & \text{if } ql_4(x) = C \end{cases} \quad (7-2)$$

设学生 $x$ 对课程 $y'$ 的每次实验作业及时交率期望值为 $S_b^{\text{expect}}(x, y')$ ，其计算见公式8-1。

$$S_b^{\text{expect}}(x, y') = k_4 ql_{10}(x) \quad (8-1)$$

其中， $ql_{10}(x)$ 是表1中学生 $x$ 对课程 $y'$ 的意愿调查表中第10项问题 $Q_{10}$ （即期望的每次实验作业提交情况）的反馈结果，且其量化取值见公式8-2。

$$ql_{10}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } ql_{10}(x) = A \\ 0, & \text{if } ql_{10}(x) = B \end{cases} \quad (8-2)$$

设学生 $x$ 对课程 $y'$ 的每次实验作业的内容量的期望值为 $\text{cc}^{\text{expect}}(x, y')$ ，其计算见公式9-1。

$$\text{cc}^{\text{expect}}(x, y') = k_4 ql_3(x) \quad (9-1)$$

其中， $ql_3(x)$ 是表1中学生 $x$ 对课程 $y'$ 的意愿调查表中第3项问题 $Q_3$ （即期望的每次实验作业的内容量）的反馈结果，且其量化取值见公式9-2。

$$ql_3(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{cc}, & \text{if } ql_3(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{cc}, & \text{if } ql_3(x) = B \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_3^{cc}, & \text{if } ql_3(x) = C \end{cases} \quad (9-2)$$

设课程 $y'$ 的选课学生对课程每次实验作业的内容量的期望值的分布率为 $\text{PR}_{\text{cc}}(\text{cc}^{\text{expect}}(x, y'))$ ，其计算见公式9-3。其中， $\text{PR}_{q_1^{cc}}$ 、 $\text{PR}_{q_2^{cc}}$ 和 $\text{PR}_{q_3^{cc}}$ 分别表示课程 $y'$ 选课学生期望的每次实验作业的内容量的大率、中率和小率。

设课程 $y'$ 的选课学生对课程每次实验作业的内容量的期望值显著特征为 $\text{PR}_{\text{cc}}^{\text{max}}(\text{cc}^{\text{expect}}(x, y'))$ ，其计算见公式9-4。

$$\text{PR}_{\text{cc}}(\text{cc}^{\text{expect}}(x, y')) = \begin{cases} \text{PR}_{q_1^{cc}} = \sum_{\text{cc}^{\text{expect}}(x, y')} = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{cc} \text{cc}^{\text{expect}}(x, y') \\ \text{PR}_{q_2^{cc}} = \sum_{\text{cc}^{\text{expect}}(x, y')} = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{cc} \text{cc}^{\text{expect}}(x, y') \\ \text{PR}_{q_3^{cc}} = \sum_{\text{cc}^{\text{expect}}(x, y')} = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_3^{cc} \text{cc}^{\text{expect}}(x, y') \end{cases} \quad (9-3)$$

$$\text{PR}_{\text{cc}}^{\text{max}}(\text{cc}^{\text{expect}}(x, y')) = \max(\text{PR}_{q_1^{cc}}, \text{PR}_{q_2^{cc}}, \text{PR}_{q_3^{cc}}) \quad (9-4)$$

设学生 $x$ 对课程 $y'$ 的每次实验作业任务的类型的期望值为 $\text{ct}^{\text{expect}}(x, y')$ ，其计算见公式10-1。

$$\text{ct}^{\text{expect}}(x, y') = k_4 ql_2(x) \quad (10-1)$$

其中,  $ql_2(x)$  是表 1 中学生  $x$  对课程  $y'$  的意愿调查表中第 2 项问题  $Q_2$  (即期望的每次实验作业任务的类型) 的反馈结果, 且其量化取值见公式 10-2。

$$ql_2(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{ct}, & \text{if } ql_2(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{ct}, & \text{if } ql_2(x) = B \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_3^{ct}, & \text{if } ql_2(x) = C \end{cases} \quad (10-2)$$

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业任务类

$$PR_{ct}(ct^{expect}(x, y')) = \begin{cases} PR_{q_1^{ct}} = \sum_{ct^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{ct}} ct^{expect}(x, y') \\ PR_{q_2^{ct}} = \sum_{ct^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{ct}} ct^{expect}(x, y') \\ PR_{q_3^{ct}} = \sum_{ct^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_3^{ct}} ct^{expect}(x, y') \end{cases} \quad (10-3)$$

$$PR_{ct}^{max}(ct^{expect}(x, y')) = \max(PR_{q_1^{ct}}, PR_{q_2^{ct}}, PR_{q_3^{ct}}) \quad (10-4)$$

