

# 基于模糊综合评判法的计算机类研究生 思维能力评价研究\*

王梅 梁媛 梁吉胜

东北石油大学计算机与信息技术学院, 大庆 163318

**摘要** 本文在分析计算机类研究生思维能力的相关研究基础上,从计算机类研究生思维能力的概念与内涵出发,确定了能够反映计算机类研究生思维能力的3个指标,即批判性思维能力、计算思维能力和逻辑思维能力,并以其相关特征为依据构建了计算机类研究生思维能力评价指标体系。基于模糊综合评判法建构了能够判断思维能力大小的模型,并进行了实例分析。该文的结果可为计算机类研究生思维能力评价提供参考,对提升计算机类研究生的思维能力有着重要的意义。

**关键字** 计算机类研究生, 思维能力, 评价, 模糊综合评判

## Research on Evaluation of Thinking Ability of Computer Postgraduates Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

Wang Mei Liang Yuan Liang Jisheng

College of Computer and Information Technology  
Northeast Petroleum University,  
Daqing 163318, China

**Abstract**—Based on the analysis of the relevant research on the thinking ability of computer science graduate students, starting from the concept and connotation of the thinking ability of computer science graduate students, this paper identifies three indicators that can reflect the thinking ability of computer science graduate students, namely critical thinking ability, computational thinking ability and logical thinking ability, and constructs an evaluation index system of thinking ability of computer science graduate students based on their related characteristics. Based on the fuzzy comprehensive evaluation method, a model that can judge the size of thinking ability is constructed, and case studies are carried out. The results of this paper can provide a reference for the evaluation of the thinking ability of computer science graduate students, which is of great significance for improving the thinking ability of computer science graduate students.

**Keywords**—computer science graduate students, thinking ability, evaluation, fuzzy comprehensive evaluation

## 1 引言

在如今知识经济时代的大背景之下,面临着日益激烈的国际竞争,创新型人才在国家与社会发展中处于越来越重要的地位,教育则是培养创新型人才的第一手段。研究生教育是我国教育的最高阶段,有着为国家培养高质量人才的作用。为实现国家创新驱动发展,需要提高计算机类研究生的教育质量,培养和发展高阶思维能力是现代教育发展和我国创新型人才培

养的需求<sup>[1]</sup>,而传统教育主要强调教师的主导地位,往往会忽视学生的差异性和主体地位,这样的教育会限制学生思维能力的自由化发展。因此,现代教育需要转移重心,引导学生独立思考和判断、拓宽思维的广度、提升思维能力<sup>[2]</sup>。本文通过理论研究,构建了研究生思维能力评价体系,并结合模糊综合评判法建立了研究生思维能力评价模型,旨在通过评价计算机类研究生的思维能力,对思维能力有差异的学生进行差异性教学,全面提高计算机类研究生的培养质量。

## 2 思维能力的概念与内涵

国内外的众多学者对思维能力的概念与内涵有着丰富的理论研究。Geertsen<sup>[3]</sup>认为思维能力有两类,分别是批判性思维和反思性思维。Udall 和 Daniels<sup>[4]</sup>认为高阶思维就是创造性思维能力、批判性思维能力以及问题解决能力。姜玉莲<sup>[5]</sup>认为,处于社会经济快速发

\* **基金资助:** 本文得到黑龙江省研究生精品课程建设项目(人工智能及其应用);首届黑龙江省研究生课程思政高质量建设项目(人工智能及其应用);黑龙江省高等学校教改工程项目(一般研究项目),分布式自适应学习系统模型设计研究(项目编号: SJGY20200108);黑龙江省高等教育教学改革一般研究项目(SJGY20220233)资助。

展和知识技术发达的时代,人们更加重视判断推理、分析决策、创新想象、处理社会问题、团队协作等能力,而这些能力的核心价值就在于思维。钟志贤<sup>[6]</sup>指出,高阶思维能力主要由批判性思维、问题解决和创造性思维组成。

从学者们针对思维能力的研究来看,对于计算机类研究生而言,最核心的思维能力有批判性思维能力、计算思维能力和逻辑思维能力。批判性思维能力是指个体对问题进行解释、分析、推理以及综合的能力。部分学者指出,批判精神是计算机类研究生进行科学研究的关键。计算思维是指个体拥有像计算机一样探索、发现、解决问题的能力,对于计算机类研究生而言,计算思维能力是最核心的思维能力。而逻辑思维能力是思维能力的基础,其核心之处在于进行推理与论证,这对计算机类研究生而言也是至关重要的一种思维能力。