设学生  $x$  对课程  $y'$  的每次实验作业的完成形式期望值为  $cf^{expect}(x, y')$ , 其计算见公式 11-1。

$$cf^{expect}(x, y') = k_4 ql_5(x) \quad \text{公式 11-1}$$

其中,  $ql_5(x)$  是表 1 中学生  $x$  对课程  $y'$  的意愿调查表中第 5 项问题  $Q_5$  (即期望的每次实验作业的完成形式) 的反馈结果, 且其量化取值见公式 11-2。

$$ql_5(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{cf}, & \text{if } ql_5(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{cf}, & \text{if } ql_5(x) = B \end{cases} \quad \text{公式 11-2}$$

$$PR_{cf}(cf^{expect}(x, y')) = \begin{cases} PR_{q_1^{cf}} = \sum_{cf^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{cf}} cf^{expect}(x, y') \\ PR_{q_2^{cf}} = \sum_{cf^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{cf}} cf^{expect}(x, y') \end{cases} \quad (11-3)$$

$$PR_{cf}^{max}(cf^{expect}(x, y')) = \max(PR_{q_1^{cf}}, PR_{q_2^{cf}}) \quad (11-4)$$

设学生  $x$  对课程  $y'$  的每次实验作业提交实效期望值为  $tl^{expect}(x, y')$ , 其计算见公式 12-1。

$$tl^{expect}(x, y') = k_4 ql_6(x) \quad (12-1)$$

其中,  $ql_6(x)$  是表 1 中学生  $x$  对课程  $y'$  的意愿调查表中第 6 项问题  $Q_6$  (即期望的每次实验作业提交实效) 的反馈结果, 且其量化取值见公式 12-2。

$$ql_6(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{tl}, & \text{if } ql_6(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{tl}, & \text{if } ql_6(x) = B \end{cases} \quad (12-2)$$

$$PR_{tl}(tl^{expect}(x, y')) = \begin{cases} PR_{q_1^{tl}} = \sum_{tl^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{tl}} tl^{expect}(x, y') \\ PR_{q_2^{tl}} = \sum_{tl^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{tl}} tl^{expect}(x, y') \end{cases} \quad (12-3)$$

$$PR_{tl}^{max}(tl^{expect}(x, y')) = \max(PR_{q_1^{tl}}, PR_{q_2^{tl}}) \quad (12-4)$$

型的期望值的分布率为  $PR_{ct}(ct^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 10-3。其中,  $PR_{q_1^{ct}}$ 、 $PR_{q_2^{ct}}$  和  $PR_{q_3^{ct}}$  分别表示课程  $y'$  选课学生期望每次实验作业任务类型的创造型率、应用型率和验证型率。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业任务类型的期望值显著特征为  $PR_{ct}^{max}(ct^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 10-4。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业完成形式的期望值的分布率为  $PR_{cf}(cf^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 11-3。其中,  $PR_{q_1^{cf}}$  和  $PR_{q_2^{cf}}$  分别表示课程  $y'$  的选课学生对课程选课学生期望每次实验作业完成形式的现场完成率和非现场完成率。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业完成形式的期望值显著特征为  $PR_{cf}^{max}(cf^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 11-4。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业提交实效的期望值的分布率为  $PR_{tl}(tl^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 12-3。其中,  $PR_{q_1^{tl}}$  和  $PR_{q_2^{tl}}$  分别表示课程  $y'$  的选课学生期望每次实验作业提交时效有要求率和无要求率。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业提交时效的期望值显著特征为  $PR_{tl}^{max}(tl^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 12-4。

设学生  $x$  对课程  $y'$  的每次实验作业的时效评价期望值为  $te^{expect}(x, y')$ , 其计算见公式 13-1。

$$te^{expect}(x, y') = k_4 ql_7(x) \quad (13-1)$$

其中,  $ql_7(x)$  是表 1 中学生  $x$  对课程  $y'$  的意愿调查表中第 7 项问题  $Q_7$  (即期望的每次实验作业时效评价) 的反馈结果, 且其量化取值见公式 13-2。

$$ql_7(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{te}, & \text{if } ql_7(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{te}, & \text{if } ql_7(x) = B \end{cases} \quad (13-2)$$

$$PR_{te}(te^{expect}(x, y')) = \begin{cases} PR_{q_1^{te}} = \sum_{te^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{te}} te^{expect}(x, y') \\ PR_{q_2^{te}} = \sum_{te^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{te}} te^{expect}(x, y') \end{cases} \quad (13-3)$$

$$PR_{te}^{max}(te^{expect}(x, y')) = \max(PR_{q_1^{te}}, PR_{q_2^{te}}) \quad (13-4)$$

设学生  $x$  对课程  $y'$  的每次实验报告书面规范性评价期望值为  $ne^{expect}(x, y')$ , 其计算见公式 14-1。

$$ne^{expect}(x, y') = k_4 ql_8(x) \quad (14-1)$$

其中,  $ql_8(x)$  是表 1 中学生  $x$  对课程  $y'$  的意愿调查表中第 8 项问题  $Q_8$  (即期望的每次实验作业报告书面规范性评价) 的反馈结果, 且其量化取值见公式 14-2。

$$ql_8(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{ne}, & \text{if } ql_8(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{ne}, & \text{if } ql_8(x) = B \end{cases} \quad \text{公式 14-2}$$

$$PR_{ne}(ne^{expect}(x, y')) = \begin{cases} PR_{q_1^{ne}} = \sum_{ne^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{ne}} ne^{expect}(x, y') \\ PR_{q_2^{ne}} = \sum_{ne^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{ne}} ne^{expect}(x, y') \end{cases} \quad (14-3)$$

$$PR_{ne}^{max}(ne^{expect}(x, y')) = \max(PR_{q_1^{ne}}, PR_{q_2^{ne}}) \quad (14-4)$$

设学生  $x$  对课程  $y'$  的每次实验结果展演评价期望值为  $pe^{expect}(x, y')$ , 其计算见公式 15-1。

$$pe^{expect}(x, y') = k_4 ql_9(x) \quad (15-1)$$

其中,  $ql_9(x)$  是表 1 中学生  $x$  对课程  $y'$  的意愿调查表中第 9 项问题  $Q_9$  (即期望的每次实验结果展演评价) 的反馈结果, 且其量化取值见公式 15-2。

$$ql_9(x) = \begin{cases} \frac{1}{|U_c(y')|} q_1^{pe}, & \text{if } ql_9(x) = A \\ \frac{1}{|U_c(y')|} q_2^{pe}, & \text{if } ql_9(x) = B \end{cases} \quad (15-2)$$

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验结果展演评价期望值的分布率为  $PR_{pe}(pe^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 15-3。其中,  $PR_{q_1^{pe}}$  和  $PR_{q_2^{pe}}$  分别表示课程  $y'$  选课

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业的时效评价期望值的分布率为  $PR_{te}(te^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 13-3。其中,  $PR_{q_1^{te}}$  和  $PR_{q_2^{te}}$  分别表示课程  $y'$  的选课学生期望每次实验作业时效评价参与考核率和不参与考核率。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验作业的时效评价的期望值显著特征为  $PR_{te}^{max}(te^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 13-4。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验报告书面规范性评价期望值的分布率为  $PR_{ne}(ne^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 14-3。其中,  $PR_{q_1^{ne}}$  和  $PR_{q_2^{ne}}$  分别表示课程  $y'$  的选课学生期望每次实验作业报告书面规范性评价参与考核率和不参与考核率。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验报告书面规范性评价的期望值显著特征为  $PR_{ne}^{max}(ne^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 14-4。

学生期望每次实验结果展演评价参与考核率和不参与考核率。

设课程  $y'$  的选课学生对课程每次实验结果展演评价的期望值显著特征为  $PR_{pe}^{max}(pe^{expect}(x, y'))$ , 其计算见公式 15-4。

#### (4) 目标课程 $y'$ 的观察元预期值计算公式

设课程  $y'$  上的学生  $x$  预期总评成绩值为  $TM(y')^{prediction} \cdot tm_x$ , 其计算见公式 16-1。

设课程  $y'$  选课学生预期总评成绩分布率为  $PR_{TM}(TM(y')^{prediction})$ , 其计算见公式 16-2。其中,  $Excellent_{TM}^{prediction}$ 、 $Medium_{TM}^{prediction}$  和