### 3 构建思维能力评价模型

#### 3.1 建立评价指标体系

为了准确反映计算机类研究生的思维能力水平,在遵循评价指标选取原则的基础上,通过对文献资料的搜集、研读与总结,本研究将批判性思维能力、计算思维能力和逻辑思维能力的相关特征作为评价指标。

首先,目前较权威的用于测量批判性思维能力的量表是《加利福尼亚批判思维倾向量表》(简称 CCTDI)。CCTDI 将批判性思维划分为寻求真理意识、思维开放性、分析性、系统性、求知欲、自信心和成熟度,每项都代表个体所具备的特质。因此,本研究中批判性思维能力的评价指标包含以上 7 个特质。

其次,对于计算思维能力的测评,Korkmaz<sup>[7]</sup>从创造力、算法思维、协作能力、批判性思维和问题解决五个方面来测量学生的计算思维能力水平;Kukul<sup>[8]</sup>等人开发的《计算思维自我效能感评价量表》分别从推理、抽象、分解与概括四个因素来预测学生对自身计算思维能力水平的认知。本研究结合多位研究者的研究,针对研究生群体的特性,从先前经验、问题解决、评价思维、算法编程思维、算法应用思维、合作学习能力、分解性思维和概括总结思维这 8 个维度来评价计算思维能力。

最后,关于逻辑思维能力,杜国平<sup>[9]</sup>认为其测量要素有澄清概念、准确判断、严密推理、合理论证、辨析谬误这 5 种。在逻辑思维的形成阶段,定义、分类、概括、比较、判断、推理为逻辑思维培养的重点。而在逻辑思维的强化与运用阶段,质疑、假设、探究、论证、建构、反思为培养的重点<sup>[10]</sup>。因此本研究将逻辑思维能力的评价指标划分为比较与对比、细分类别、

分析判断、综合衡量、归纳与概括、演绎与推理、类比论证、设疑提问和推理逻辑 9 个指标。

将上述所有指标综合起来构建思维能力评价指标体系,为了确定指标的重要程度,需要分别确定每项指标的权重。为了精准反映每个指标的重要性差异,本研究的权重采用小数形式,并运用熵权法,分别计算了二级指标和三级指标的权重,所构成的计算机类研究生思维能力评价指标体系与权重如表 1 所示(见下页)。

#### 3.2 构建评价模型

由于计算机类研究生思维能力评价指标中所包含的因素比较复杂且难以量化,因此,本研究采用模糊综合评判法建立研究生思维能力综合评价模型,该方法常用在模糊的、难以量化的问题上。邱香华<sup>[11]</sup>在评价学术型硕士学位论文质量的过程中应用了模糊综合评判法。张静<sup>[12]</sup>针对学前教育质量建立了多级模糊综合评价模型,结合实例分析发现该模型客观且高效。尤游<sup>[13]</sup>等人结合模糊综合评判法和熵值法,对高校教师的教学质量进行评价,上述应用都得到了较好的效果。

基于模糊综合评判法构建模型的具体步骤如下:

##### (1) 确定评价因素指标集

指标集是由所要评判的对象的主要影响因素所组成的集合,确立思维能力的主因素层指标集为  $U = \{U_1, U_2, U_3\}$ ,其中一级指标  $U$  是思维能力,二级指标  $U_1$  是批判性思维能力、 $U_2$  是计算思维能力、 $U_3$  是逻辑思维能力。将二级指标进一步分层为

$$\begin{aligned} U_1 &= \{U_{11}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{15}, U_{16}, U_{17}\}, \\ U_2 &= \{U_{21}, U_{22}, U_{23}, U_{24}, U_{25}, U_{26}, U_{27}, U_{28}\}, \\ U_3 &= \left\{ \begin{array}{l} U_{31}, U_{32}, U_{33}, U_{34}, U_{35}, U_{36}, \\ U_{37}, U_{38}, U_{39}, U_{310}, U_{311} \end{array} \right\}, \end{aligned}$$