$Poor_{TMprediction}$  分别表示课程  $y'$  选课学生预期总评成绩优秀率、良好率和差率; 函数  $Frequency()$  表示特定分数段内学生预期总评成绩值出现的频率,  $|TM(y')^{prediction}|$  表示课程  $y'$  选课学生预期总评成绩集  $TM(y')^{prediction}$  中元素个数。

设课程  $y'$  选课学生预期总评成绩显著特征为  $PR_{TM}^{max}(TM(y')^{prediction})$ , 其计算见公式 16-3。

设课程  $y'$  上的学生  $x$  预期实验作业成绩值为  $M_e^{prediction}(x, y')$ , 其计算见公式 17-1。

$$PR_{pe}(pe^{expect}(x, y')) = \begin{cases} PR_{q_1^{pe}} = \sum_{pe^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_1^{pe}} pe^{expect}(x, y') \\ PR_{q_2^{ne}} = \sum_{ne^{expect}(x, y') = \frac{k_4}{|U_c(y')|} q_2^{pe}} pe^{expect}(x, y') \end{cases} \quad (15-3)$$

$$PR_{pe}^{max}(pe^{expect}(x, y')) = \max(PR_{q_1^{pe}}, PR_{q_2^{ne}}) \quad (15-4)$$

$$TM(y')^{prediction} \cdot tm_x = TM(y')^{observe} \cdot tm_x + TM(y')^{expect} \cdot tm_x \quad (16-1)$$

$$PR_{TM}(TM(y')^{prediction}) = \begin{cases} Excellent_{TMprediction} = \frac{Frequency(TM(y')^{prediction} \cdot tm_x \in (85, 100])}{|TM(y')^{prediction}|} \\ Medium_{TMprediction} = \frac{Frequency(TM(y')^{prediction} \cdot tm_x \in (75, 85])}{|TM(y')^{prediction}|} \\ Poor_{TMprediction} = \frac{Frequency(TM(y')^{prediction} \cdot tm_x \in [0, 75])}{|TM(y')^{prediction}|} \end{cases} \quad (16-2)$$

$$PR_{TM}^{max}(TM(y')^{prediction}) = \max(Excellent_{TMprediction}, Medium_{TMprediction}, Poor_{TMprediction}) \quad (16-3)$$

$$M_e^{prediction}(x, y') = M_e^{observe}(x, y') + M_e^{expect}(x, y') \quad (17-1)$$

$$PR_{M_e}(M_e^{prediction}(x, y')) = \begin{cases} Excellent_{M_e^{prediction}} = \frac{Frequency(M_e^{prediction}(x, y') \in (85, 100])}{|M_e^{prediction}(x, y')|} \\ Medium_{M_e^{prediction}} = \frac{Frequency(M_e^{prediction}(x, y') \in (75, 85])}{|M_e^{prediction}(x, y')|} \\ Poor_{M_e^{prediction}} = \frac{Frequency(M_e^{prediction}(x, y') \in [0, 75])}{|M_e^{prediction}(x, y')|} \end{cases} \quad (17-2)$$

$$PR_{M_e}^{max}(M_e^{prediction}(x, y')) = \max(Excellent_{M_e^{prediction}}, Medium_{M_e^{prediction}}, Poor_{M_e^{prediction}}) \quad (17-3)$$

$$S_b^{prediction}(x, y') = S_b^{observe}(x, y') + S_b^{expect}(x, y') \quad (18-1)$$

$$PR_{S_b}(S_b^{prediction}(x, y')) = \frac{Frequency(S_b^{prediction}(x, y') = 1)}{|S_b^{prediction}(x, y')|} \quad (18-2)$$

### 3.5 目标方案的指标元推荐值生成公式

模型这一部分基于学生学习习惯特征数据和学习行为发展偏好数据生成的各指标元的预期值, 将作为目标课程  $y'$  实验教学方案 DS 各指标元的推荐值。这里给出目标实验教学设计方案 DS 的指标元推荐值生成公式。

(1) 实验内容的量  $cc$  推荐值的生成

$$cc^{prediction}(x, y') = cc^{observe}(x, y') + PR_{cc}^{max}(cc^{expect}(x, y')) \quad (19-2)$$

(2) 实验任务的型  $ct$  推荐值的生成

设课程  $y'$  选课学生预期实验作业成绩分布率为  $PR_{M_e}(M_e^{prediction}(x, y'))$ , 其计算见公式 17-2。

设课程  $y'$  选课学生预期实验作业成绩显著特征为  $PR_{M_e}^{max}(M_e^{prediction}(x, y'))$ , 其计算见公式 17-3。

设课程  $y'$  上的学生  $x$  预期实验作业及时交率为  $S_b^{prediction}(x, y')$ , 其计算见公式 18-1。

设课程  $y'$  选课学生预期实验作业及时交率为  $PR_{S_b}(S_b^{prediction}(x, y'))$ , 其计算见公式 18-2。

设根据预期的选课学生总评成绩、实验作业成绩、实验作业及时交率和推理规则 1 产生的课程  $y'$  实验内容的量的观测值为  $cc^{observe}(x, y')$ , 其计算见公式 19-1。

$$cc^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{cc}, & \text{满足规则 1-1} \\ q_2^{cc}, & \text{满足规则 1-3} \\ q_3^{cc}, & \text{满足规则 1-2} \end{cases} \quad (19-1)$$

设课程  $y'$  实验内容的量的预期值为  $cc^{prediction}(x, y')$ , 其计算生成见公式 19-2。

设根据预期的选课学生总评成绩、实验作业成绩、实验作业及时交率和推理规则 2 产生的课程 $y'$  实验任务的型观测值为 $ct^{observe}(x, y')$ ，其计算生成见公式 20-1。

$$ct^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{ct}, & \text{满足规则2-1} \\ q_2^{ct}, & \text{满足规则2-3} \\ q_3^{ct}, & \text{满足规则2-2} \end{cases} \quad \text{公式20-1}$$

设课程 $y'$  实验任务的型的预期值为 $ct^{prediction}(x, y')$ ，其计算生成见公式 20-2。

(3) 完成形式 cf 推荐值的生成

$$ct^{prediction}(x, y') = ct^{observe}(x, y') + PR_{ct^{expect}}^{max}(ct^{expect}(x, y')) \quad (20-2)$$

$$cf^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{cf} \wedge U_{cf}(y'), & \text{满足规则3-2} \\ q_2^{cf}, & \text{满足规则3-1} \end{cases} \quad (21-1)$$

$$cf^{prediction}(x, y') = cf^{observe}(x, y') + PR_{cf^{expect}}^{max}(cf^{expect}(x, y')) \quad (21-2)$$

(4) 提交时效 t1 推荐值的生成

设根据预期的选课学生总评成绩、实验作业成绩、实验作业及时交率和推理规则 4 产生的课程 $y'$  实验提交时效的观测值为 $tl^{observe}(x, y')$ ，其计算生成见公式 22-1。

$$tl^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{tl}, & \text{满足规则4-2} \\ q_2^{tl}, & \text{满足规则4-1} \end{cases} \quad (22-1)$$

设课程 $y'$  实验提交时效的预期值为 $tl^{prediction}(x, y')$ ，其计算生成见公式 22-2。

$$tl^{prediction}(x, y') = tl^{observe}(x, y') + PR_{tl^{expect}}^{max}(tl^{expect}(x, y')) \quad (22-2)$$

(5) 时效评价 te 推荐值的生成

设根据预期的选课学生总评成绩、实验作业成绩、实验作业及时交率和推理规则 5 产生的课程 $y'$  实验作业时效评价的观测值为 $te^{observe}(x, y')$ ，其计算生成见公式 23-1。

$$te^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{te}, & \text{满足规则5-1} \\ q_2^{te}, & \text{满足规则5-2} \end{cases} \quad (23-1)$$

设课程 $y'$  实验作业时效评价的预期值为 $te^{prediction}(x, y')$ ，其计算生成见公式 23-2。

$$te^{prediction}(x, y') = te^{observe}(x, y') + PR_{te^{expect}}^{max}(te^{expect}(x, y')) \quad (23-2)$$

(6) 书面报告规范性评价 ne 推荐值的生成

设根据预期的选课学生总评成绩、实验作业成绩、实验作业及时交率和推理规则 6 产生的课程 $y'$  实验作业书面报告规范性评价的观测值为 $ne^{observe}(x, y')$ ，其计算生成见公式 24-1。

$$ne^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{ne}, & \text{满足规则6-2} \\ q_2^{ne}, & \text{满足规则6-1} \end{cases} \quad (24-1)$$

设课程 $y'$  实验作业书面报告规范性评价的预期值为 $ne^{prediction}(x, y')$ ，其计算生成见公式 24-2。

$$ne^{prediction}(x, y') = ne^{observe}(x, y') + PR_{ne^{expect}}^{max}(ne^{expect}(x, y')) \quad (24-2)$$