$U_{ij}$  的具体内涵见表 1。

##### (2) 建立评语集

将评价对象能够选择的评价结果建立为评语集  $V$ ,  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\}$ ,其中,  $V$  是评语集,  $V_1$  是完全不符合,  $V_2$  是不太符合,  $V_3$  是一般符合,  $V_4$  是比较符合,  $V_5$  是非常符合,评语集的数值化为

$$S = (20, 40, 60, 80, 100)。$$

##### (3) 确定一级、二级指标的权重矩阵

一级指标指标相应的权重集合为  $K = \{k_1, k_2, k_3\}$ 。

表 1 计算机类研究生思维能力评价指标体系与权重表

研究生思维能力评价指标体系	一级指标	二级指标	三级指标
	思维能力 U	批判性思维能力 U <sub>1</sub> 0.23	寻求真理意识 U <sub>11</sub> 0.13
开放思想 U <sub>12</sub> 0.10			
分析能力 U <sub>13</sub> 0.11			
系统能力 U <sub>14</sub> 0.18			
自信度 U <sub>15</sub> 0.12			
求知欲 U <sub>16</sub> 0.15			
认知成熟度 U <sub>17</sub> 0.21			
计算思维能力 U <sub>2</sub> 0.27	先前经验 U <sub>21</sub> 0.14		
	问题解决 U <sub>22</sub> 0.17		
	评价思维 U <sub>23</sub> 0.09		
	算法编程思维 U <sub>24</sub> 0.17		
	算法应用思维 U <sub>25</sub> 0.10		
	合作学习能力 U <sub>26</sub> 0.09		
	分解性思维 U <sub>27</sub> 0.15		
概括总结思维 U <sub>28</sub> 0.09			
逻辑思维能力 U <sub>3</sub> 0.50	比较与对比 U <sub>31</sub> 0.09		
	细分类别 U <sub>32</sub> 0.08		
	分析判断 U <sub>33</sub> 0.09		
	综合衡量 U <sub>34</sub> 0.07		
	归纳与概括 U <sub>35</sub> 0.04		
	演绎与推理 U <sub>36</sub> 0.16		
	类比论证 U <sub>37</sub> 0.06		
	设疑提问 U <sub>38</sub> 0.21		
	推理逻辑 U <sub>39</sub> 0.20		

二级指标相应的权重为:

$$K_1 = \{k_{11}, k_{12}, k_{13}, k_{14}, k_{15}, k_{16}, k_{17}\},$$

$$K_2 = \{k_{21}, k_{22}, k_{23}, k_{24}, k_{25}, k_{26}, k_{27}, k_{28}\},$$

$$K_3 = \{k_{31}, k_{32}, k_{33}, k_{34}, k_{35}, k_{36}, k_{37}, k_{38}, k_{39}\}.$$

(4) 确定二级评价指标隶属度矩阵

本模型中通过问卷调查法求得二级评价指标的隶属度矩阵, 二级指标  $U_{ki}$  的模糊评价矩阵记为:

$$R_k = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix}$$

其中,  $r_{ij}$  表示二级指标  $U_{ki}$  对于第  $j$  级评语  $V_j$  的隶属度。

(5) 模糊矩阵运算

对于上述指标的权重和模糊评价矩阵, 通过模糊算子计算模糊向量。“o”为模糊算子, 本研究采用加权平均型模糊算子  $M(\bullet, +)$ 。这种算子考虑到了所

有指标的影响, 并且保留了单指标评价的全部信息, 能够有效体现评价的综合性。针对各二级指标的评价结果为  $B_k$  :

$$B_k = A_k \circ R_k = (b_{k1}, b_{k2}, \dots, b_{km})$$

$$\text{则有 } R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nm} \end{bmatrix}$$

再对  $R$  进行模糊矩阵运算, 得到一级指标  $U$  对于评语集  $V$  的隶属向量  $B$ 。

$$B = A \circ R = (a_1, a_2, \dots, a_k) \circ \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_n \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_m)$$