(7) 结果展演评价评价 pe 推荐值的生成

设根据选课学生最近一学期课程零分实验作业成绩黑名单集合 $BM_0(y')$  实验作业及时交率和推理规则 7 产生的课程 $y'$  实验结果展演评价的观测值为 $pe^{observe}(x, y')$ ，其计算生成见公式 25-1。

$$pe^{observe}(x, y') = \begin{cases} q_1^{pe}, & \text{满足规则7-1} \\ q_2^{pe}, & \text{满足规则7-2} \end{cases} \quad (25-1)$$

设课程 $y'$  实验结果展演评价的预期值为 $pe^{prediction}(x, y')$ ，其计算生成见公式 25-2。

$$pe^{prediction}(x, y') = pe^{observe}(x, y') + PR_{pe^{expect}}^{max}(pe^{expect}(x, y')) \quad (25-2)$$

## 4 模型检验与应用

为检验所提出的模型的有效性,对2021-2022学年度第二学期开设的软件工程专业核心课软件体系结

构与设计模式课程班1,应用了该模型生成实验教学设计方案。反映学生学习习惯的观察数据主要从Blackboard教学系统和课程主讲教师提交的学生成绩登记表中获取。

表2 课程 $y'$ (软件体系结构与模式)观察元预期值情况

值项	预期总成绩分布率值	预期实验总成绩分布率值	预期实验及时交率	0分实验作业黑名单集
优(分数区间为(85,100])率	14/43	35/43	-	-
良(分数区间为(75,85])率	<b>18/43</b>	5/43	-	-
差(分数区间为[0,75])率	11/43	3/43	-	-
显著特征值	<b>18/43(良率最高)</b>	<b>35/43(优率最高)</b>	$\frac{17}{43} \approx 40\%$	$\emptyset$ (空)

表3 课程 $y'$ (软件体系结构与模式)选课学生意愿调查反馈的期望数据值情况

期望数据项	A选项率	B选项率	C选项率	期望值显著特征
$ql_1$ (总评成绩)	41/43	1/43	1/43	-
$ql_4$ (实验作业成绩)	0/43	43/43	0/43	-
$ql_{10}$ (实验作业及时交率)	42/43	1/43	-	-
$ql_3$ (实验作业的内容量)	3/43	38/43	2/43	$(38/43) * 0.1q_2^{cc}$
$ql_2$ (实验作业任务类型)	12/43	30/43	1/43	$(30/43) * 0.1q_2^{ct}$
$ql_5$ (实验作业的完成形式)	0/43	43/43	-	$(43/43) * 0.1q_2^{cf}$
$ql_6$ (实验作业提交时效)	42/43	1/43	-	$(42/43) * 0.1q_1^{tl}$
$ql_7$ (实验作业时效评价)	0/43	43/43	-	$(43/43) * 0.1q_2^{te}$
$ql_8$ (实验报告书面规范性评价)	39/43	4/43	-	$(39/43) * 0.1q_1^{ne}$
$ql_8$ (实验结果展演评价)	0/43	43/43	-	$(43/43) * 0.1q_2^{pe}$

即应用该模型生成实验教学设计方案的目标课程 $y'$ =软件体系结构与模式,采集到观察数据有该课程班43名选课学生、先修课程 $PC(y')=\{Java\text{程序设计}\}$ 、最近一学期课程 $LC(y')=\{\text{中间件技术、数据库系统、计算机系统}\}$ 、同类课程 $CC(y')=\{\text{数据库系统、计算机系统}\}$ (其中,数据库系统既属于最近一学期课程,又属于与软件体系结构与模式同类型的核心专业课),这43名学生已修的上述5门课程的选课学习数据。使用模型中的统计分析公式计算后得到的该课程观察元预期值情况见表2。预期总评成绩良好率最高,预期实验总评成绩优秀率最高,预期实验及时交率约40%,0分实验作业黑名单集为空。

另外,根据表1在该课程第一堂课上采集到43名选课学生的课程意愿数据。使用模型中的统计分析公

式计算后得到的反映该课程选课学生学习习惯偏好的期望数据值情况见表3。

最后,根据反映选课学生学习习惯特征的观察元数据值、反映该课程选课学生学习习惯偏好的期望数据值,以及模型中的DS指标元取值推理规则和推荐值生成公式,计算生成的软件体系结构与模式实验教学设计方案如表4所示。