(6) 计算综合得分

最终得分为  $F = B * S^T$ , 为研究生思维能力的综合评价结果。

### 3.3 实例分析

通过上述模糊综合评判模型对学生张三（化名）的思维能力进行综合评价和实证研究。

(1) 确定指标值。按照研究生思维能力评价指标体系对学生进行问卷调查，将各二级评价指标在评价等级 V 上的数量作为指标值，如表 2 所示。

表 2 张三思维能力评价数据

一级指标	二级指标	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>
U <sub>1</sub>	U <sub>11</sub>	0	2	1	1	1
	U <sub>12</sub>	1	1	0	1	2
	U <sub>13</sub>	1	1	1	1	1
	U <sub>14</sub>	0	4	1	0	0
	U <sub>15</sub>	0	0	1	4	0
	U <sub>16</sub>	0	1	0	3	1
	U <sub>17</sub>	1	2	1	1	0
U <sub>2</sub>	U <sub>21</sub>	0	1	0	1	2
	U <sub>22</sub>	0	1	1	2	0
	U <sub>23</sub>	0	1	2	1	0
	U <sub>24</sub>	0	0	3	1	0
	U <sub>25</sub>	0	0	3	1	0
	U <sub>26</sub>	0	0	0	0	4
	U <sub>27</sub>	0	0	1	1	2
	U <sub>28</sub>	0	0	0	4	0
U <sub>3</sub>	U <sub>31</sub>	0	0	0	3	0
	U <sub>32</sub>	0	1	0	2	0
	U <sub>33</sub>	0	0	2	0	1
	U <sub>34</sub>	0	0	1	2	0
	U <sub>35</sub>	0	0	1	2	0
	U <sub>36</sub>	0	0	0	3	0
	U <sub>37</sub>	0	0	0	3	0
	U <sub>38</sub>	0	0	2	1	0
	U <sub>39</sub>	0	0	2	1	0

(2) 确定隶属度矩阵。对上述指标值进行归一化处理，将其作为指标体系在评价等级上的隶属度，如表 3（见下页）所示。

根据表 3，建立模糊关系评判矩阵：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.2 & 0.2 & 0 & 0.2 & 0.4 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0 & 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0 & 0.6 & 0.2 \\ 0.2 & 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 & 0 & 0.25 & 0.5 \\ 0 & 0.25 & 0.2 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0.75 & 0.25 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0.25 & 0.25 & 0.50 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0.33 & 0 & 0.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0.67 & 0 & 0.33 \\ 0 & 0 & 0.33 & 0.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0.33 & 0.67 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.67 & 0.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0.67 & 0.33 & 0 \end{bmatrix}$$

(1) 进行综合评判。通过使用加权平均型模糊算子，求出批判性思维能力 U<sub>1</sub> 的评判结果向量为：

$$B_1 = [0.084 \quad 0.352 \quad 0.15 \quad 0.296 \quad 0.118];$$

计算思维能力 U<sub>2</sub> 的评判结果向量为

$$B_2 = [0 \quad 0.1 \quad 0.319 \quad 0.338 \quad 0.205];$$

逻辑思维能力 U<sub>3</sub> 的评判结果向量为

$$B_3 = [0 \quad 0.026 \quad 0.371 \quad 0.573 \quad 0.03];$$

表 3 二级指标隶属度

一级指标	二级指标	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	V <sub>5</sub>
U <sub>1</sub>	U <sub>11</sub>	0	0.40	0.20	0.20	0.20
	U <sub>12</sub>	0.20	0.20	0	0.20	0.40
	U <sub>13</sub>	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	U <sub>14</sub>	0	0.80	0.20	0	0
	U <sub>15</sub>	0	0	0.20	0.80	0
	U <sub>16</sub>	0	0.20	0	0.60	0.20
	U <sub>17</sub>	0.20	0.40	0.20	0.20	0
U <sub>2</sub>	U <sub>21</sub>	0	0.25	0	0.25	0.50
	U <sub>22</sub>	0	0.25	0.25	0.50	0
	U <sub>23</sub>	0	0.25	0.50	0.25	0
	U <sub>24</sub>	0	0	0.75	0.25	0
	U <sub>25</sub>	0	0	0.75	0.25	0
	U <sub>26</sub>	0	0	0	0	1.00
	U <sub>27</sub>	0	0	0.25	0.25	0.50
	U <sub>28</sub>	0	0	0	1.00	0
U <sub>3</sub>	U <sub>31</sub>	0	0	0	1.00	0
	U <sub>32</sub>	0	0.33	0	0.67	0
	U <sub>33</sub>	0	0	0.67	0	0.33
	U <sub>34</sub>	0	0	0.33	0.67	0
	U <sub>35</sub>	0	0	0.33	0.67	0
	U <sub>36</sub>	0	0	0	1.00	0
	U <sub>37</sub>	0	0	0	1.00	0
	U <sub>38</sub>	0	0	0.67	0.33	0
	U <sub>39</sub>	0	0	0.67	0.33	0

由二级指标评判结果向量组成一级指标模糊关系评判矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.084 & 0.352 & 0.15 & 0.296 & 0.118 \\ 0 & 0.1 & 0.319 & 0.338 & 0.205 \\ 0 & 0.026 & 0.371 & 0.573 & 0.03 \end{bmatrix}$$

思维能力U的综合评价结果为:

$$\begin{aligned} \mathbf{B} &= \mathbf{A} \circ \mathbf{R} \\ &= [0.019 \quad 0.121 \quad 0.306 \quad 0.446 \quad 0.097] \end{aligned}$$

张三同学的综合评价分数为:

$$F = \mathbf{B} * \mathbf{S}^T = 68.96$$

从张三同学的最终得分中可以看出,该同学的思维能力有较大的上升空间。总体而言,张三同学具备一定发展潜力,教师需要从批判性思维和逻辑思维方向对其进行深入培养,学生尚需努力学习,综合提高自身的思维能力水平。

## 4 结束语

本研究从批判性思维能力、计算思维能力和逻辑思维能力三个方面构建了计算机类研究生思维能力评价指标体系,并进一步细分为24个三级指标。首先,通过使用模糊综合评判法构造了计算机类研究生思维能力评价模型。其次,运用数学的思想将思维能力的评价值量化,并给出了具体的实施步骤,而且可通过编程实现该模型。最后,通过实例分析验证了计算机类研究生思维能力评价模型可以综合反应学生的思维能力,判断学生目前的思维能力水平。本研究为计算机类研究生思维能力的评价提供了较为全面的科学依据,同时也对学生提高自身思维能力提供了指导方向,对提升计算机类研究生的培养水平具有重要的意义。

### 4.1 研究局限

一是思维能力评价指标体系的维度还可以更加全面,本研究仅对计算机类研究生影响较大的三种思维能力开展研究,并没有对其他思维能力进行评价。

二是模糊数学理论本身存在一定的不确定性和主观性,因此,本研究评价结果的可信度和精确度还需要进行更加细致的研究和分析。

### 4.2 研究展望

一是优化评价体系中的各项评价指标,检查和改

进已构建的指标体系,通过专家咨询、实证数据分析等方式,进一步优化指标体系,从而提高评价的准确性和实用性。

二是可以考虑扩大研究范围、增加数据样本,涵盖不同层次、不同背景的计算机类研究生,能够有助于全面理解和评价计算机类研究生的思维能力。

## 参考文献

- [1] 刘金兰. 高二学生地理高阶思维能力评价研究[D]. 西南大学, 2022
- [2] 余超, 冯旸赫, 张俊格. “人工智能”课程教学模式改革及创新实践[J]. 计算机技术与教育学报: 2022, 10(4): 42-45
- [3] Geertsen, H. R. Rethinking Thinking about Higher-Level Thinking[J]. Teaching Sociology, 2003, 31(1): 1-19
- [4] Udall, A. J. & Daniels, J. E. Creating the thoughtful classroom[M]. Tucson, AZ: Zephyr Press, 1991.
- [5] 姜玉莲. 技术丰富课堂环境下高阶思维发展模型建构研究[D]. 东北师范大学, 2017
- [6] 钟志贤. 促进学习者高阶思维发展的教学设计假设[J]. 电化教育研究: 2004, (12): 21-28
- [7] Korkmız O, Cakir R, Özden M Y. A Validity and Reliability Study of the Computational Thinking Scales[J]. Computers in Human Behavior, 2017(72):558-569
- [8] Kukul V, Karatas S. Computational Thinking Self-Efficacy Scale:Development, Validity and Reliability[J]. Informatics in Education, 2019, 18(1):151-164
- [9] 杜国平. 逻辑思维能力的测量要素及其题型示例[J]. 中国考试, 2018(9): 16-21
- [10] 郭明, 蒋瑞. 基于劣构问题情境的逻辑思维能力培养[J]. 思想政治课教学, 2020(12): 26-29
- [11] 邱香华. 模糊综合评判法在学术型硕士学位论文质量评价中的应用[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2018, 40(11): 81-85
- [12] 张静, 鱼先锋. 基于多级模糊综合评价的学前教育评价研究[J]. 微型电脑应用, 2022, 38(09): 12-15
- [13] 尤游, 刘莉, 刘苏兵. 熵权模糊综合评判在高校教师教学质量评价中的应用[J]. 宁夏师范学院学报, 2019, 40(04): 81-86