该实验教学方案被采用后,此课程上的选课学生收获了较好的学习效果,并有好的学习体验。课程总评成绩获得优秀(85分以上)的学生比例达到76%,课程实验作业平均成绩获得优秀(85分以上)的学生比例超过97%。也因此检验了所提出的模型是可行有效的。

表 4 课程y' (软件体系结构与设计模式) 实验教学设计方案推荐值

指标元	推理依据	观测值	期望值显著特征值	推荐值	推荐值语义
cc	规则1-3	$q_2^{cc}$	$(38/43) * 0.1q_2^{cc}$	$q_2^{cc} + (38/43) * 0.1q_2^{cc}$	每次实验内容量适中
ct	规则2-3	$q_2^{ct}$	$(30/43) * 0.1q_2^{ct}$	$q_2^{ct} + (30/43) * 0.1q_2^{ct}$	实验任务的类型是应用型
cf	规则3-1	$q_2^{cf}$	$(43/43) * 0.1q_2^{cf}$	$q_2^{cf} + (43/43) * 0.1q_2^{cf}$	实验作业可非现场完成
tl	规则4-2	$q_1^{tl}$	$(42/43) * 0.1q_1^{tl}$	$q_1^{tl} + (42/43) * 0.1q_1^{tl}$	实验作业提交时效有要求
te	规则5-2	$q_2^{te}$	$(43/43) * 0.1q_2^{te}$	$q_2^{te} + (43/43) * 0.1q_2^{te}$	实验的时效评价不参与考核
ne	规则6-2	$q_1^{ne}$	$(39/43) * 0.1q_1^{ne}$	$q_1^{ne} + (39/43) * 0.1q_1^{ne}$	报告书面规范性评价参与考核
pe	规则7-2	$q_2^{pe}$	$(43/43) * 0.1q_2^{pe}$	$q_2^{pe} + (43/43) * 0.1q_2^{pe}$	实验结果展演评价不参与考核

## 5 结束语

给出的基于学生学习习惯实验教学设计模型, 不仅能够帮助任课教师制定以学生为中心的个性化实验教学设计方案, 做到因材施教, 还有利于学生获得好的学习效果和体验。下一步将基于该模型设计实现一个个性化实验教学设计方案自动生成系统, 方便教师们使用, 提供实验教学设计辅助工具。

## 参考文献

- [1] 胡向海. 高校计算机实验教学改革的方案[J]. 吉林省教育学院学报, 2012, 28(6): 69-70.
- [2] 蔡美玲, 张锦, 窦亚玲, 等. 工程教育理念下《程序设计基础》实验教学改革探索[J]. 计算机工程与科学, 2018, 40(A01): 25-3. 0
- [3] 周原, 梁鹏. 以学生为中心的《数据结构》课程教学改革实践[J]. 高教学刊, 2019(5): 142-144.
- [4] 徐妮静, 李惠, 杨飞. 《大学计算机基础》实验教学面临的问题及其解决方案[J]. 电脑与电信, 2016, 000(004): 82-84.
- [5] 惠向晖, 魏秀然. 基于云计算的计算机实验教学方案研究[J]. 科学与信息化, 2021(22): 130-132.
- [6] 苏庆, 列志毅, 刘冬宁, 等. 软硬结合的计算机专业基础课程群实验教学模式创新与内容体系优化[J]. 计算机教育, 2022(3): 24-28.
- [7] 何玉新. 计算机原理和结构课程实验教学方案的设计[J]. 产业与科技论坛, 2015(9): 140-141.
- [8] 王力生, 黄仁智. 面向计算机专业的递进式综合实验教学方案[J]. 计算机教育, 2013(12): 15-18.
- [9] 肖志娇, 白鉴聪. 融合软件工程思想的程序设计类课程实验改革[J]. 计算机教育, 2022(4): 178-181.
- [10] 沈华. 数据结构课程中栈和队列实验教学方案设计[J]. 教育教学论坛, 2016, 000(024): 274-276.
- [11] 卢瑾, 任宏亮, 顾东袁, 等. 以学生为中心的程序设计分层式实验教学改革[J]. 计算机教育, 2020(11): 174-178.
- [12] 蔡俊, 吕兆承. 数字图像处理实验教学设计与案例[J]. 工业控制计算机, 2022, 35(1): 168-172.